

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

---

**Международная конференция  
«Инновационные подходы  
к решению технико-экономических проблем»**

**СБОРНИК ТРУДОВ**

Москва 2020

УДК 001.895:[62 + 33 + 004 + 658] (082)  
М43

М43 Международная конференция «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем»: сборник трудов. - М.: МИЭТ, 2020. 272 с.: ил.  
**ISBN 978-5-7256-0947-9**

В сборнике опубликованы наиболее значимые статьи, представленные на проведенной международной конференции. Особое внимание уделено статьям, посвященным развитию информационных технологий, разработке новых решений в системах управления современных производств, моделированию изделий микроэлектроники, исследованию технологических процессов для элементной базы современного оборудования, совершенствованию образовательного процесса.

Члены редколлегии:

И.Г. Игнатова - д.т.н., профессор, МИЭТ;  
В.Л. Горбунов - д.т.н., профессор, МИЭТ;  
В.А. Братов - к.т.н., исполнительный директор,  
Advanced Science and Novel Technology;  
Тузиков А. В. - д.ф-м.н., профессор,  
член-корреспондент НАН Беларуси;  
А.Г. Балашов - к.т.н., доцент, МИЭТ

**ISBN 978-5-7256-0947-9**

**© МИЭТ, 2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Елин А.Ю.</b> Аппаратная реализация искусственного нейрона в базисе ASIC .....	7
<b>Морозов Д.Н.</b> Появление интермодуляционных искажений на выходе модуляторов/демодуляторов при использовании логарифмических усилителей .....	14
<b>Нагорнов А.Ю., Тимошенков В.П.</b> Повышение радиационной стойкости преобразователей напряжения с помощью адаптивного изменения времени включения силовых ключей .....	19
<b>Тотьмянин А.Н.</b> Проектирование автоматизированной проверки значений токов утечек для библиотеки цифровых примитивов 28 нм. ....	24
<b>Халирбагинов Р.И.</b> Разработка осциллятора с цифровым управлением на стандартных библиотечных ячейках .....	29
<b>Шканакина М.Д., Лобков М.А.</b> Сравнительный анализ качества скрытого и воздушного изображений для каждой пары источник-маска, оптимизированных различными методами .....	37
<b>Шомахмадов Д.П., Суэтинов В.И.</b> Исследование и сравнение характеристик малошумящих усилителей с однофазным и дифференциальным входами .....	44
<b>Зубченко А.П.</b> Проектирование и моделирование микрополосковой патч-антенны работающей на частоте 10 ГГц с помощью программы CST Studio Suite. ....	51
<b>Немченко Д.И.</b> Определение размера отслеживаемого объекта на видеоизображении инфракрасного диапазона. ....	58
<b>Поликарпова Л.В., Забодаева Н.Н., Баендуева С.А., Косолапова Г.В.</b> Формирование интегрального показателя оценки уровня квалификации специалистов на примере профессиональных стандартов для рабочих специальностей производства изделий микро-электроники .....	62

<b>Бодневич К.С., Пожидаев А.И., Комаров Н.В., Ермакова А.С.</b> Особенности химической обработки кремниевых пластин в кислотных травителях .....	70
<b>Иванова О.А., Коробова Н.Е.</b> Обоснование выбора материалов печатной платы для автомата защиты блока управления системы приема и преобразования информации .....	76
<b>Пшеничникова М.П., Коробова Н.Е.</b> Особенности моделирования на прочность элементов протеза руки .....	83
<b>Кривонос И.В., Калугин В.В.</b> Особенности проектирования гибко-жесткой печатной платы датчика угла наклона .....	90
<b>Махонин Н.С., Разживалов П.Н., Золотарев Ю.В.</b> Модернизация фрезерного широкоуниверсального инструментального станка.....	97
<b>Нестеров М.Ю., Вертянов Д.В., Тимошенко С.П.</b> Обзор современных решений в разработке тепловых акселерометров .....	104
<b>Тудуш А.В., Пузиков В.В., Галкин А.А., Боев Л.Р., Мусаткин А.С., Спиридонов И.В., Петрова Н.А., Тимошенко А.С.</b> Разработка модуля управления двигателями системы двухосевого гироскопического устройства индикаторного типа.....	118
<b>Швецов Д.И., Крестинин И.А., Комаров Н.В.</b> Особенности разработки систем транспорта полупроводниковых пластин в кластере индивидуальной химической обработки.....	125
<b>Ахмедов Ш.Д., Бойко А.Н.</b> Модернизация устройства трехмерной печати для расширения рабочего температурного диапазона .....	130
<b>Лобков М.А., Сеньченко Н.С., Буленков П.Д.</b> Никелевое гальванохимическое покрытие, модифицированное одностенными углеродными нанотрубками .....	137
<b>Орлов О.М.</b> Исследование MNOS мемристора без формовки на основе LPCVD нитридного слоя .....	142
<b>Бессонов А.Д., Шарамок А.В.</b> Угрозы безопасности децентрализованной системы аутентификации, направленные на подсистему рейтинговой оценки .....	146

<i>Марышев А.С.</i> Разработка умного датчика для организации системы контроля подлинности показаний сенсоров при их обработке и хранении.....	151
<i>Соколов М.А.</i> Измерение радиопоглощения тонких пленок с ограниченной площадью поверхности.....	157
<i>Эзенкин А.А.</i> Система проверки подлинности с возникновение финансовых обязательств в момент проверки подлинности. ....	164
<i>Коробов С.А., Иванникова М.А.</i> Экология больших городов - зеленая экономика планеты .....	170
<i>Цымбал А.А., Бикметов А.Р.</i> Влияние акселерации инновационных проектов при вузах на инновационную деятельность по средствам малых инновационных предприятий. ....	177
<i>Анферов А.В., Соколова Н.Ю.</i> Подходы к решению проблемы интеграции прикладных решений на платформе «1С: Предприятие» со сторонними информационными системами .....	182
<i>Берайлик Г.Р.</i> Проектирование информационных систем с помощью микросервисной архитектуры .....	187
<i>Большаков Ф.А., Маршалов В.Н.</i> Подход к автоматизации веб-разработки средствами дизайн-систем .....	192
<i>Большакова П.Д.</i> Сравнение прироста клиентов в компаниях с CRM-системой .....	200
<i>Борисова Н.Ю., Горбунов В.Л.</i> О возможностях использования цифровых технологий при подготовке волейболистов .....	210
<i>Бурнышева М.Е., Соколова Н.Ю.</i> Сравнение гибких методологий разработки прикладного программного обеспечения ИТ-проектов ....	215
<i>Вартанова Т.Р.</i> Автоматизация процессов разработки и поддержки веб-порталов с помощью систем управления контентом .....	220
<i>Ворожцов А.И., Горбунов В.Л.</i> Анализ экономических перспектив и рисков инвестиций в технологию искусственного интеллекта .....	226
<i>Галахтина Е.М.</i> Использование индексов пригодности процесса для принятия решения о его оптимизации .....	231

<i>Горячева Н.А.</i> К вопросу о выборе средства реализации для автоматизации финансовой деятельности организации.....	237
<i>Жданова И.В.</i> Методика функционального тестирования электронного учебного курса .....	243
<i>Лебедев В.В.</i> Соответствие новых программных модулей для распознавания текста, использующих искусственные нейронные сети, требованиям безопасности в госучреждениях .....	248
<i>Павличук О.Д., Брусникин Г.Н.</i> Концепция уровней цифрового развития университета .....	255
<i>Харитонов Е.В.</i> Сравнение решений для автоматизации учета данных образовательных процессов Центра НТИ «Сенсорика».....	262

## Аппаратная реализация искусственного нейрона в базисе ASIC

*А.Ю. Елин, магистр кафедры ИЭМС  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: toscha.elin@yandex.ru*

## Hardware implementation of artificial neuron in ASIC

*A. Elin, graduate student of the department of IEMS  
National Research University of Electronic Technology (MIET),  
Moscow, Russia*

### Аннотация

Статья посвящена разработке схемотехнической реализации нейрона. Рассмотрена обобщенная схема искусственного нейрона и на её основе разработана структурная схема реализации в Системе-на-Кристалле. Проведен анализ методов построения ключевых вычислительных узлов и сделаны выводы по применимости каждого метода в зависимости от разрядности.

### Abstract

The article is devoted to the development of circuitry implementation of a neuron. A generalized circuit of an artificial neuron was considered and on its basis a block diagram of the implementation in the System-on-Crystal was developed. The analysis of the methods for constructing key computing nodes was carried out and conclusions was drawn on the applicability of each method depending on the capacity.

**Ключевые слова:** искусственный нейрон, последовательный сумматор, параллельный сумматор, знакоразрядный сумматор, Система-на-Кристалле.

**Keywords:** artificial neuron, serial adder, parallel adder, digit-adder, System-on-Crystal.

В настоящее время применение и разработка искусственных нейронных сетей (ИНС) является широко распространенной задачей. Окружающие человека устройства повсеместно наделяются интеллектуальными функциями и позволяют проводить анализ окружающей обстановки, осуществлять умное взаимодействие с пользователем [1].

Постоянное развитие технологии «Интернета вещей», приводит к необходимости создания принципиально новых Систем-на-Кристале (СнК). Пример такой системы представлен на рис.1.

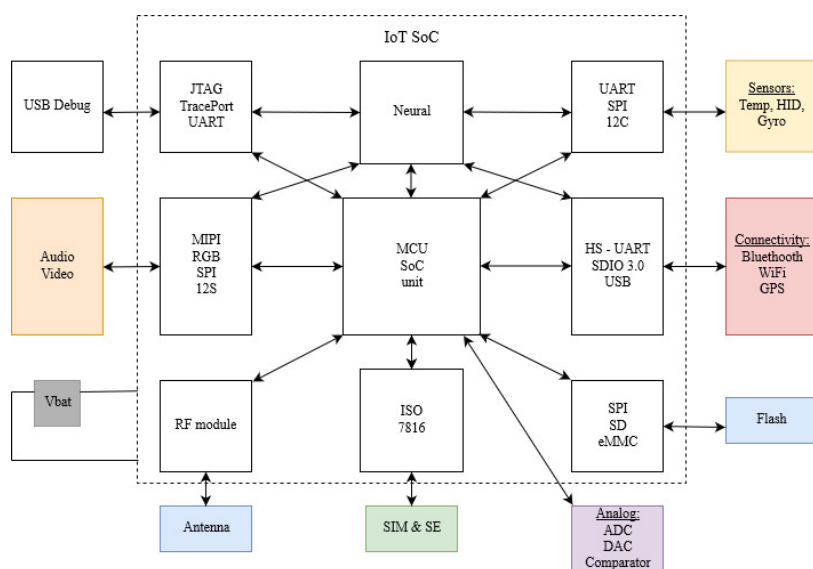


Рис.1. Структура СнК по технологии IoT [1]

В связи с вышесказанным, становится актуальным поиск и разработка новых нейроархитектур на различных элементных базах. Наиболее интересным вариантом является аппаратная реализация сети. Она может быть выполнена на программируемой интегральной схеме (FPGA) или непосредственно в кристалле (ASIC). Аппаратная реализация позволяет получить высокую производительность и малые размеры интеграции.

Реализации на FPGA имеют гибко настраиваемую архитектуру и позволяют быстро организовать процесс разработки. Однако, обладают существенными недостатками, такими как ограничение по площади, быстродействие сети определяется быстродействием конфигурируемых логических блоков и межсоединений[2].

Данных недостатков лишена реализация на ASIC. Поскольку площадь сети, будет ограничиваться лишь площадью кристалла. А быстродействие определяется технологией изготовления ИС.



Базовым узлом любой нейронной сети является нейрон. В общем случае его можно представить как взвешенный суммирующий элемент, который представлен на рис.2.

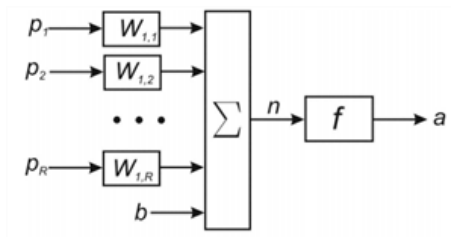


Рис.2. Общее представление нейрона

Каждый входной сигнал умножается на соответствующий ему весовой коэффициент  $W_{ij}$  и взвешенные значения передаются на сумматор. Вычисленное значение передается как аргумент функции активации, которая определяет выходное значение нейрона и определяет активирован нейрон в данный момент времени или нет. Это позволяет проводить классификацию входных сигналов.

На основе данной схемы составлена структурная схема схемотехнической реализации нейрона (рис.3). Одним из ключевых элементов данной структуры является сумматор.

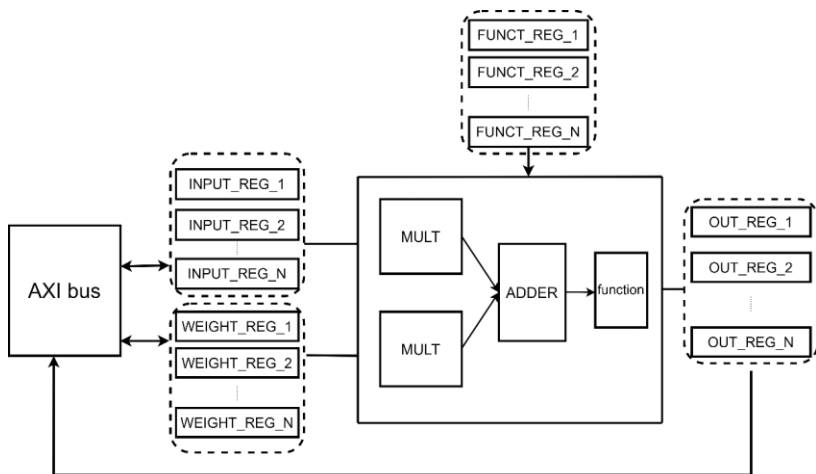


Рис.3. Структурная схема аппаратной реализации нейрона

В данной работе рассмотрены три вида сумматоров, построенных по различной вычислительной архитектуре в рамках применения в модели искусственного нейрона: последовательный сумматор, параллельный с ускоренным переносом, последовательный с применением знако-разрядных чисел (ЗРК).

#### **Последовательный сумматор**

Последовательный сумматор в простейшем случае представляет собой полный сумматор с обратной связью в виде D-триггера (рис.4), подключенного между выходным и входным переносом. Время вычисления результата напрямую зависит от разрядности, поскольку для вычисления одного разряда необходим 1 тактовый сигнал.

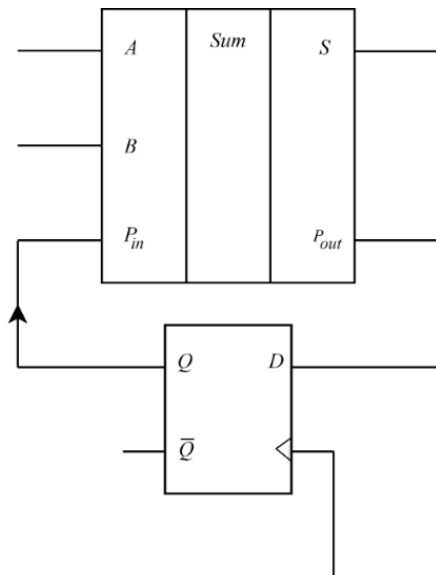


Рис.4. Последовательный сумматор

Основным недостатком такого сумматора является большое время операции сложения при большой разрядности числа.

#### **Параллельный сумматор с ускоренным переносом**

Параллельный n-разрядный сумматор представляет собой n полных сумматоров, соединенных последовательно (рис.5). Для вычисления входного переноса каждого сумматора применяется дополнительная логика.

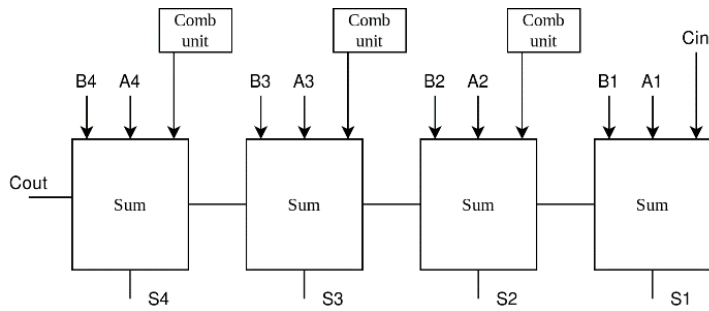


Рис.5. Параллельный сумматор с ускоренным переносом

Поскольку вычисление всех разрядов происходит одновременно, скорость его работы выше, чем в обычном сумматоре. Однако, требуется использование большого числа логических элементов, что увеличивает занимаемую площадь.

#### Последовательный сумматор с применением знако-разрядных кодов

Для максимального увеличения скорости вычислений, возможно использование знако-разрядной системы счисления с обработкой старшими разрядами вперед (MSD - most significant digit). Каждый разряд в такой системе снабжен знаком и может принимать значение  $\{-1, 0, +1\}$ . Схема сумматора знако-разрядного кода изображена на рис.6.

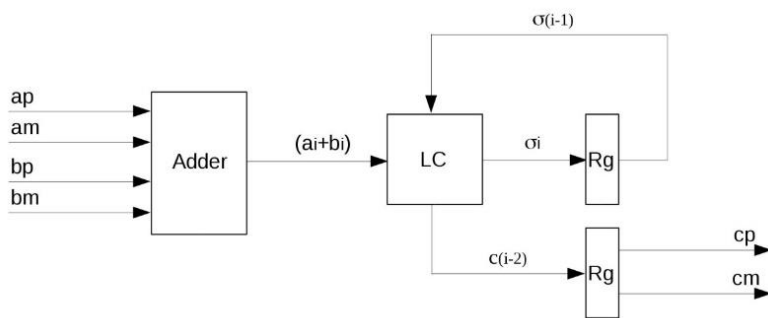


Рис.6. Сумматор знако-разрядного кода

Основным преимуществом данного сумматора, является возможность проводить операции сравнения, до полного вычисления результата,

поскольку вычисление проводится старшим разрядом вперёд. Однако, выходное значение всегда содержит некоторую задержку, определяемую внутренней логикой.

После разработки Verilog описания каждого вида сумматоров, проведен их синтез в различных технологических базисах. На рис.7 приведен график зависимости задержки вычисления результата от входной разрядности. Также построена зависимость занимаемой площади на кристалле в зависимости от разрядности входного числа (рис.8).

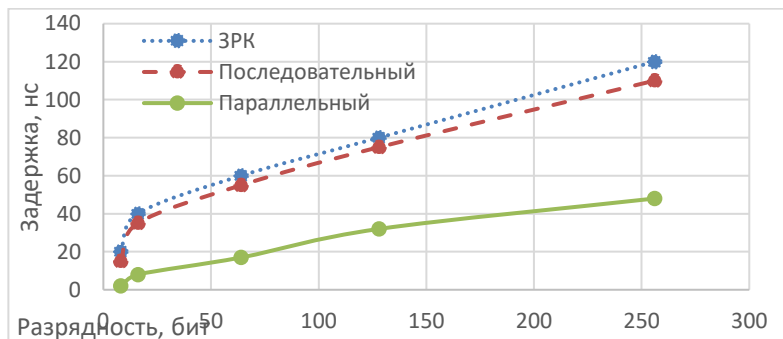


Рис.7. Зависимость задержки вычисления результата от разрядности входного кода

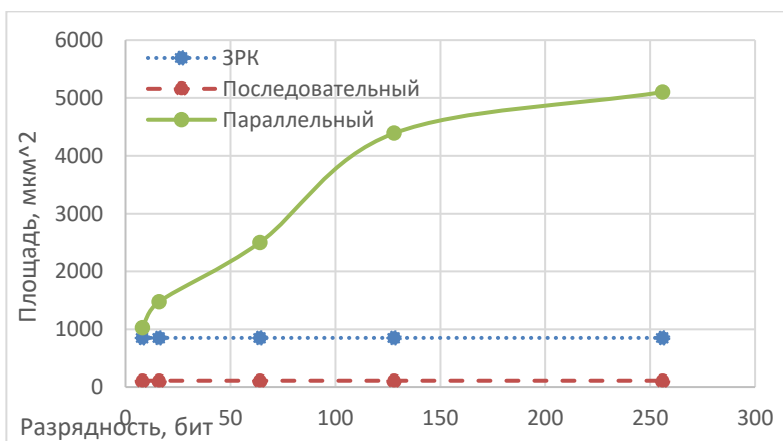


Рис.8. Зависимость занимаемой площади от разрядности входного кода

## **Выводы**

Наименьшую задержку при разрядности 8 бит имеет параллельный сумматор - 2.5 нс. Однако, стоит отметить, что при повышении разрядности, может быть эффективнее использование сумматора знако-разрядного кода.

Площадь параллельного сумматора возрастает с увеличением разрядности (1024 мкм<sup>2</sup>), поскольку требуется больше логических вентилях для реализации системы ускоренного переноса. Площади последовательных сумматоров остаются неизменными 110 мкм<sup>2</sup> и 851 мкм<sup>2</sup> для последовательного и ЗРК соответственно.

Показано, что оптимальным с точки зрения быстродействия/занимаемой площади в структуре искусственного нейрона будет использование параллельного сумматора с ускоренным переносом.

## **Используемые источники**

1. *Елин А.Ю., Шокарев Б.А.* Структурные особенности Систем-на-Кристалле применяемых в изделиях по технологии IoT. Использование IP-блоков нейровычислений / тезисы доклада международного форума МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2019 Школа молодых ученых «Микроэлектроника-2019», 2019. С. 259 - 264.

2. *Zhang Y., Wu N., Zhou F, Yahya M.R.* Design of Multifunctional Convolutional Neural Network Accelerator for IoT Endpoint SoC. In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2018, San Francisco, CA, USA, 2018, pp. 16 - 19.

3. *Савельев А.Я.* Арифметические и логические основы цифровых автоматов. М.: Высшая школа, 1980. 255 с.

4. *Yiren Zhao, John Wickerson, George A.* An Efficient Implementation of Online Arithmetics. - International Conference on Field-Programmable Technology (FPT), Xi'an, China, 2016.

5. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В* Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 599 с.

6. *Комарцова Л.Г., Максимов А.В.* Нейрокомпьютеры. М.: МГТУ им. Баумана, 2002. 320 с.

**Появление интермодуляционных искажений на выходе  
модуляторов/демодуляторов при использовании  
логарифмических усилителей**

*Д.Н. Морозов, аспирант кафедры ИЭМС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: d.morozov@mri-progress.ru*

**The appearance of intermodulation distortion at the output  
of modulators/demodulators by using logarithmic amplifiers**

*D. Morozov, postgraduate of IEMS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Представлены результаты моделирования логарифмического усилителя истинного типа с модулятором и демодулятором. Продемонстрированы результаты модуляции прологарифмированного сигнала и подавления паразитных гармоник на выходе устройства.

**Abstract**

The measurements of a true type logarithmic amplifier with a modulator and demodulator are presented. The results of modulation of the logarithmic signal and suppression of spurious harmonics at the output of the device are demonstrated.

**Ключевые слова:** логарифмический усилитель истинного типа, модулятор, демодулятор, интермодуляционные искажения.

**Keywords:** logarithmic amplifier, modulator, demodulator, intermodulation distortion.

На этапе составления технического задания к демодуляторам применяются определенные требования по линейности обрабатываемого сигнала. Превышая границу линейности по уровню 1 дБ на выходе устройств наблюдаются интермодуляционные искажения и нелинейное усиление входного сигнала. Помимо модуляторов/демодуляторов, большая линейность или широкий динамический диапазон предпочтительны СВЧ аналого-цифровым преобразователям [1]. Улучшения данного параметра можно добиться как с помощью настройки непосред-

ственно самих схем, что не всегда является возможным, так и с помощью использования ЛУ «истинного» типа. В отличие от логарифмических детекторов, построенных с использованием усилителей-ограничителей, ЛУ «истинного» типа производят прямое преобразование входного сигнала по логарифмическому закону, сохраняя информацию об амплитуде и фазе входного сигнала, от чего часто именуются как усилители прямого логарифмирования [2]. Так ЛУ можно использовать для улучшения параметров модуляторов/демодуляторов, путем подключения ЛУ к I/Q входам модулятора и RF входу демодулятора соответственно. Выходной RF сигнал модулятора и выходные I/Q демодулятора будут соответственно преобразованы по логарифмическому закону, следовательно, необходимо обеспечить цифровое или аналоговое экспоненцирование выходного сигнала. Принципиальные схемы включения модулятора/демодулятора с ЛУ представлены на рис.1 и 2.

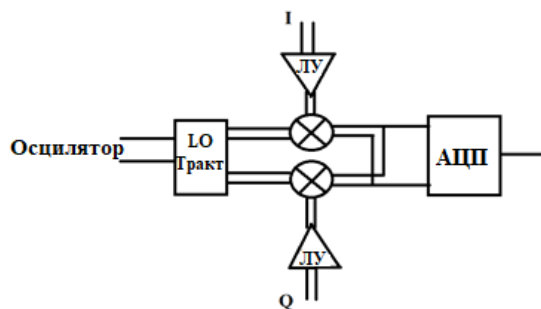


Рис.1. Схема модулятора

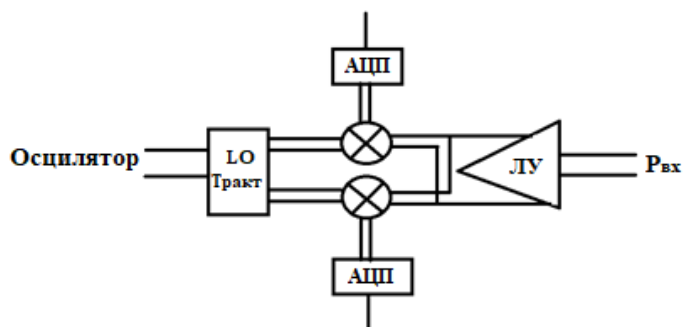


Рис.2. Схема демодулятора

Согласно расчетам, для входного динамического диапазона модулятора/ демодулятора без использования ЛУ получаем:

$$DR = \frac{V_{\max}(P1dB)}{V_{\min}}, \quad (1)$$

где  $DR$  - входной динамический диапазон схемы без использования ЛУ;  $V_{\max}(P1dB)$  - максимальное входное напряжение по уровню  $P1dB$ ;  $V_{\min}$  - минимальное входное напряжение, которое может быть определено по уровню шумового сигнала.

Для схемы с ЛУ на входе:

$$DRLA = \frac{\exp\left(\frac{V_{\max}(P1dB)}{k}\right)}{\frac{m}{V_{IL}}}, \quad (2)$$

где  $DRLA$  - входной динамический диапазон схемы с использованием ЛУ;  $m$  - нормализующий коэффициент преобразования по напряжению, определяемый линейностью коэффициента усиления для большого сигнала;  $k$  - коэффициент усиления по малому сигналу;  $V_{IL}$  - точка тангенциальной чувствительности [3].

Использование ЛУ в таком включении накладывает в свою очередь некоторые ограничения. Входные I/Q сигналы для модулятора и входной RF сигнал для демодулятора преобразованы по логарифмическому закону как следует из формул (1) и (2), а значит, для восстановления первоначального сигнала и дальнейшей обработки требуется цифровое экспоненцирование. Выходной сигнал 10 МГц демодулятора, преобразованный по логарифмическому закону представлен на рис.3.

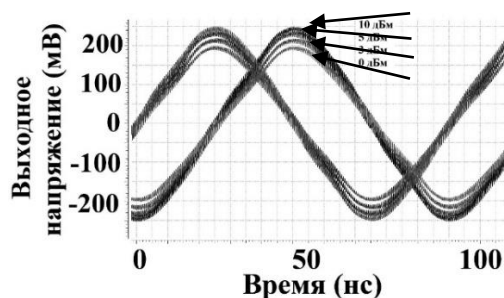


Рис.3. Временной анализ



В данном примере выходные сигналы соответствуют входным мощностям в 0, 3, 5 и 10 дБм. В связи с нелинейными усилительными свойствами ЛУ, коэффициент передачи демодулятора также имеет нелинейную зависимость от входной мощности. Гармоники, соответствующие высоким частотам подавлены с помощью внешней емкости.

В случае с подключением ЛУ к модулятору проявляются определенные нюансы. На рис.4 и 5 представлены результаты спектрального анализа для модулятора без и с использованием ЛУ

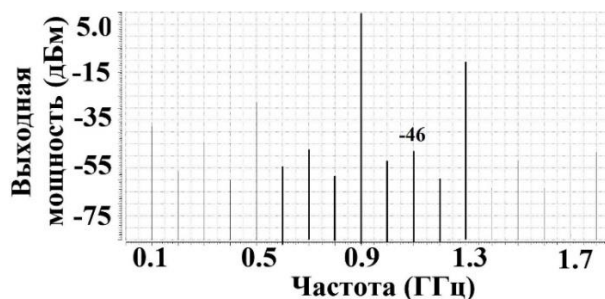


Рис.4. Спектральный анализ без ЛУ

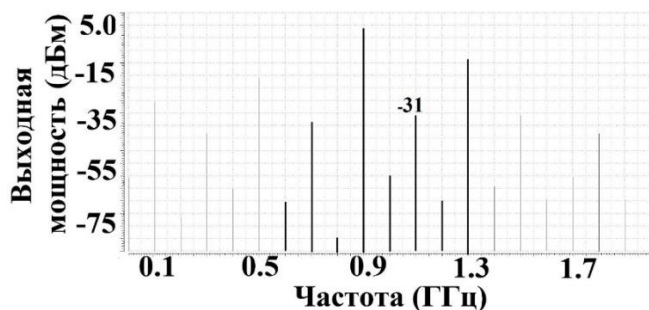


Рис.5. Спектральный анализ с ЛУ

Тестовый модулятор обладает входной линейностью 5,5 дБм и коэффициентом передачи по мощности 3,5 дБ. Из результатов первого анализа получаем, что уровень выходного сигнала (900 М) составляет 9 дБм, что соответствует коэффициенту усиления в 1 дБ, что на 2,5 дБ ниже требуемого уровня. Подавление несущей и паразитной боковой составляет 50 дБ, подавление гармоник N-го порядка 20 дБ. Использование узкополосных фильтров позволяет внешне подавить данные частоты.

В связи с логарифмическим коэффициентом усиления получаем ослабление мощного входного сигнала и выходную мощность равную 3,7 дБ. Подавление несущей и паразитной боковой составляет 30 дБ, что является приемлемым результатом для высокочастотных схем. Подавление N-х гармоник в районе 10 дБ. При наличии узкополосного фильтра этим параметром можно пренебречь.

По результатам спектрального анализа можно заключить, что использование ЛУ «истинного» типа вместе с модуляторами и демодуляторами имеет свои преимущества в устройствах с высокими требованиями к уровню передаваемой мощности, но в тоже время обладает рядом недостатков, таких как увеличенное токопотребление, уменьшенные уровни подавления паразитных гармоник, а также необходимость использования цифровых схем экспоненцирования сигнала. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90133.

#### **Используемые источники**

1. *Dmitry M., German A.* The development of a true-type logarithmic amplifier on capacitor dividers for ADC // IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. 2018. P. 1404 - 1407.
2. *Chris D. Holdenried and James W. Haslett* «A DC-6 GHz SiGe HBT Logarithmic Amplifier» // IEEE. No. 10. February 2005.
3. *Chris D. Holdenried.* A DC-4-GHz True Logarithmic Amplifier: Theory and Implementation // IEEE Journal of solid-state circuits. Vol. 37, No. 10, October 2005.

**Повышение радиационной стойкости преобразователей  
напряжения с помощью адаптивного изменения времени  
включения силовых ключей**

*А.Ю. Нагорнов, аспирант кафедры ИЭМС,  
В.П. Тимошенко, д.т.н., профессор кафедры ИЭМС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: nagornov93@mail.ru, valeri04@hotmail.com*

**The radiation resistance increasing of voltage converters by adaptively  
changing the turn-on time of power switches**

*A. Nagornov, postgraduate at chair of IEMS,  
V. Timoshenkov, Dr. of Engineering Science, professor at the chair of IEMS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье описан способ повышения радиационной стойкости контроллеров импульсных преобразователей напряжения путем использования адаптивного блока времени включения силовых транзисторов. Блок компенсирует влияние тока утечки силовых транзисторов на пульсации выходного напряжения путем изменения времени их включения. Использование такого блока существенно повышает стойкость импульсных преобразователей напряжений.

**Abstract**

The article describes the radiation resistance increasing method of pulse the voltage converters by using an adaptive on-time block for power transistors switching. The unit compensates the influence of the power transistors leakage current on the ripple of the output voltage by changing their activation time. The such unit using significantly increases the radiation resistance of switching voltage converters.

**Ключевые слова:** импульсные преобразователи напряжения, радиационная стойкость, компенсация тока утечки.

**Keywords:** pulse voltage converters, radiation resistance, leakage current compensation.

Контроллеры импульсных преобразователей напряжения широко используются во вторичных источниках питания. Их применение в аппаратуре космического назначения должно учитывать все виды радиационного воздействия. Для КМОП-транзисторов воздействие радиации приводит к изменению порогового напряжения, деградации проводимости и подвижности носителей заряда, а также увеличению токов утечки. Результатом этих эффектов может стать нарушение работы транзистора или микросхемы в целом.

Радиационно-индуцированный ток утечки влияет на стабильность преобразователей напряжения. В данном случае рассматривается понижающий синхронный импульсный преобразователь напряжения с силовыми ключами обоих типов (P- и N-). Причем ток утечки N-канального транзистора в разы больше, чем у P-канального.

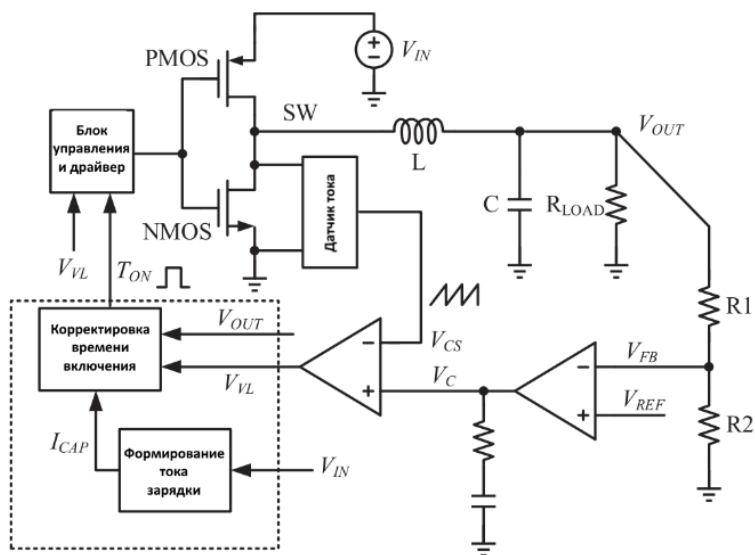


Рис.1. Структурная схема преобразователя напряжения с адаптивным генератором времени включения

Адаптивный генератор времени включения силовых транзисторов, описанный в данной работе, решает проблему увеличения пульсаций выходного напряжения преобразователя напряжения, вызванный токами утечки.

Адаптивный генератор состоит из блока коррективы времени включения и блока формирования тока зарядки, зависящего от тока утечки.

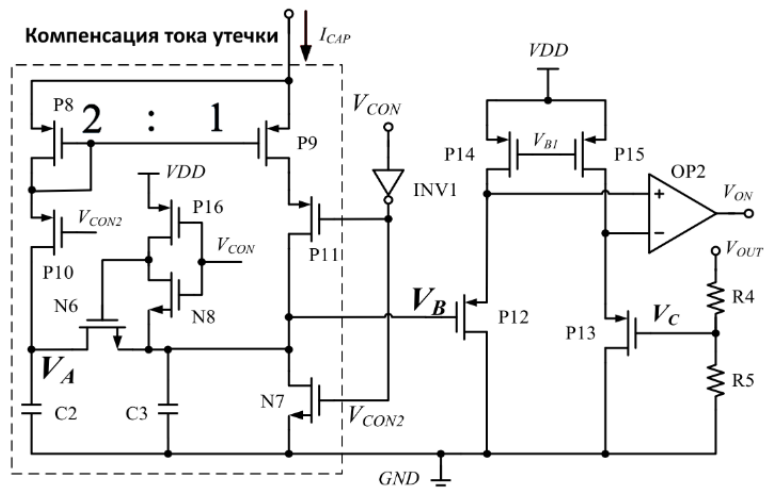


Рис.2. Электрическая схема блока коррективы времени включения силовых ключей

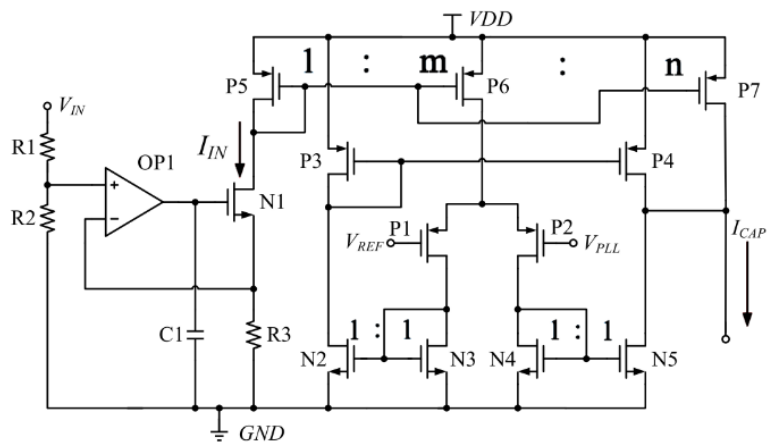


Рис.3. Блок формирования тока зарядки (зависит от тока утечки силового ключа нижнего плеча)

Для оценки полученного результата проведено моделирование двух преобразователей напряжения (1-й - стандартный, 2-й - с добавлением адаптивного генератора). В качестве модели радиационно-индуцированного тока утечки силового ключа нижнего плеча добавлен резистор, сопротивление которого меняется от моделируемой дозы. Данные для конкретного значения тока утечки получены из исследования отдельных тестовых структур используемого технологического процесса.

Значения пульсаций выходного напряжения в зависимости от набранной дозы представлены в табл.1.

**Таблица 1**

**Зависимость пульсаций выходного напряжения от дозы**

Доза, крад	0	100	200	300
Обычный преобразователь	24	52	54	57
Преобразователь с адаптивным генератором	24	25	30	25

Видно значительное улучшение стабильности выходного напряжения преобразователя, в составе которого применяется адаптивный генератор. Пульсации преобразователя с адаптивным генератором в среднем в 2,06 раза меньше, чем без него.

**Выводы:**

1. Предложена схема адаптивного генератора времени включения силовых транзисторов для использования в контроллерах импульсных преобразователей напряжения.

2. Моделирование преобразователей с использованием реальных значений радиационно-индуцированного тока утечки силовых транзисторов показало, что использование адаптивного генератора уменьшает величину пульсаций выходного напряжения в среднем в 2,06 раза при наборе дозы до 300 крад.

**Используемые источники**

1. Pengbo Yang, Ping Luo, Bo Li, Haoyang Xia, Rongxun Lin, Xiao Zhou, Shaowei Zhen. Radiation-hardened Buck converter // IEICE Electronics Express. Vol. 16, No. 13. P. 1 - 3.

2. Michael Tao Zhang. Electrical, Thermal, and EMI Designs of High-Density, Low-Profile Power Supplies / Dissertation, Blacksburg-Virginia, 1997, Chapter 2.

3. *Ionel Dan Jitaru*. Higher Efficiency Power Conversion through Intelligent Power Processing / PCIM Europe, 2008, Chapter 2.
4. *Rudy Severns*. Design of Snubbers for Power Circuits. [www.cde.com/tech/design.pdf](http://www.cde.com/tech/design.pdf), February 2009.
5. *Texas Instruments*. Control Driven Synchronous Rectifiers In Phase Shifted Full Bridge Converters / Application Note SLUA287, March 2003.
6. *Unitrode*. Phase Shifted Zero Voltage Transition Design Considerations and the UC3875 PWM Controller / Application Note SLUA107, May 1997.

**Проектирование автоматизированной проверки значений токов утечек для библиотеки цифровых примитивов 28 нм**

*А.Н. Тотмянин, магистрант кафедры ИЭМС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e mail: totmianin.andrew186@gmail.com*

**Design of automated validation test of leakage current values for 28 nm library of digital primitives**

*A.N. Totmyanin, graduate student of IEMS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В работе проведено исследование и анализ redhawk/cdev и redhawk/pwcap данных в составе библиотечных представлений для технологии 28 нм. Спроектирована автоматизированная проверка численных значений на монотонность возрастания в зависимости от возрастания других параметров, таких как размер выходного каскада, напряжение питания и др. В результате работы выявлена прямая корреляция номинальных значений токов утечки от размеров выходных каскадов и величин напряжения питания цифровых ячеек.

**Abstract**

The article conducted research and analysis of redhawk/cdev and redhawk/pwcap data base formats as part of library representations for 28 nm technology. Was designed automated verification of quantitative values depending on the increase of other parameters, such as: the size of the output stage, supply voltage, etc. Direct correlation of the nominal values of the leakage currents from the sizes of the output drives and the voltage values of the digital cells is revealed as a result of the work.

**Ключевые слова:** разработка библиотек цифровых элементов, проверка значений токов утечки, алгоритмы валидации, Ansys RedHawk, корреляция.

**Keywords:** development of digital element libraries, verification of leakage currents, validation algorithms, Ansys RedHawk, correlation.



Разработка логических элементов выделилось в самостоятельное направление в микроэлектронике сравнительно недавно. Библиотеки логических элементов позволяют разработчику цифровых интегральных схем работать в системах автоматизированного проектирования (САПР) [1]. Входными данными для реализации на них устройств служат наборы цифровых примитивов (ячеек), имеющих различные представления для разных этапов разработки.

При разработке библиотек отдельным этапом является валидация (аттестация) логических библиотек. Процесс валидации реализован путём создания широкого спектра проверок для покрытия тестовых требований. Процесс верификации библиотек цифровых ячеек включает в себя различные роды задач, способы решения которых исполняются путём написания автоматизированных программ, исполняющих проверку согласно методологии валидации. Проверки делятся на несколько групп: unit, интеграционные, регрессионные и корреляционные. Особенностью unit тестов является то, что объектами работы этих скриптов являются непосредственно данные, процесс взаимодействия с которыми происходит без использования САПР. Такие тесты зачитывают информацию, разбирают её, и проверяют наличие, соответствие или значение необходимого аргумента. Каждая отдельно взятая проверка покрывает один и более пунктов тестовой спецификации. Запуск всех тестов и получение итоговых результатов над всеми представлениями библиотечных элементов подтверждает качество выпускаемого продукта благодаря полному тестовому покрытию.

В маршруте разработки систем на кристалле особое внимание уделяется оценке потребления питания. С уменьшением размеров технологических норм и повышением рабочей частоты схемы токи утечки стали играть особую роль в потреблении всего чипа и целостности питания. А для некоторых схем, где присутствуют отключаемые от тактового сигнала домены и области с разными номиналами питания, потребление мощности в статике - особо важная характеристика. Для всестороннего покрытия требований со стороны дизайна схем с низким потреблением, появилась необходимость в источниках дополнительной информации, которую необходимо рассчитывать на этапе разработки цифровых примитивов. Среди множества библиотечных представлений для стандартных цифровых ячеек существуют форматы представления данных redhawk для систем САПР с информацией о токах потребления интегральных приборов.

RedHawk от Apache является инструментом верификации проблем, связанных с целостностью питания в крупных интегральных схемах [2]. В современных схемах, где количество вентилях достигает семизначных чисел, большое внимание уделяется контролю таких проблем, как: электромиграция, износостойкость, просадки напряжения в сетке питания, шумы, переходные процессы и пр. Размеры таких схем более не позволяют производить расчёты старыми методами (такими как SPICE моделирование), а с выходом анализа на уровень 3D моделирования - и вовсе требуют фантастических расчётных мощностей.

Интегрированный анализ и методы предварительной оценки потребляемой и рассеиваемой мощности на ранних этапах дизайна схемы позволяют достигать более точных результатов и реже возвращаться на ранние этапы разработки для внесения исправлений [3]. Всё это открывает широкие возможности для оптимизации потребления в схемах и использования новых принципиальных конструкций для уменьшения потребления.

Структура записи данных в форматах redhawk хорошо подходит для обработки и разбора регулярными выражениями. Поэтому процедура извлечения значений (парсинг) выполнена с использованием именно этого метода. Данные располагаются иерархически под ключевыми словами. Идеализированная структура показана на рис.1 и 2. Форматы CDEV и PWCAP отличаются друг от друга варьируемыми параметрами и несут в себе информацию о значениях токов утечек при различных условиях работы цифровой ячейки. Полученные после разбора данные, записываются в ассоциативные и подобным образом иерархически сложенные массивы переменных для дальнейшей работы автоматизированной проверки. Для программной реализации проверки был выбран язык Perl из-за удобства работы в нём с регулярными выражениями и из-за наличия в нём встроенных ассоциативных массивов [4].

Методология спроектированной программы проверки заключается в следующем. Опытным путём, при помощи SPICE моделирования, были определены прямые корреляции значений токов утечки от размеров выходного каскада, а также от номинала напряжения питания. Далее, для удобства, номинал тока утечки будет называться основным атрибутом, а размер выходного каскада - коррелирующим атрибутом. Для контроля правильности генерации данных, необходимо проверять монотонность возрастания значения основного атрибута от коррелирующего с ним.

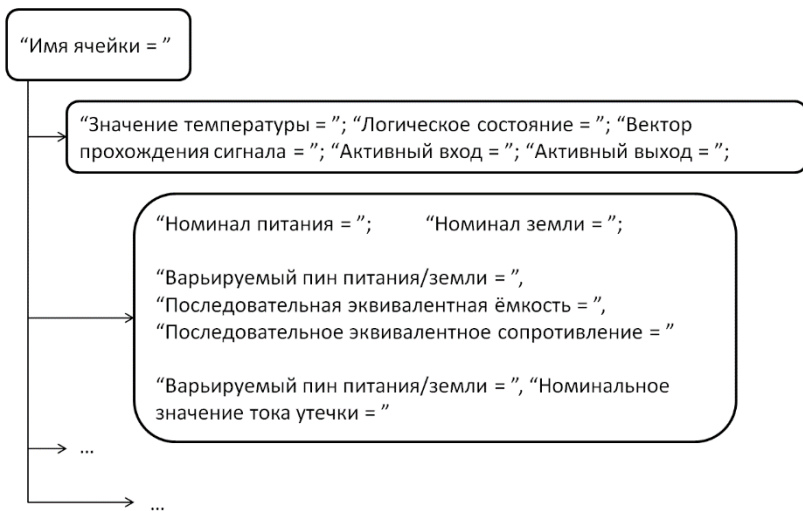


Рис.1. Шаблон записи данных в файле redhawk cdev на примере одной ячейки

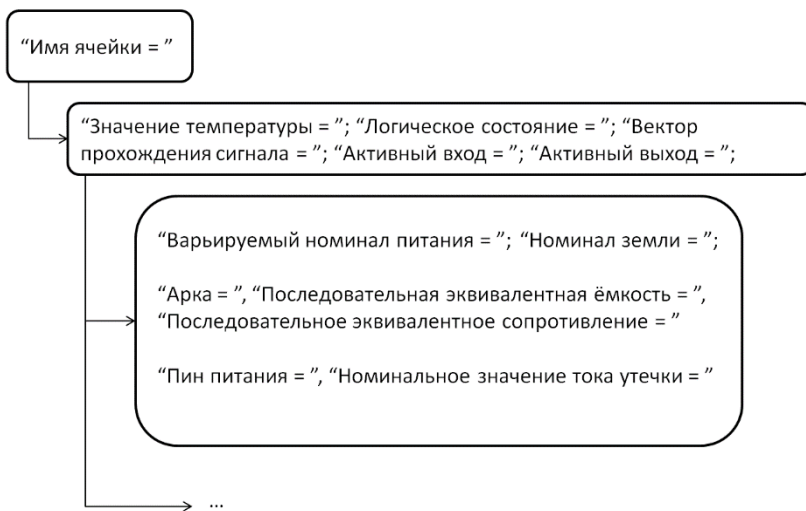


Рис.2. Шаблон записи данных в файле redhawk rpsar на примере одной ячейки

В первую очередь исполняемый код подготавливает данные для обработки. По множеству дополнительных атрибутов она разбивает имена ячеек на списки по их схожести принципиального устройства (семейству), а также, если они имеют одинаковое пороговое напряжение, длину затвора и т.д. Такие действия важны, так как, при проверке значений между ячейками, имеющими отличными более одного атрибута не будет выполняться методология проверки и результат утратит достоверность.

Исполняемый код сначала выстраивает значения в списках имён ячеек по возрастанию значения их коррелирующего атрибута, а затем начинает сравнение номинала основного атрибута между каждыми последующими двумя значениями на предмет возрастания значения от индекса положения в массиве. При результатах сравнения, несоответствующих ожиданиям - сообщение с информацией о местоположении найденной ошибки печатается в отчёт об ошибках. Тестирование и отладка проводились на библиотеке с технологической нормой 28 нм с полностью обеднённым кремнием на изоляторе.

В результате работы выделена прямая корреляция номинальных значений токов утечки от размеров выходных каскадов и величин напряжения питания цифровых ячеек в составе одного семейства в библиотеке цифровых примитивов. Спроектирована и создана программа проверки значений с выполнением требований общего процесса валидации, такие как: минимальное количество входных данных для управления, возможность автоматизированного запуска и обработка результатов для получения статуса прохождения тестирования.

#### **Используемые источники**

1. *Doman D.* Engineering the CMOS Library: Enhancing digital design kits for competitive silicon. New Jersey, Wiley, 2012. 335 p.
2. *RedHawk.* On to the Future <https://semiwiki.com/eda/ansys-inc/1237-redhawk-on-to-the-future> (дата обращения: 4.02.2020).
3. IR Drop Analysis using Redhawk - Overview <http://www.vlsi-basics.com/2013/10/ir-drop-analysis-using-redhawk-overview.html> (дата обращения 21.01.2020).
4. *Tom Christiansen, Larry Wall and Jon Orwant.* Programming Perl Fourth Edition. O'Reilly Media, 2012. 1176 p.

**Разработка осциллятора с цифровым управлением  
на стандартных библиотечных ячейках**

*Р.И. Халирбагинов, аспирант кафедры ИЭМС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: rkhalirbaginov@yahoo.com*

**Digitally controlled oscillator design on standard cell library**

*R. Khalirbaginov, postgraduate of IEMS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Представлена новая методика проектирования осциллятора с цифровым управлением на основе стандартных библиотечных ячеек. Методика включает в себя разработку масштабируемой архитектуры для обеспечения возможности автоматизации проектирования. Благодаря анализу параметров схемы на ранней стадии проектирования трудозатраты на разработку подобных схем могут быть сокращены. Предлагаемая архитектура осциллятора сочетает простоту проектирования и высокое разрешение при широком динамическом диапазоне перестройки выходной частоты.

**Abstract**

A new design methodology of digitally controlled oscillator based on standard library cells is presented. The methodology includes the design of a scalable architecture to enable design automation. By analyzing the parameters of the circuit at an early stage of designing, the labor involved in developing such circuits can be reduced. The proposed oscillator architecture combines simplicity of design and high resolution with a wide dynamic range of tuning the output frequency.

**Ключевые слова:** осциллятор с цифровым управлением; фазовая автоподстройка; библиотека стандартных ячеек; грубая и точная подстройка; время распространения сигнала

**Keywords:** digital controlled oscillator; phase locked loop; standard cell library; coarse and fine tuning; delay path

Фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ) широко применяется в синтезаторах частот для генерирования тактового сигнала в больших цифровых системах с множеством частотных доменов или для восстановления тактового сигнала из потока данных в высокоскоростных интерфейсах. Существует множество реализаций подобных схем как в виде отдельных микросхем, так и в виде IP блоков для встраивания в систему на кристалле. Традиционно схема ФАПЧ разрабатывается в аналоговом маршруте проектирования [1]. Однако интегрировать аналоговую схему в цифровую систему с обилием цифровых шумов довольно сложно. Полностью цифровая схема фазовой автоподстройки частоты (ПЦФАПЧ) разработана в цифровом маршруте и призвана решить эту проблему.

Блок схема представленной в данной работе ПЦФАПЧ приведена на рис.1. Осциллятор является наиболее важным компонентом при разработке ФАПЧ [2]. При традиционном подходе построения схем ФАПЧ в качестве осциллятора применяются генератор управляемый напряжением (ГУН) или генератор управляемый током (ГУТ). Для схем ПЦФАПЧ чаще всего используется построение кольцевого генератора с изменяемым числом инвертирующих элементов в цепи задержки.

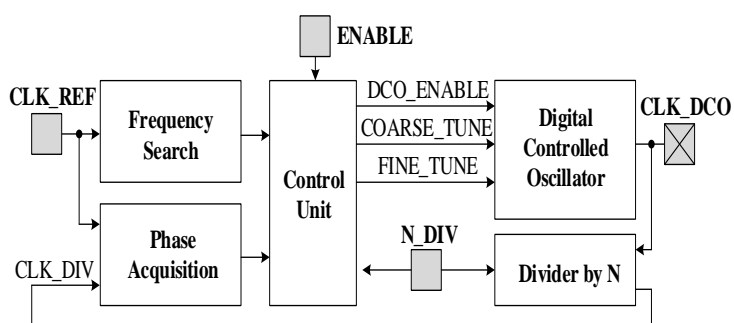


Рис.1. Блок схема ПЦФАПЧ

Обычно при разработке осциллятора с цифровым управлением (ОЦУ) применяют индивидуальный подход [3, 4]. По этой причине не получается провести моделирование HDL описания схемы в цифровом симуляторе. Из-за особенностей построения, следует моделировать всю схему как аналоговый компонент. Основной причиной является часть схемы, отвечающая за точную подстройку частоты. Она зачастую имеет

аналоговую природу и, чтобы получить надежные оценки ее поведения необходимо моделирование на уровне SPICE [2, 4].

В данной работе представлена новая архитектура ОЦУ и методика его проектирования. Благодаря этой методике параметры прибора могут быть проанализированы и скорректированы на ранней стадии разработки, что значительно ускоряет маршрут проектирования подобных схем. Для проверки методики схема была синтезирована на стандартных ячейках библиотеки КМОП 90 нм. Динамический диапазон составляет 150 - 700 МГц.

ОЦУ наиболее сложный блок при разработке схемы ПЦФАПЧ. Он является мотором для схемы ФАПЧ, отвечает за генерацию тактового сигнала и является основным потребителем энергии в схеме. Архитектура построения ОЦУ представлена на рис.2.

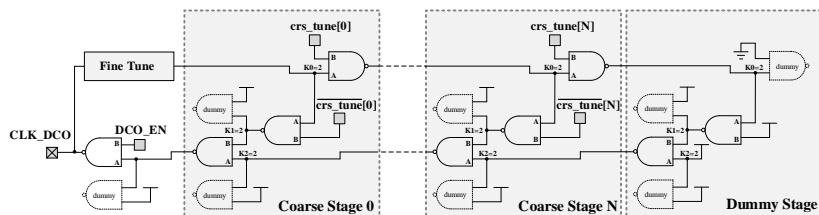


Рис.2. Архитектура построения ОЦУ

Основная задача - разработать схему на стандартных библиотечных ячейках, чтобы обеспечить возможность автоматической генерации схемы ПЦФАПЧ в цифровом маршруте проектирования. При этом дизайн не должен быть привязан к конкретному технологическому процессу и топологии.

В представленной схеме подстройка частоты осциллятора разделена на грубую (coarse) и точную (fine). Соответственно, период колебаний выходного сигнала состоит из задержки на ступенях грубой и точной подстройки.

При построении схемы используются исключительно элементы NAND. Это позволяет использовать значение задержки на библиотечном элементе NAND как универсальную временную единицу при расчете кода управления грубой подстройкой. Для того чтобы сбалансировать номинал значений задержек на элементах NAND, каждый из них всегда имеет в нагрузке два таких же элемента NAND. Это позволяет уменьшить разброс по задержкам в схеме и повысить линейность изменения частоты в зависимости от кода подстройки. После построения

одной ступени грубой подстройки, остальные ступени дублируются. В конце добавляется пустая (dummy) ступень для балансировки нагрузки элементов последней ступени.

Общая задержка контура  $\tau_{DCO}$  представлена в виде выражения:

$$\tau_{DCO} = \tau_{COARSE} + \tau_{FINE}, \quad (1)$$

где  $\tau_{COARSE}$  - задержка на ступенях грубой подстройки;  $\tau_{FINE}$  - задержка на ступенях тонкой подстройки.

Когда все  $N$  ступеней грубой подстройки активны, для  $\tau_{COARSE}$  можно написать следующее выражение:

$$\tau_{COARSE} = \tau_c \times N = 4 \times \tau_{NAND} \times N, \quad (2)$$

где  $\tau_c$  - задержка на одной ступени грубой настройки;  $\tau_{NAND}$  - задержка на одном библиотечном элементе NAND.

Как показано на рисунке 2, входная и выходная нагрузка в каждом узле ступени грубой подстройки одинакова и может быть представлена выражением:

$$K_0 = K_1 = K_2 = 2 \times C_{NAND}. \quad (3)$$

Одинаковая нагрузка в каждом узле создает баланс ёмкостной составляющей задержки в цепи кольцевого генератора и обеспечивает линейный шаг изменения выходной частоты в зависимости от управляющего кода. Такая конструкция позволяет использовать ее для проектирования схемы на основе стандартных библиотечных ячеек.

Важным преимуществом построения осциллятора с разделением на грубую и точную подстройку является изоляция неиспользованной части логики при работе на максимальной выходной частоте. Все не используемые ступени отключены и их входные ячейки NAND выступают в роли clock gate. При увеличении количества ступеней грубой подстройки увеличивается динамический диапазон перестройки и уменьшается минимально достижимая выходная частота. При этом сохраняется линейная характеристика изменения частоты, поскольку нагрузка в каждом из узлов схемы не меняется [5].

Для точной подстройки осциллятора с цифровым управлением предлагается новый метод, позволяющий уменьшить шаг изменения выходной частоты. Основная идея заключается в использовании разности задержки путей внутри библиотечной ячейки NAND. Вся входная информация для расчета задержки через ячейку или группу ячеек описана в библиотечных файлах, поставляемых фабрикой.



На рис.3 представлена схема точной подстройки выходной частоты ОЦУ.

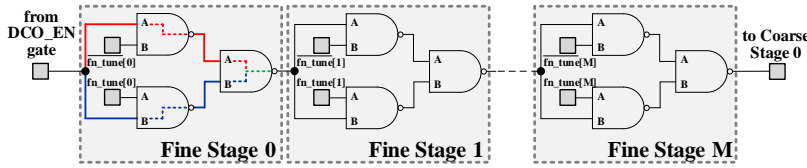


Рис.3. Схема точной подстройки выходной частоты ОЦУ

Схема для точной подстройки, аналогично грубой подстройке разделена на ступени. Одна ступень состоит из 3-х библиотечных ячеек NAND и представляет собой схему мультиплексора 2 в 1. В зависимости от состояния управляющего сигнала подстройки  $fn\_tune$ , входной сигнал пойдет по пути А или по пути В. Задержку распространения сигнала через одну ступень точной подстройки можно точно подсчитать на примере данных из библиотеки КМОП 90нм (охарактеризованной при температуре 125 °С, напряжении питания 1,08 В, техн. угол slow-slow). Результаты подсчета приведены в табл.1.

Таблица 1

Рассчитанные значения задержки распространения сигнала через ступень точной подстройки

Путь	Параметр	Номинал задержки
A → Z	$\tau_{DL01} = \tau_{DL01(NAND)} + \tau_{DL10(NAND)} \approx \tau_{DL10}$	0.146 нс
	$\tau_{DL10} = \tau_{DL10(NAND)} + \tau_{DL01(NAND)} \approx \tau_{DL01}$	
B → Z	$\tau_{DL01} = \tau_{DL01(NAND)} + \tau_{DL10(NAND)} \approx \tau_{DL10}$	0.162 нс
	$\tau_{DL10} = \tau_{DL10(NAND)} + \tau_{DL01(NAND)} \approx \tau_{DL01}$	

Разница задержек распространения сигнала через путь А и В составляет 16 пс. Это значение является минимальным шагом изменения периода выходного сигнала осциллятора и называется разрешением осциллятора с цифровым управлением. Полное значение задержки через все ступени точной подстройки представлено в выражении:

$$\tau_{FINE} = \sum_{i=0}^M \tau_A + \sum_{i=0}^M R + fn\_tune[i]. \quad (4)$$

где  $\tau_A$  - время распространения сигнала в одной ступени точной подстройки по пути «А»;  $M$  - число ступеней точной подстройки;  $fn\_tune[i]$  - разряд кода управляющего слова;  $R$  - разрешение осциллятора с цифровым управлением.

Основываясь на предложенной методике проектирования на базе стандартных библиотечных ячеек был разработан и синтезирован в библиотеку КМОП 90нм осциллятор с цифровым управлением. Число ступеней грубой подстройки выходной частоты  $N = 32$ , число ступеней точной подстройки  $M = 8$ . Разрешение осциллятора составляет  $R = 16$  пс. Динамический диапазон от 150 до 700 МГц. В качестве подтверждения представленной моделирование схемы было произведено на нетлисте после синтеза с SDF экстракцией задержек. Результаты приведены на рис.4.

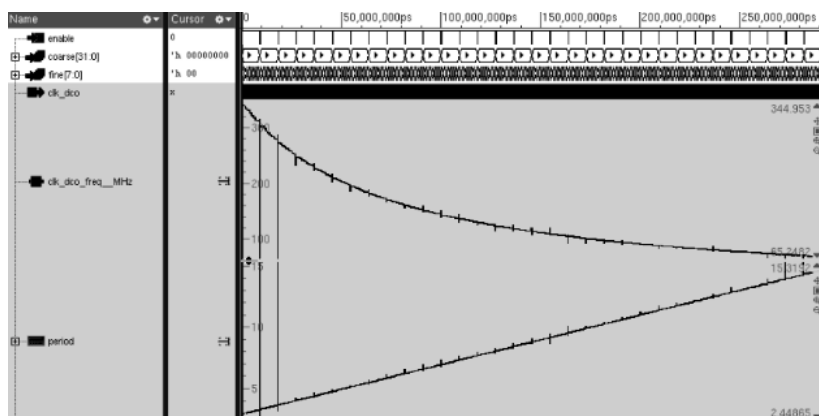


Рис.4. Моделирование схемы ОЦУ в цифровом симуляторе

Для сравнения было проведено SPICE моделирование периода и частоты выходного сигнала в зависимости от управляющего кода. Результаты для трех улов (SS, TT, FF) представлены на рис.5 и 6.

В этой работе представлен метод проектирования осциллятора с цифровым управлением на основе стандартных библиотечных ячеек. Архитектура построения имеет ряд важных особенностей. Схема грубой подстройки частоты обеспечивает широкий динамический диапазон перестройки без ущерба линейности изменения частоты на выходе.

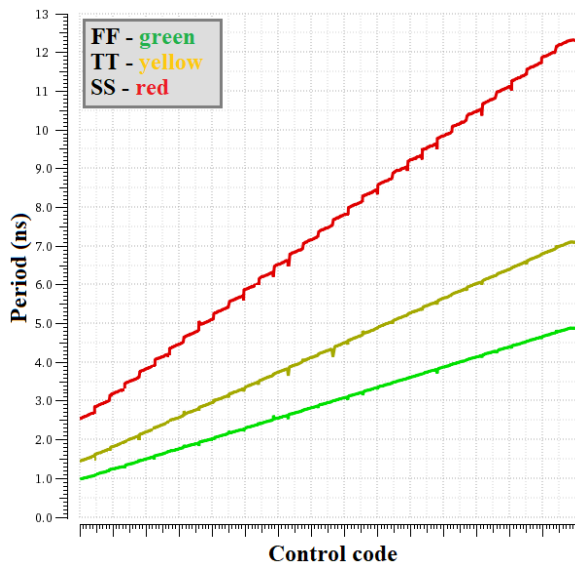


Рис.5. Зависимость периода выходного сигнала ОЦУ от управляющего кода

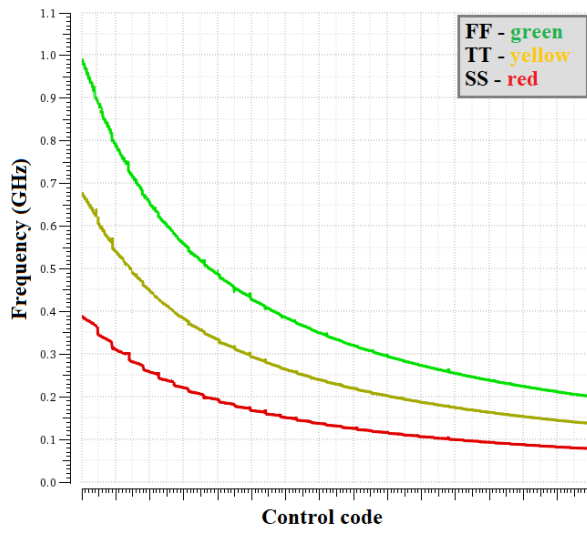


Рис.6. Зависимость частоты выходного сигнала ОЦУ от управляющего кода

Применение одной библиотечной ячейки при построении ступеней грубой подстройки позволяет лучше контролировать баланс ёмкостной составляющей межсоединений. Схема точной подстройки позволяет значительно улучшить разрешение осциллятора, не прибегая к специальным схемам, требующим обязательного SPICE-моделирования. Эта разработка может быть легко включена в автоматизированный маршрут построения схемы полностью цифровой ФАПЧ, что значительно снизит временные затраты на проектирование схем такого вида.

#### **Используемые источники**

1. *Zhinian Shu, Ka Lok Lee, Leung B.H.* 2.4-GHz ring-oscillator based CMOS frequency synthesizer with a fractional divider dual-PLL architecture // *IEEE Journal of Solid-State Circuits*. March 2004. Vol. 39. P. 452 - 462.
2. *Jong J. and Lee C.* A novel structure for portable digitally controlled oscillator // *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*. May 2001. Vol. 1. P. 272 - 275.
3. *Chiang J. and Chen K.* A 3.3 V all digital phase-locked loop with small DCO hardware and fast phase lock // *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*. May 1998. Vol. 3. P. 554 - 557.
4. *Olsson T. and Nilsson P.* A digitally controlled PLL for SoC applications // *IEEE Journal of Solid-State Circuits*. May 2004. Vol. 39. P. 751 - 760.
5. *Chia-Tsun Wu, Wei Wang.* A Scalable DCO Design for Portable ADPLL Designs // *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*. May 2005. P. 5449 - 5452.

**Сравнительный анализ качества скрытого и воздушного изображений для каждой пары источник-маска, оптимизированных различными методами**

*М.Д. Шканкина, магистрант кафедры ИЭМС,  
М.А. Лобков, магистрант кафедры ИПМТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: ele33491112@yandex.ru; lobkov1997@gmail.com*

**Comparative analysis of the quality of latent and aerial images for each source-mask pair, optimized by various methods**

*M.D. Shkanakina, graduate student of IEMS,  
M.A. Lobkov, graduate student of IPMT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Проведена совместная оптимизация источника и маски на основе воздушного изображения и модели резиста для слоя поликремния технологии 28 нм. Вычислены критерии качества скрытого и воздушного изображений для каждой пары источник-маска. На основании полученных данных проведен сравнительный анализ литографической производительности оптимизированных пар и проанализирована эффективность применения каждого вида моделирования.

**Abstract**

The source and mask were cooptimized based on an aerial image and a resist model for a 28 nm polysilicon layer. The quality criteria for latent and aerial images for each source-mask pair are calculated. Based on the data obtained, a comparative analysis of the lithographic performance of optimized pairs was carried out and the efficiency of each type of modeling was analyzed.

**Ключевые слова:** совместная оптимизация источника и маски, модель резиста, воздушное изображение, скрытое изображение, NILS, MEEF.

**Keywords:** Source-mask optimization, resist model, aerial image, latent image, NILS, MEEF.

С каждым годом технологический путь создания интегральных схем становится сложнее в связи с уменьшением размеров элементов [1]. Из-за чего в настоящее время растет число операций фотолитографии для точного воссоздания требуемого рисунка на пластине. Качество получаемого изображения напрямую зависит от оптической системы, характеризующейся разрешающей способностью.

Разрешающая способность фотолитографии или минимальный размер элемента определяется критерием Рэлея [2]:

$$L_{\min} = \frac{k_1 \lambda}{NA} = \frac{k_1 \lambda}{n \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  - длина волны экспонирующего излучения;  $NA$  - числовая апертура и  $\alpha$  - апертурный угол выходной проекционной линзы;  $n$  - показатель преломления среды между выходной проекционной линзой и слоем фоторезиста на пластине;  $k_1$  - константа, отражающая технологический процесс.

При достижении максимального разрешения с помощью настройки оборудования дальнейшее улучшение производится с применением методов повышения разрешающей способности фотолитографии. Среди таких методов наиболее важным для технологий 32 нм и ниже является совместная оптимизация источника освещения и маски [3]. В результате использования совместно оптимизированной пары источник-маска достигается наилучшая литографическая производительность.

В связи тем, что при последовательном итеративном подборе параметров источника освещения и маски достаточно сложно достигнуть наилучшего результата из-за постоянного обновления переменных оптимизации, то были разработаны сложные алгоритмы совместной оптимизации маски и осветителя, которые используют общую степень свободы параметров для того, чтобы дать глобальный результат оптимизации. Благодаря этому становится возможным подбор источника освещения свободной конфигурации, каждый пиксель которого имеет уникальную интенсивность света, а также генерация масочного слоя с добавлением непечатаемых вспомогательных структур. Два этапа совместной оптимизации учитывают процесс формирования изображения: воздушного и скрытого.

Воздушное изображение является дифрагированным световым полем, преобразованным проекционным объективом, после прохождения света через фотошаблон. Оно служит источником информации, экспонируемым в фоторезист, которое после взаимодействия с полимером образует скрытое изображение внутри него.

Существует два метода проведения совместной оптимизации источника и маски, основывающихся на воздушном изображении или модели резиста, поэтому открытым остается вопрос выбора того или иного метода при разработке литографической модели для технологического процесса.

В качестве эксперимента проведена оптимизация источника и маски двумя различными методами для слоя поликремния ячейки статической памяти технологии 28 нм. Масочный слой поликремния состоит из плотноупакованного массива периодических однонаправленных вертикальных структур (рис.1), ширина которых 27 нм, а период 110 нм. Для начала оптимизации необходимо определить плохо прорабатываемые места топологии и подготовить литографическую модель, которая включает в себя оптическую модель и при определенных настройках - модель резиста.

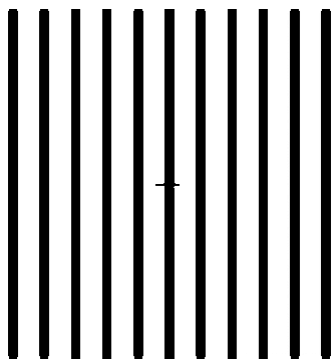


Рис.1. Фрагмент слоя поликремния

В связи с тем, что топология состоит лишь из одной повторяющейся структуры, то наиболее опасным местом в топологии является линия, находящаяся в середине массива, на рис.1 выделена ее ширина.

При создании оптической модели были использованы данные установки, на которой будет проводиться экспонирование, а именно длина волны экспонирующего излучения и показатель преломления иммерсионной среды, которые соответственно равны 193 нм и 1,35. Затем проведена калибровка модели резиста на основе экспериментальных данных.

По окончании подготовки входных данных проведена предварительная настройка оптимизации, а именно выставление критериев: допуск критического размера ( $\pm 10\%$  от номинальной ширины структуры),

минимального разброса дозы и фокуса - окно процесса, полосы изменения процесса. Полоса изменения процесса описывает условия, вызывающие наибольшее изменение пропечатки структур на пластине (недоэкспонирование и переэкспонирование).

Сравнительный анализ качества изображения для слоя поликремния при использовании пар источник-маска, оптимизированных различными методами, будет проведен по критериям, определяющим [4]:

1. Качество воздушного изображения - метрика NILS (normalized intensity log-slope). NILS - нормированная величина крутизны перехода воздушного изображения от светлого к темному на краю структуры.

$$NILS = w \frac{d \ln(I)}{dx}, \quad (2)$$

где  $w$  - ширина структуры;  $I$  - интенсивность света;  $x$  - координата.

2. Качество изображения в резисте - метрика MEEF (mask error enhancement factor). MEEF - коэффициент ошибки маски, неточность размера рисунка на шаблоне. Эталонное значение данной метрики равно 1.

$$MEEF = \frac{\partial CD_{resist}}{\partial CD_{mask}}, \quad (3)$$

где  $\partial CD_{resist}$  - изменение требуемого размера изображения на пластине от фактического;  $\partial CD_{mask}$  - абсолютная погрешность маски, равная шагу сетки.

В качестве экспериментов была проведена совместная оптимизация источника и маски на основе воздушного изображения (рис.2) и модели резиста (рис.3).

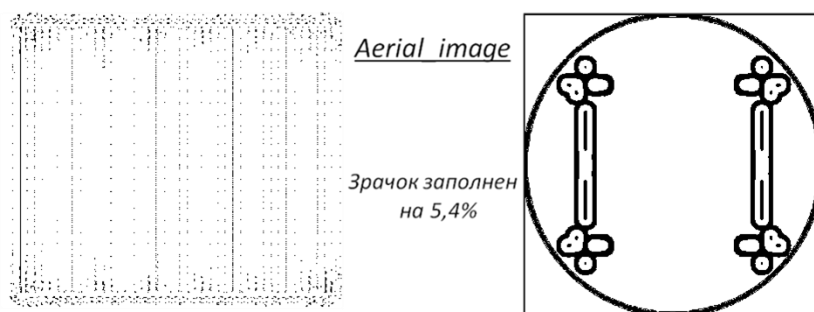


Рис.2. Совместно оптимизированная пара источник-маска на основе воздушного изображения



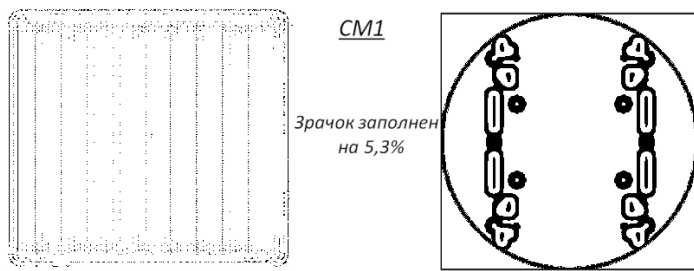
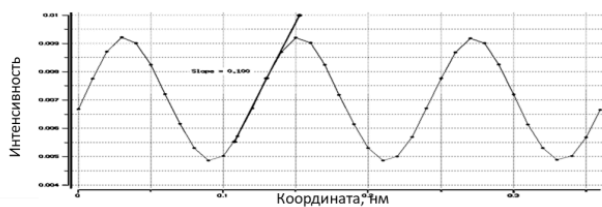


Рис.3. Совместно оптимизированная пара источник-маска на основе модели резиста

Для вычисления качества воздушного изображения был построен график распределения профиля интенсивности света (рис.4) в опасном месте топологии для каждой оптимизированной пары. Затем в координате, равной расположению края структуры была проведена касательная к профилю интенсивности и вычислен тангенс угла наклона. После чего данная величина была нормирована по интенсивности и ширине линии. Численные значения NILS и MEEF для каждой пары источник-маска представлены в табл.1. Шаг сетки в данном случае равен 0,375 нм.

Профиль распределения интенсивности света, вычисление NILS для источника №1



Профиль распределения интенсивности света, вычисление NILS для источника №2

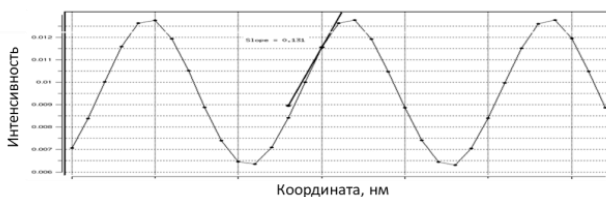


Рис.4. Распределение профиля интенсивности света для пар источник-маска, оптимизированных на основе модели резиста (№ 1) и воздушного изображения (№ 2)

**Таблица 1****Численное значение NILS и MEEF**

Пара №	NILS	MEEF
1	0,35	1,1
2	0,3085	0,7031

В результате значение NILS пары № 1 больше № 2 на 12 %, соответственно качество воздушного изображения также выше. Критерий MEEF в паре № 1 выше на 10 % эталонного значения, а в паре № 2 - ниже на 29,7 %, что является существенным отличием. Из этого следует, что качество изображения в фоторезисте при использовании совместно оптимизированной пары № 1 будет выше, чем пары № 2.

Вследствие проведения экспериментов – оптимизации пар источник-маска различными методами для масочной топологии поликремния были вычислены критерии качества изображений. Исходя из результатов, можно утверждать, что качество изображений, как скрытого, так и воздушного, выше у пары источник-маска, оптимизированной на основе модели резиста.

Установлено, что литографическая производительность пары источник-маска, оптимизированной на основе модели резиста значительно выше, нежели на основе воздушного изображения. Если целью использования совместной оптимизации является создание источника и маски, которые должны печатать сложную конфигурацию топологии на пластине, то оптимизация должна обязательно включать в себя модель резиста. Или же требования к оптимизации могут быть менее строгими, тогда оптимизация источника нужна для последующего его использования в качестве оптической модели, которая применима для других методов повышения разрешающей способности фотолитографии.

**Используемые источники**

1. *Красников Г.Я., Горнев Е.С.* Развитие полупроводниковой микроэлектроники ОАО «НИИМЭ и Микрон / История отечественной электроники. В 2-х томах. М.: 2012.

2. *Беспалов В.А.* Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем, Cadance MaskCompose. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 199 с.

3. Балан Н.Н., Березин А.А., Горнев Е.С., Иванов В.В., Ипатова Е.В., Кузовков А.В. Шканакина М.Д. Использование нейросетевых алгоритмов в задачах вычислительной литографии // Международный форум «Микроэлектроника-2019» 5-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Республика Крым, г. Алушта: Техносфера, 2019. С. 546 - 548.

4. Шканакина М.Д. Зависимость качества изображения структур от использования различных источников свечения свободной конфигурации, оптимизированных на основе воздушного изображения и модели резиста для технологии 65 нм и ниже // 27-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика - 2020». М.: МИЭТ, 2020.

**Исследование и сравнение характеристик малошумящих усилителей с однофазным и дифференциальным входами**

*Д.П. Шомахмадов, аспирант кафедры ИЭМС, инженер АО «Зеленоградский нанотехнологический центр»*

*В.И. Суэтинов, к.т.н., ведущий инженер АО «Зеленоградский нанотехнологический центр»*

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
АО «Зеленоградский нанотехнологический центр»  
г. Москва, Россия,*

*e-mail: shomahmadov@zntc.ru, slava\_suetinov@yahoo.com*

**Research and comparing characteristics of low-noise amplifiers with single-ended and differential inputs**

*D.P. Shomahmadov, postgraduate of IEMS, engineer of JSC “Zelenograd nanotechnology center”,*

*V.I. Suetinov, Ph.D.Eng., senior engineer of JSC “Zelenograd nanotechnology center”,*

*National Research University of Electronic Technology,  
JSC “Zelenograd nanotechnology center”,*

*Moscow, Russia*

**Аннотация**

Было проведено сравнение между двумя типами входов радиоприемников, и показано, что дифференциальный вход обеспечивает высокий динамический диапазон и линейность, но требует довольно сложной внешней согласующей цепи. Радиоприемник с однофазным входом обеспечивает лучшую чувствительность, но немного худший динамический диапазон и линейность, и имеет простую схему согласования. Предложен и апробирован метод повышения устойчивости параметров малошумящего усилителя (МШУ) к технологическим отклонениям.

**Abstract**

Comparison was made between the front ends of RF receivers with single and differential inputs. It was shown that the RF front-end with differential inputs provides high dynamic range and linearity but requires a rather complicated external matching circuit. While the RF front-end with a single ended input provides better sensitivity and slightly worse

dynamic range and linearity. However, its matching circuit is quite simple. The method of improving tolerance of low-noise amplifier (LNA) parameters to the technological variations was proposed and verified.

**Ключевые слова:** радиоприемник, чувствительность, линейность, динамический диапазон, устойчивость к технологическим отклонениям.

**Keywords:** RF receiver, sensitivity, linearity, dynamic range, tolerance to technological variations.

Быстро растущее распространение Интернета вещей (ИВ) вызывает дополнительное внимание к разработке экономичных интегральных схем (ИС) радиоприемников с низким энергопотреблением. В последнее время на рынке появился ряд интегральных схем трансиверов с дифференциальным входом/выходом. Эти ИС демонстрируют хорошие характеристики, но требуют довольно сложной внешней согласующей схемы. Это делает их менее привлекательными для ИВ из-за увеличения стоимости и габаритов. МШУ является входом приемника, определяющим его основные параметры.

Для сравнения были предложены две схемы МШУ. Первая из них - с однофазным входом, вторая - с дифференциальным. Обе схемы спроектированы на основе КМОП-процесса с минимальной длиной канала 180 нм. Схема МШУ с однофазным входом, настроенная на частоту 433 МГц, приведена на рис. 1.

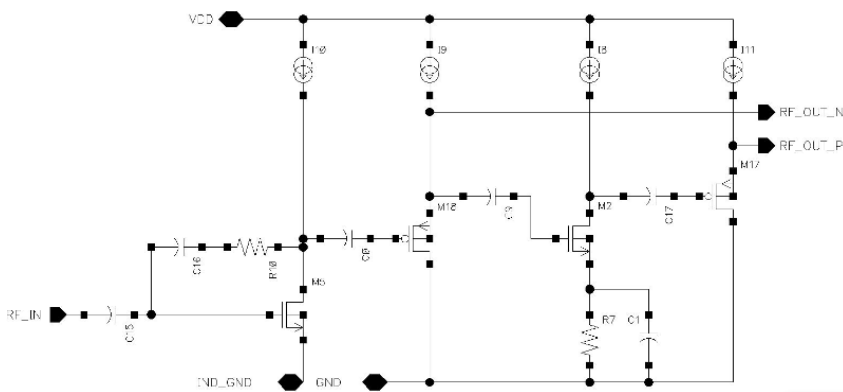


Рис. 1. Упрощенная электрическая схема МШУ

В этой схеме использованы следующие принципы, которые делают МШУ устойчивым к вариациям технологического процесса:

1. Рабочий ток каждой каскада подается от токового зеркала, собранного из р-канальных транзисторов, подключенных к шине питания. Эти транзисторы имеют относительно большую площадь для улучшения согласования в токовых зеркалах и уменьшения коэффициента шума [1]. Последний добавляется к уже усиленному сигналу, поэтому он менее значителен. Площадь р-канальных транзисторов ограничена их выходной емкостью, которая представляет дополнительную нагрузку для инверторов. Такое построение МШУ улучшает коэффициент подавления помехи по шине питания;

2. Рабочие режимы транзисторов по постоянному току задаются с помощью резистивных делителей, обеспечивающих отрицательную обратную связь. В то время как нагрузочные резисторы подключены к земле через конденсаторы. Это позволяет варьировать ток в каскадах без изменения рабочего режима;

3. Рабочий ток в транзисторах выбирается так, чтобы поддерживать их в подпороговом режиме. При этом условии крутизна транзистора пропорциональна только току, как в биполярном транзисторе. В результате коэффициент усиления каскада остается постоянным, несмотря на технологические отклонения.

Схема МШУ состоит из двух инвертирующих каскадов. Каждый каскад включает инвертор и буфер в виде истокового повторителя. Входной каскад на рис.1 построен по схеме с общим истоком с токовой нагрузкой. Режим входного транзистора определяется высокоомным резистивным делителем, который обеспечивает отрицательную обратную связь по постоянному току и устанавливает напряжение на стоке транзистора.

Входной импеданс МШУ должен иметь реальную составляющую, которую можно согласовать с антенной через согласующую цепь. Реальная часть импеданса образуется дополнительным резистором обратной связи, подключенным между стоком и затвором входного транзистора через конденсатор связи. С одной стороны значение резистора обратной связи определяет коэффициент усиления входного каскада по переменному току, а с другой - его входное сопротивление. Вклад резистора обратной связи в коэффициент шума обратно пропорционален его значению. Однако слишком высокий входной импеданс трудно согласовать с антенной. Резистор номиналом 2 кОм был выбран в качестве компромисса для обеспечения входного сопротивления около 200 Ом

и усиления входного каскада около 20 дБ. Второй каскад МШУ образует неинвертирующий выход. Он имеет аналогичную структуру с первым, но снабжен схемой настройки коэффициента усиления, состоящей из резистора и конденсатора, соединенных параллельно и включенных между истоком и шиной земли. Эта схема должна быть оптимизирована для обеспечения согласованной частотной характеристики для обоих выходов.

Схема тестирования МШУ с однофазным входом представлена на рис.2. В ней между источником сигнала (портом) и входом усилителя помещена схема согласования. Она состоит из шунтирующего конденсатора и дискретной индуктивности, которая компенсирует входную емкость усилителя, делая входной импеданс реальным.

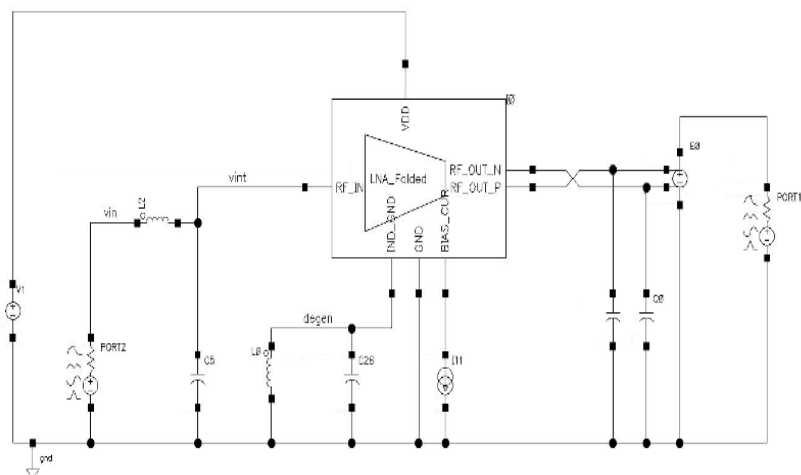


Рис.2. Схема тестирования параметров МШУ

Согласующая схема оптимизирована для достижения низкого значения NF с S11 лучше, чем  $-10$  дБ. Шунтирующий конденсатор может быть переменным и размещаться на чипе. В табл.1 приведены параметры МШУ с однофазным входом, полученные из анализа Монте-Карло (100 прогонов). При расчетах использовалось напряжение питания 3 В при стандарте 3,3 В. Потребление схемы составило 3,5 мА.

Таблица 1

Параметры МШУ с одним входом, полученные из анализа Монте-Карло

Параметры	Минимум	Максимум	Среднее значение	Стандартное отклонение
S11, дБ	-25,89	-18,51	-21,81	1,605
S21, дБ	28,42	29,16	28,82	0,151
NF, дБ	2,13	2,38	2,25	0,051
IP1dB, дБм	-21,85	-20,83	-21,41	0,216
ПРЗ, дБм	-11,78	-10,85	-11,32	0,201

Параметры имеют очень малое отклонение, что подтверждают предложенные принципы.

МШУ с дифференциальным входом [3] был реализован путем использования двух копий входного каскада МШУ с однофазным входом, подключенных параллельно. Это было сделано для обеспечения адекватного сравнения. Схема МШУ показана на рис.3.

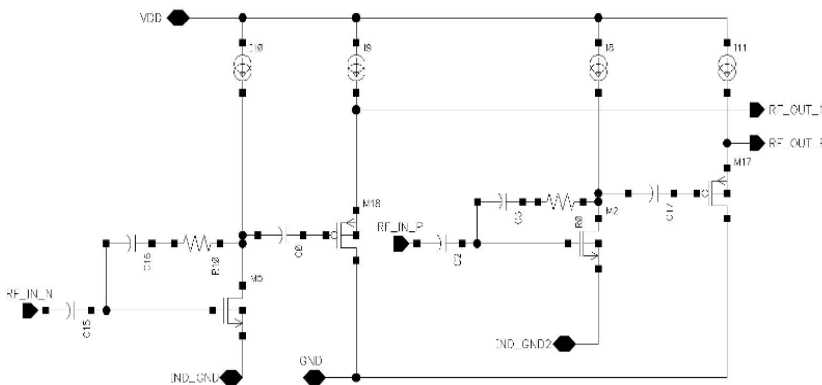


Рис.3. Упрощенная электрическая схема дифференциального МШУ

Для усилителя с дифференциальными входами требуется расщепить сигнал антенны на два противофазных сигнала, поэтому схема согласования включает двухфазный трансформатор. Схема тестирования дифференциального МШУ представлена на рис.4, в которой использовалась схема согласования, описанная в [2].



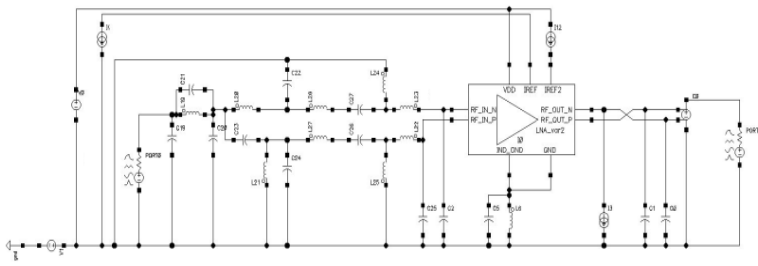


Рис.4. Схема тестирования параметров дифференциального МШУ

В этой схеме двухфазный трансформатор реализован с помощью двух LC-цепей, включенных параллельно в противоположных направлениях. На резонансной частоте входное сопротивление трансформатора мало, потому что индуктивность и емкость включены последовательно, в то время как выходной импеданс велик из-за параллельного резонанса. Поэтому антенну приходится согласовывать с низким сопротивлением, а входной каскад МШУ - с высоким. Использование опробованной схемы согласования обусловлено стремлением провести адекватное сравнение двух подходов. Параметры МШУ с дифференциальным входом показаны на рис.5, где они представлены в зависимости от частоты.

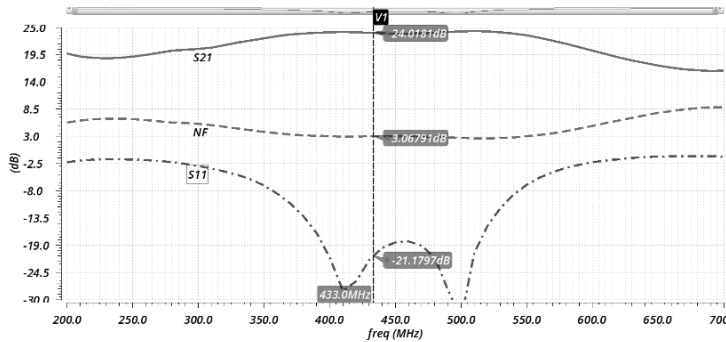


Рис.5. Параметры дифференциального МШУ, смоделированные в частотном диапазоне

В табл.2 приведены параметры дифференциального МШУ, полученные из анализа Монте-Карло (100 прогонов). При расчетах использовалось напряжение питания 3 В. Потребление схемы составило 4,0 мА. Параметры схемы согласования оставались постоянными.

**Таблица 2****Параметры МШУ с дифференциальным входом, полученные из анализа Монте-Карло**

Параметры	Минимум	Максимум	Среднее значение	Стандартное отклонение
S11, дБ	-13,38	-12,41	-12,85	0,187
S21, дБ	23,14	24,49	23,86	0,262
NF, дБ	2,82	3,38	3,09	0,101
IP1dB, дБм	-15,93	-15,36	-15,61	0,114
IP3, дБм	-6,01	-5,18	-5,65	0,202

**Заключение:**

1. Были предложены принципы проектирования МШУ с повышенной устойчивостью к вариациям технологического процесса.

2. На основе этих принципов были разработаны две схемы МШУ с однофазным и дифференциальным входами. Моделирование усилителей с помощью МС-анализа полностью подтвердило эффективность разработанных принципов.

3. Полученные параметры обоих МШУ отвечают требованиям к радиоприемникам для широкого круга применения, в том числе и для ИВ.

4. Использование разработанного МШУ с однофазным входом и дифференциальным выходом позволяет во многих случаях избавиться от сложной схемы расщепления сигнала. Он обеспечивает высокую чувствительность хорошие динамические характеристики. МШУ с дифференциальным входом необходим в том случае, когда динамический диапазон является критичным.

**Используемые источники**

1. *Razavi B.* RF Microelectronics / 2nd edition. - Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012. 916 p.

2. Спецификации на микросхему OnSemi AX5043 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/AX5043-D.PDF> (дата обращения: 28.04.2020 г.).

**Проектирование и моделирование микрополосковой патч-антенны работающей на частоте 10 ГГц с помощью программы CST Studio Suite**

*А.П. Зубченко, студент института МПСУ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: zubchenkosam@gmail.com*

**Design and modeling of a microstrip patch antenna operating at a frequency of 10 GHz using the CST Studio Suite program**

*A. Zubchenko, student of the institute MDCS,  
National Research University of Electronic Technology «MIET»,  
Moscow, Russia*

**Аннотации**

Современные системы связи нуждаются в компактных антеннах и антенных решетках с низкой стоимостью, маленьким весом и хорошими характеристиками в широком диапазоне частот. Микрополосковая патч-антенна (МПА) лучше всего подходит для выполнения всех вышеперечисленных требований. В данной статье представлена прямоугольная МПА с коаксиальным способом питания, работающая в X-диапазоне на частоте 10 ГГц, разработанная с использованием программы CST Studio Suite.

**Abstract**

Modern communication systems require compact antennas and low cost antenna arrays, low weight and good performance in a wide range of frequencies. A microstrip patch antenna (MPA) is best suited to accomplishments all of the above requirements. This article presents a rectangular MPA with coaxial power supply, operating in the X-band at a frequency of 10 GHz, developed using the CST Studio Suite program.

**Ключевые слова:** патч-антенна; микрополосковая линия; микрополосковая антенна; моделирование; X-диапазон.

**Keywords:** patch antenna; microstrip line; microstrip antenna; modeling; X-band.

## **Введение**

Микрополосковые патч-антенны (МПА) просты в конструкции, имеют низкую стоимость и маленький вес. МПА изготавливаются с использованием микрополоскового патча, диэлектрической среды, плоскости земляного экрана и способа питания. Есть различные способы питания микрополоскового патча, такие как микрополосковая линия, коаксиальное, щелевое и бесконтактное питание. Однако, МПА имеют ряд проблем, связанных с узкой полосой частот, широкой диаграммой направленности, низким коэффициентом усиления и трудностью согласования. Методы, используемые для повышения эффективности МПА, зависят от таких особенностей настройки, как размер микрополоскового патча, высоты подложки, размера плоскости земляного экрана и способа питания патча. Чтобы преодолеть эти недостатки МПА объединяют в антенные решетки из большого количества патч-антенн, что позволяет добиться улучшения таких параметров, как коэффициент усиления и коэффициент направленного действия антенны.

Для разработки патч-антенны была выбрана подложка FR-4 с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 4.3$  и толщиной медного покрытия 0.035 мм. Данная подложка значительно дешевле своих аналогов, таких как RO4003C и RO4350B. Что делает производство данной антенны значительно дешевле. В этой разработке используется коаксиальный способ питания микрополоскового патча. Антенна спроектирована с использованием одного прямоугольного патча и имеет достаточно малые размеры диэлектрической подложки  $17.5 \times 17.5$  мм и толщиной 2 мм. Это делает её подходящей для применения в различных беспроводных системах связи и радиолокационных систем. Предлагаемая конструкция МПА резонирует на частоте 10 ГГц с кардиоидной диаграммой направленности, коэффициентом усиления антенны 6.4 дБи и низким КСВН. Обратные потери, КСВН, коэффициент усиления и диаграмма направленности являются показателями эффективности проектируемой МПА.

Эта антенна предназначена для применения в радиолокации, спутниковой радиосвязи, беспроводной коммуникации и метеорологии.

### **Архитектура одиночной микрополосковой патч-антенны**

В качестве способа питания патча была выбрана коаксиальная линия. Центральный проводник коаксиальной линии, проходящий через диэлектрическую подложку, крепится к патчу, а внешний проводник крепится к земляной поверхности с другой стороны патч-антенны. Размеры коаксиальной линии питания взяты с учетом используемого ВЧ

коннектора. Размер центральной жилы питания 0.25 мм и диэлектрического изолятора 2.15 мм.

Микрополосковая патч-антенна(МПА) с резонансной частотой на 10 ГГц была рассчитана через калькулятор, который использует упрощенные формулы расчета МПА. На рис.1 представлена принципиальная схема МПА со способом питания коаксиальным кабелем. Полученные результаты приведены в табл.1.

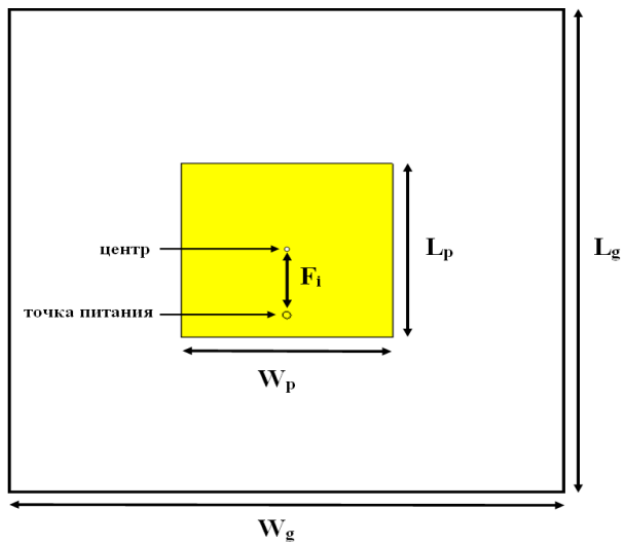


Рис.1. Принципиальная схема МПА со способом питания коаксиальным кабелем

Таблица 1

Полученные результаты размеров МПА с помощью калькулятора

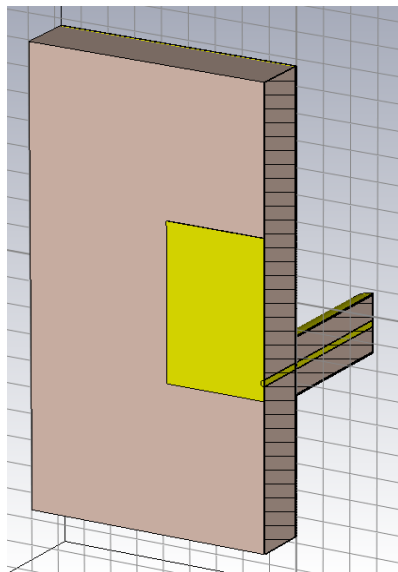
Патч	$W_p$	9.21 мм
	$L_p$	6.25 мм
	$F_i$	2.09 мм
Подложка	$W_g$	17.20 мм
	$L_g$	14.24 мм

### **Используемое программное обеспечение**

CST Studio Suite - мощная программа трехмерного моделирования электромагнитного поля. Программа использует различные методы расчета (расчет переходного процесса во временной области, анализ в частотной области, метод нахождения собственных частот) для моделирования сложных СВЧ структур: фильтров, антенн, циркуляторов, аттенуаторов и т.д. Основной метод - расчет переходного процесса - решает задачи возбуждения СВЧ структуры радиоимпульсами, что отличает ее от большинства других программных продуктов.

### **Моделирование в программе CST Studio Suite**

Полученные результаты размеров МПА с помощью калькулятора были использованы для проектирования антенны в программе CST Studio Suite. На рис.2 представлена полученная МПА в разрезе.



*Рис.2.* Изображение МПА в разрезе полученное в программе CST Studio Suite

Моделирование показало неудовлетворительные результаты на резонансной частоте 10 ГГц. Было решено воспользоваться встроенной возможностью программы автоматической оптимизацией параметрических

данных «Optimizer». Полученные автоматической оптимизацией размеры МПА были округлены до 0.05 мм и подрегулированы вручную, для получения наилучших показателей. Полученные результаты представлены в табл.2.

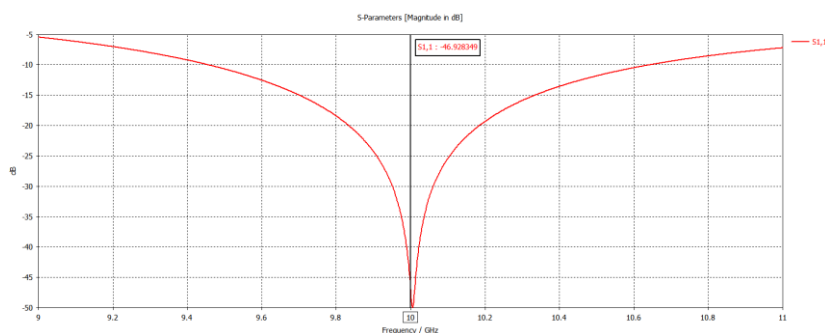
**Таблица 2**

**Полученные результаты размеров оптимизированной МПА**

Патч	$W_p$	7.25 мм
	$L_p$	6.05 мм
	$F_i$	2.35 мм
Подложка	$W_g$	17.50 мм
	$L_g$	17.50 мм

**Результаты моделирования МПА в программе CST Studio Suite**

На рис.3 показаны обратные потери МПА. На резонансной частоте 10 ГГц обратные потери равны - 46.93 дБ.



*Рис.3.* Обратные потери МПА

На рис.4 показан КСВН МПА. Полученные результаты для этой антенны, составляют 1 КСВН на резонансной частоте 10 ГГц и менее 2 КСВН на полосе частот 9.4 - 10.6 ГГц.

На рис.5 показан коэффициент усиления и диаграмма направленности антенны в двух плоскостях. На резонансной частоте 10 ГГц коэффициент усиления антенны равен 6.4 дБи. На рис.6 представлена диаграмма направленности в дальней зоне.

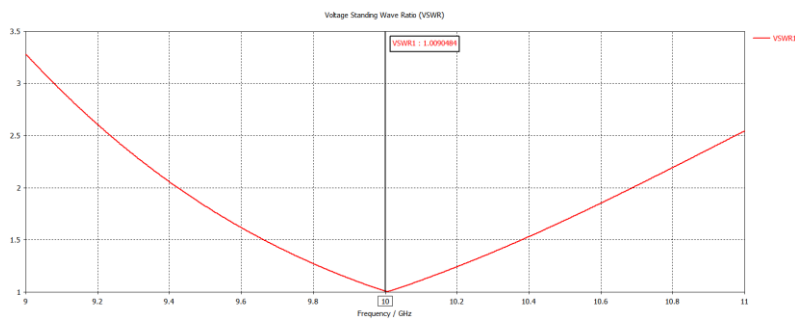


Рис.4. КСВН МПА

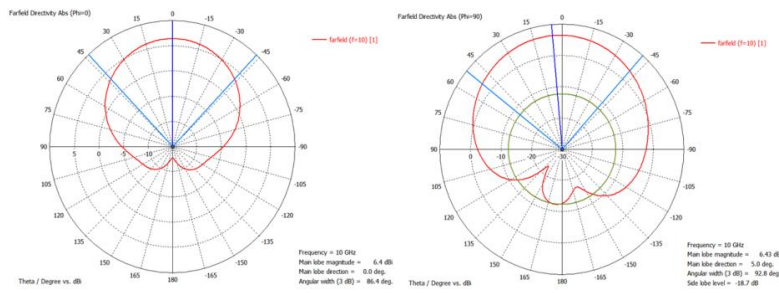


Рис.5. Коэффициент усиление и диаграмма направленности МПА

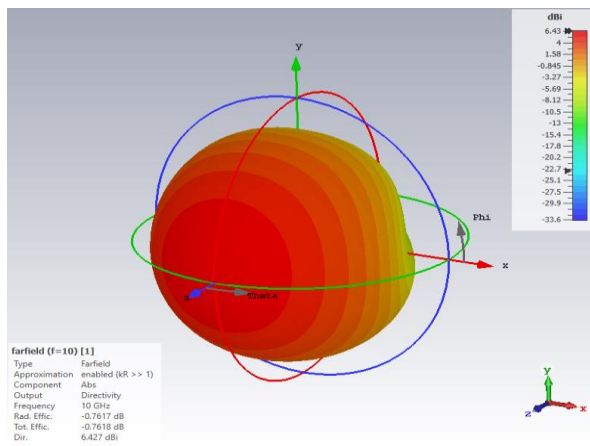


Рис.6. Диаграмма направленности МПА в дальней зоне



### **Заключение**

В данной работе представлена микрополосковая патч-антенна прямоугольной формы с коаксиальным способом питания. В конструкции антенны может изменяться входное сопротивление коаксиальной линии путем изменения расположения точки питания. Данный метод используется для того чтобы достигнуть наилучшего внутреннего согласования, а так же достигнуть низкое входное сопротивление. Правильный выбор местоположения точки питания уменьшает входное сопротивление патч-антенны и увеличивает обратные потери, что позволяет улучшить эффективность и направленность антенны. X-диапазон применяется в радиолокации, спутниковой радиосвязи, беспроводной коммуникации и метеорологии. Представленная МПА с резонансной частотой на 10 ГГц имеет коэффициент усиления 6.4 дБи, обратные потери - 46.93 дБ и КСВН менее 2 в полосе частот 9.4 - 10.6 ГГц. Патч-антенна показывает хорошие результаты моделирования, которые соответствуют требованиям для применения в различных сферах радиолокации и радиосвязи.

### **Используемые источники**

1. *Мурат А.Д.* Разработка печатных антенн с помощью программ автоматизированного проектирования. Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. 19 - 23.
2. *Садыков Р.И., Потапова О.В.* Оптимизация характеристик патч-антенны при помощи моделирования в программе CST Studio Suite 2017. Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2019. 2019. 200 - 202.
3. *Демиевский В.В., Богачёв И.А.* Влияние способа возбуждения на характеристики микрополосковой патч-антенны X-диапазона. Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2019. 146 - 150.

**Определение размера отслеживаемого объекта  
на видеоизображении инфракрасного диапазона**

*Д.И. Немченко, магистрант Института МПСУ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: dmitrynem@gmail.com*

**Determining the size of the tracked object on the infrared video**

*D. Nemchenko, graduate student of MPSU Institute,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье рассматривается проблема изменения размеров отслеживаемого объекта на видеоизображениях инфракрасного диапазона. Описан предлагаемый алгоритм определения размера объекта, представлены и проанализированы результаты его тестирования.

**Abstract**

The article describes the problem of changing the size of the tracked object on the infrared video images. The proposed algorithm for determining the size of the object is described and the results of the testing are presented and analyzed.

**Ключевые слова:** алгоритмы слежения; инфракрасный диапазон; ключевые точки; размер объекта.

**Keywords:** tracking algorithms; infrared range; key points; object size.

Слежение за объектами применяется для решения множества задач в различных сферах: в системах безопасности, медицинских системах, в сельском хозяйстве и др. При определенных условиях, например, при низкой видимости, целесообразно использовать изображения инфракрасного диапазона [1]. В данной статье для отслеживания объектов используются изображения дальнего инфракрасного диапазона. Алгоритм слежения основан на ключевых точках [2]. Благодаря данному подходу процесс слежения может проводиться в условиях вращения объекта, его

поворота, частичного перекрытия. Входные данные - видеопоследовательность и изображение объекта на том кадре, с которого начинается слежение. Неотъемлемой частью задачи слежения является контроль изменения размеров объекта с течением времени на видеоизображениях.

В зависимости от взаимного расположения точки наблюдения и местоположения отслеживаемого объекта, он может приближаться к этой точке или отдаляться от нее. При этом на видеоизображении будет изменяться размер объекта, увеличиваться или уменьшаться, соответственно. Для повышения качества слежения за объектом необходимо проводить оценку его текущего размера. После того, как в алгоритме слежения получены координаты объекта на текущем кадре видеопоследовательности необходимо определить его размеры. Для этого разработан следующий алгоритм, основные шаги которого описаны ниже:

1. Определяется размер исследуемой области и изображение этой области используется далее;

2. Выделяются границы на изображении при помощи детектора границ Canny [3];

3. На полученном изображении границ строятся линии, получаемые с применением вероятностного преобразования Хафа [4];

4. Требуется отобрать построенные линии, относящиеся к объекту. Фиксируется область, границы которой меньше по размеру, чем исследуемая область, и за которую не должны выходить отобранные линии. Данная операция необходима, чтобы удалить линии, не относящиеся к объекту.

5. Новый размер объекта рассчитывается по координатам начальных и конечных точек линий. Он не должен превышать значение параметра, на который объект может изменять свой размер на текущем кадре.

6. Если координаты начала и конца линий выходят за границы, соответствующие размерам объекта, то размер объекта увеличивается. Иначе, если координаты начала и конца линий находятся внутри области, соответствующей текущим размерам объекта, то размер объекта уменьшается.

Для оценки разработанного алгоритма определения размера объекта были использованы видеопоследовательности, на которых объекты приближались или отдалялись от точки наблюдения. Используемые видеопоследовательности можно разделить на пять групп:

- движение объекта без перекрытия;
- движение объекта с перекрытием;
- движение камеры, неподвижный объект;
- движение камеры, движение объекта без перекрытия;
- движение камеры, движение объекта с перекрытием.

На рис.1 и 2 представлены результаты проведенного тестирования алгоритма при увеличении и уменьшении размера объекта на видеоизображениях соответственно. Гистограммы показывают число видеопоследовательностей, соответствующих разным диапазонам относительного изменения размера объекта. При тестировании не выявлено примеров, когда рассчитанный размер объекта оказывается меньше

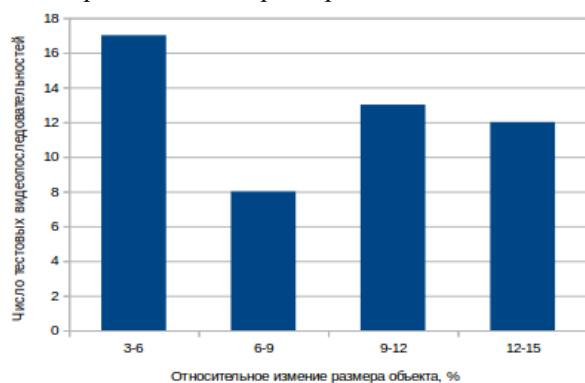


Рис.1. Результаты тестирования при увеличении размера объекта на видеоизображениях

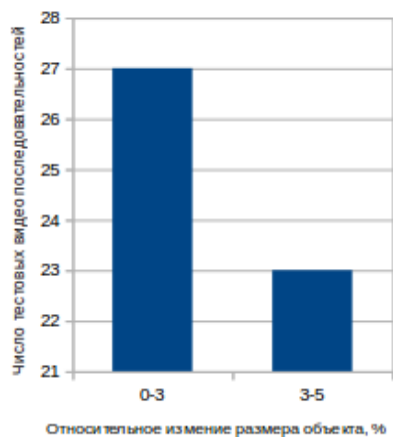


Рис.2. Результаты тестирования при уменьшении размера объекта на видеоизображениях

реального размера. Данная ситуация была бы критична для алгоритма слежения, так как в таком случае теряется часть информации об объекте и точность слежения уменьшается. На основании полученных данных можно сделать вывод, что максимальная разница между реальным размером и полученным при помощи разработанного алгоритма, в случае увеличения объекта, составляет не более 15 % от реальных размеров объекта. В случае уменьшения объекта на видеоизображении данный показатель составляет не более 5 %. Важно отметить, что изображение объекта, обрабатываемое детектором ключевых точек в алгоритме слежения, может превышать реальный размер объекта на величину не более 10 % для получения корректной информации об объекте. Полученная погрешность в 5 %, что в среднем составляет от 2 до 7 пикселей на изображении, отрицательно не влияет на работу алгоритма слежения. Все проведенные тесты показали высокую точность отслеживания объекта на уровне более 90 %.

В данной работе был представлен разработанный алгоритм определения размеров отслеживаемого объекта с использованием детектора границ и применением вероятностного преобразования Хафа. Предлагаемый алгоритм показал высокие результаты на тестируемых видеофайлах. Дальнейшая работа будет заключаться в применении данного алгоритма при одновременном отслеживании нескольких объектов с сохранением высокой точности определения размеров объекта.

#### **Используемые источники**

1. *Козлов С.И.* Использование инфракрасных приборов в космической технике и дальнейшие перспективы их развития. М.: Вестник науки и образования. 2019. № 3 - 2(57), 2019.

2. *Немченко Д.И.* Исследование работы алгоритма слежения на основе ключевых точек по сравнению с алгоритмами библиотеки OpenCV / Международная Научно-практическая конференция «Интеллектуальные системы и микросистемная техника»: сборник трудов. 2020, 134 - 138, 2020.

3. *John Canny.* A computational approach to edge detection. - Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, (6): 679 - 698, 1986.

4. *Jiri Matas, Charles Galambos, and Josef Kittler.* Robust detection of lines using the progressive probabilistic hough transform. - Computer Vision and Image Understanding, 78(1): 119 - 137, 2000.

**Формирование интегрального показателя оценки уровня  
квалификации специалистов на примере профессиональных  
стандартов для рабочих специальностей производства изделий  
микроэлектроники**

*Л.В. Поликарпова, руководитель Центра оценки квалификаций АО  
«НИИМЭ»),*

*Н.Н. Забодаева, заместитель руководителя Центра оценки  
квалификаций АО «НИИМЭ»), эксперт по оценке, технический эксперт,*

*С.А. Баендуева, магистрантка Института СПИИТех, МИЭТ,*

*Г.В. Косолапова, преподаватель Института НМСТ, МИЭТ,  
г. Москва, Россия,*

*e-mail: lpolikarpova@niime.ru; nzabodaeva@niime.ru;*

*serzhenabaendueva@mail.ru; galka-vikt@mail.ru*

**Formation of an integral indicator for assessing the qualifications  
of specialists by the example of professional standards for workers  
specializing in the production of microelectronics products**

*L.V. Polekarpova, Head of the Qualification Assessment Center of JSC MERI,*

*N.N. Zabodaeva, Deputy Head of the Qualification Assessment Center of  
JSC MERI, Assessment expert, Technical Expert,*

*S.A. Baendueva, graduate student at the Institute of SSEIT, MIET,*

*G.V. Kosolapova, senior Lecturer at the Institute of NMT, MIET,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Основная цель внедрения профессиональных стандартов - сформировать актуальные требования работодателей к компетенциям работника. Применение профессиональных стандартов рассматривается как объективная основа для совершенствования системы управления персоналом в отраслях, определения адресного внутрифирменного и внешнего образовательного заказа, создания механизмов внешней независимой оценки уровня квалификаций для привлечения работников. Профессиональные стандарты регулируют кадровые потребности на рынке труда. Таким образом, их создание и внедрение на предприятиях высокотехнологичных секторов экономики становится не просто соблюдением требований законодательства и следованием современным тенденциям, но и реальным ин-

струментом, призванным решать проблемы обеспечения производства квалифицированным персоналом в современных условиях цифровой экономики.

**Abstract**

The main purpose of professional standards` introduction is forming employers` actual requirements to the employees` competences. Using professional standards is considered as an objective basis for the personnel management system`s improvement in industries, a definition of targeted internal and external educational order, creation of mechanisms of external independent assessment of the qualifications` level for attracting employees. Professional standards regulate personnel needs in the labour market. Thus, forming and introduction these standards in enterprises of high-tech sectors of the economy become not only compliance with the requirements of legislation and adherence to actual trends, but also a real resource which is designed to solve problems of ensuring production by qualified personnel in modern digital economy.

**Ключевые слова:** профессиональный стандарт, компетенция, квалификация, микроэлектроника, интегральный показатель.

**Keywords:** professional standard, a competence, a qualification, microelectronics, an integral indicator.

В настоящее время многие предприятия создают собственную систему подготовки квалифицированных кадров, повышения уровня знаний и умений своих сотрудников. Для определения уровня квалификации сотрудников существуют Центры оценки квалификаций (ЦОК). ЦОКи проводят независимую оценку квалификации по утвержденным профессиональным стандартам. Специалисты, подтвердившие свой уровень квалификации в соответствии с требованиями профессиональных стандартов, дают предприятию значительное преимущество в конкурентности с другими организациями в текущих рыночных условиях. Для повышения эффективности проведения независимой оценки квалификации за счет увеличения её точности и снижения затрат и времени на оценку соискателей, целесообразно разработать систему определения квалификации специалистов в микроэлектронной отрасли с помощью интегральных показателей. [1]

Автоматизация процессов оценки уровня квалификации специалистов зависит от анализируемой должности соискателя и применяет различные методы оценки знаний. Комплекс оценивающих заданий фор-

мируется с учётом требований профессионального стандарта. После выполнения соискателем оценивающих заданий рассчитываются интегральные показатели уровня квалификации, выполняется их интерпретация, и определяется уровень квалификации соискателя [1].

Методику формирования интегрального показателя оценки уровня квалификации соискателя условно можно разделить на 8 этапов [2].

Этап 1. Задание методов, предназначенных для оценки уровня квалификации соискателя и соответствующих им весовых коэффициентов.

Этап 2. Формирование интегрального показателя оценки уровня квалификации ( $K$ ):

$$K = \sum_{j=1}^m K_j \lambda_j, \quad (1)$$

где  $K_j$  - коэффициент знаний специалиста, определенный по результатам выполнения оценивающих заданий с помощью  $j$ -го метода оценки квалификации;  $\lambda_j$  - весовой коэффициент  $j$ -го метода оценки квалификации,  $m$  - количество используемых методов оценки квалификации.

При этом должно выполняться условие:  $\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1$ . Значение весовых коэффициентов  $\lambda_i$  определяются на заседании экспертного совета Центра оценки квалификации.

Определение комплексного показателя уровня квалификации и установление соответствия уровня квалификации необходимым требованиям (табл.1)

$$M = \frac{K}{K_{\max}}, \quad (2)$$

где  $M$  - комплексный показатель уровня квалификации;  $K$  - интегральный показатель оценки уровня квалификации;  $K_{\max}$  - максимально возможный интегральный показатель оценки уровня квалификации.

Этап 3. Формирование списка необходимых областей знаний соискателя. При формировании списка необходимых областей знаний соискателя целесообразно ограничивать его 15 областями знаний, данное ограничение необходимо для повышения «различимости» областей знаний при их последующем ранжировании.



Таблица 1

## Соответствие уровня квалификации соискателя необходимым требованиям

Комплексный показатель уровня квалификации	Уровень квалификации
0,76 - 1	Уровень квалификации соискателя выше установленных требований профессионального стандарта
0,70 - 0,75	Уровень квалификации соискателя соответствует установленным требованиям профессионального стандарта
0,40 - 0,69	Уровень квалификации соискателя условно соответствует установленным требованиям профессионального стандарта. Рекомендовано дополнительное обучение с последующим подтверждением уровня квалификации
0 - 0,39	Уровень квалификации соискателя не соответствует установленным требованиям профессионального стандарта

Этап 4. Ранжирование областей знаний. Заполняется анкета, каждой характеристике - области знаний присваивается определенный числовой ранг - ранг 1 присваивается наиболее важной характеристике, ранг 2 - следующей по важности и т.д. В случае равноценности нескольких характеристик ранги могут оказаться дробными.

Этап 5. Определение коэффициентов значимости областей знаний

$$k_j = \frac{mn - S_j}{0,5mn(n-1)}, \quad (3)$$

где  $m$  - количество экспертов;  $n$  - количество областей знаний;  $S_j$  - сумма рангов, присвоенная группой экспертов  $j$ -й области знания. Выделение из  $n$  областей  $n_0$  важных областей знаний, для которых  $k_j \geq k_{kr} = \frac{1}{n}$ .

Этап 6. Оценка согласованности мнений экспертов. Определение коэффициента конкордации  $W$ , определяемый по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (4)$$

где  $m$  - количество экспертов;  $n$  - количество областей знаний;  $S_j$  - сумма рангов, присвоенная группой экспертов  $j$ -й области знания.

Этап 7. Оценка значимости коэффициента конкордации. Для оценки коэффициента конкордации предложено использовать критерий Пирсона: для числа степеней свободы  $f = n - 1$  и уровня значимости  $\alpha = 0,05$  определяется  $\chi_{tabl}^2$ , затем рассчитывается:  $\chi_p^2 = m(n-1)W$ . Если  $\chi_p^2 > \chi_{tabl}^2$ , гипотеза о согласованности мнений экспертов принимается.

Этап 8. Формирование комплекса оценивающих заданий, предназначенного для определения квалификации специалиста рассматриваемой должности, по определенным важным областям знаний.

Предложенная методика является одним из возможных вариантов решений задачи формирования интегрального показателя оценки уровня квалификации специалиста и комплекса оценивающих заданий, адаптируемая к условиям профессионального стандарта. Выполнение комплекса оценивающих заданий и расчет интегрального показателя уровня квалификации позволяет определить уровень квалификации соискателей.

Для удобства работы с предложенной методикой выполнена её программная реализация, что позволяет автоматизировать процесс определения интегрального показателя квалификации.

#### **Определение интегрального показателя оценки уровня квалификации оператора прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники**

Оценка уровня квалификации проводилась на группе, состоящей из трех операторов прецизионной фотолитографии. Профессиональный экзамен принимала комиссия, состоящая из трех экспертов. Профессиональный экзамен содержал 30 теоретических вопросов и одно практическое задание. По результатам тестирования соискатели набрали 90, 75 и 60 баллов соответственно. Практическую часть задания соискатели выполнили с оценкой 95, 80 и 75 баллов соответственно.

Этап 1. Задание методов, предназначенных для оценки уровня квалификации соискателя и соответствующих им весовых коэффициентов.

В качестве метода были выбраны выполнение теоретических заданий и выполнение практической работы.

Этап 2. Формирование интегрального показателя оценки уровня квалификации для этих трех соискателей приведено в табл.2.

Таблица 2

## Интегральный показатель оценки уровня квалификации

Метод оценки	$m$	$\lambda_j$	$K_j$ специалиста 1 (баллы)	$K_j$ специалиста 2 (баллы)	$K_j$ специалиста 3 (баллы)
Тестирование (теоретические задания)	1	0,25	90	75	60
Практическая работа	2	0,75	95	80	75
Интегральный показатель оценки уровня квалификации			$K=0,25*90+$ $0,75*95$ $K=93,75$	$K=0,25*75+$ $0,75*80$ $K=78,75$	$K=0,25*60+$ $0,75*75$ $K=71,25$

После определения интегрального показателя оценки уровня квалификации соискателей, устанавливаем соответствие уровня квалификации необходимым требованиям (табл.3)

Таблица 3

## Соответствие уровня квалификации необходимым требованиям

Комплексный показатель уров- ня квалификации $M$ (норматив)	$M$ специа- листа 1	$M$ специали- ста 2	$M$ специа- листа 3	Уровень квалификации
0,76 - 1	0,93	0,78		Уровень квалификации соискателя выше установленных требований профессионального стандарта
0,70 - 0,75			0,71	Уровень квалификации соискателя соответствует установленным требованиям профессионального стандарта

В результате выполнения Этапов 3 - 5 по результатам анкетирования экспертов был сформирован и ранжирован список необходимых областей знаний соискателя и определены коэффициенты значимости областей знаний, для которых  $k_j \geq k_{kr} = \frac{1}{n}$  (табл.4).

Таблица 4

## Определение коэффициентов значимости областей знаний

№	Область знаний	Ранг эксперт № 1	Ранг эксперт № 2	Ранг эксперт № 3	Сумма рангов	Коэффициент значимости областей знаний	Важная область знаний $k_j \geq k_{kr} = \frac{1}{n}$
1	Система менеджмента качества	4	5	2	11	0,16	*
2	Охрана труда и техника безопасности	3	4	4	11	0,16	*
3	Технологический процесс	1	2	1	4	0,31	*
4	Свойства применяемых материалов	5	3	5	13	0,11	
5	Устройство, назначение, принцип действия технологического оборудования	2	1	3	6	0,26	*
6	Экологические аспекты выполняемых работ	6	6	6	18	0	
7	Итого	21	21	21	63	1	

Этап 6. Оценка согласованности мнений экспертов. Коэффициент конкордации  $W = 0.4$  что свидетельствует о хорошей согласованности мнений экспертов.

Этап 7. Оценка значимости коэффициента конкордации. Используя критерий Пирсона: для числа степеней свободы  $f = 5$  и уровня значимости  $\alpha = 0.05$  определяется  $\chi_{табл}^2 = 2.5$ , затем рассчитывается:  $\chi_p^2 = 3(6-1)W$ .  $\chi_p^2 = 15$ .

Условие  $15 > 2.5$  выполнено, следовательно, гипотеза о согласованности мнений экспертов принимается.

Этап 8. Формирование комплекса оценивающих заданий, предназначенного для определения квалификации специалиста рассматриваемой должности, по определенным важным областям знаний формируется либо актуализируется по результатам экспертного опроса, где определены наиболее важные области знаний для оператора прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники.

Эффективность независимой оценки квалификации, проведенная с использованием интегральных показателей, повышается за счет автоматизации процессов независимой оценки квалификации, которые в обычных процедурах оценки требуют выполнения многочисленных рутинных операций.

#### **Используемые источники**

1. Экономическая статистика: учебник / под ред. проф. Ю.Н. Иванова. - 4-е изд., перераб. и доп. М.: НИЦ Инфра-М, 2013.

2. Батракова Л.Г. Социально-экономическая статистика [Электронный ресурс]: учебник. М.: Логос, 2013. 480 с.

3. Маслова В.М. Управление персоналом [Электронный ресурс]: учебник и практикум для академического бакалавриата. - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2015. - 506 с. (Бакалавр. Академический курс). - URL: [http://www.biblio-online.ru/thematic/?50&id=urait.content.89A4A663-E93B-4901-BC85-9B3129B51643&type=c\\_pub](http://www.biblio-online.ru/thematic/?50&id=urait.content.89A4A663-E93B-4901-BC85-9B3129B51643&type=c_pub) (дата обращения: 01.09.2019).

**Особенности химической обработки кремниевых пластин  
в кислых травителях**

<sup>1</sup>*К.С. Бодневич, магистрант института НМСТ,*

<sup>1</sup>*А.И. Пожидает, магистрант института НМСТ,*

<sup>2</sup>*Н.В. Комаров, начальник отдела разработки оборудования  
фотолитографии,*

<sup>2</sup>*А.С. Ермакова, заместитель начальника научно-технического отдела,*

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,*

<sup>2</sup>*ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводникового  
машиностроения»,*

*г. Воронеж, Россия,*

*e-mail: bodnevichkristina@mail.ru*

**Features of the chemical treatment of silicon wafers in acid etchers**

<sup>1</sup>*K. Bodnevich, graduate student of Institute of Institute NMST,*

<sup>1</sup>*A. Pozhidaev, graduate student of Institute of Institute NMST,*

<sup>2</sup>*N. Komarov, Head of Photolithography Equipment Development  
Department,*

<sup>2</sup>*A. Ermakova, Deputy Head of the Scientific and Technical Department,*

<sup>1</sup>*National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia,*

<sup>2</sup>*Open Joint Stock Company «Scientific Research Institute Of Semiconductor  
Mechanical Engineering*

**Аннотация**

Исследованы особенности процессов жидкостной химической очистки и жидкостного химического травления кремниевых пластин. Очистка в перекисно-аммиачном растворе с последующей мегазвуковой отмывкой позволяет эффективно удалять с поверхности пластин частицы загрязнений. Введение добавки неионогенного ПАВ к травителю на основе плавиковой кислоты снижает шероховатость поверхности кремниевой пластины.

**Abstract**

The features of the processes of liquid chemical cleaning and liquid chemical etching of silicon wafers are investigated. Purification in a peroxide-ammonia solution followed by megasonic washing allows efficient removal of contamination particles from the surface of the wafers. The use

of a nonionic surfactant additive to an etchant based on hydrofluoric acid reduces the surface roughness of a silicon wafer.

**Ключевые слова:** особенности, химическая обработка, мегазвук, травитель

**Keywords:** features, chemical treatment, megasound, etchant

Повышение степени интеграции, уменьшение проектных норм интегральных схем, миниатюризация МЭМС и микросборок стимулируют развитие соответствующих технологий, важное место среди которых занимают процессы жидкостной химической обработки пластин (17 - 22 % всех технологических этапов) [1 - 3].

Для изучения особенностей процессов очистки и травления были выбраны кремниевые пластины ориентации (100) со сформированным слоем оксида кремния. Очистку поверхности от загрязнений выполняли в перекисно-аммиачном растворе (ПАР), состоящем из аммиака  $\text{NH}_4\text{OH}$  (ч.д.а.), пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  (технич.) и деионизованной воды в соотношении 1:1:5, нагретом до температуры 70 °С. Время обработки - 5 минут. Травление оксида кремния осуществляли в растворах плавиковой кислоты  $\text{HF}$  (х.ч.), гидрофторида аммония  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$  (ч), и добавки неионогенного поверхностно-активного вещества ПАВ - разветвленного этоксилированного спирта C13 RIDOSOL G2498 (Henkel AG & Co. KGaA). Отмывку пластин деионизованной водой (ДИ) осуществляли с применением мегазвука (МЗ) частотой 1,65 МГц, если не указано иное. Для всех экспериментов использовалась деионизованная вода марки А по ОСТ 11.029.003-80. Схема эксперимента приведена в табл.1.

Качество поверхности полученных образцов оценивали методом атомно-силовой микроскопии при помощи сканирующего зондового микроскопа NT-MDT (Россия) по изменению шероховатости.

Перекисно-аммиачный раствор является широко применяемым раствором для жидкостной химической очистки пластин от различных загрязнений (органические вещества, частицы, металлы). Наблюдаемое нами увеличение шероховатости после обработки пластин в перекисно-аммиачном растворе по сравнению с исходным образцом (рис.1) вызвано травлением оксида кремния со скоростью порядка 0.4 - 0.8 нм/мин, протекающем параллельно с окислением пластины [4 - 6].

Таблица 1

## Схема эксперимента

Номер образца	Режимы обработки пластин			
1	Исходный образец без обработки			
2	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде		
3	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ		
4	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде	Травление в HF 5 % 5 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ
5	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде	Травление в HF 5 % ПАВ 50 ppm 5 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ
6	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ	Травление в HF 5 % NH <sub>4</sub> F*HF 7.7 % 10 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ
7	ПАР 5 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ	Травление в HF 5 % NH <sub>4</sub> F*HF 7.7 % ПАВ 50 ppm 10 мин	Промывка в ДИ воде с МЗ

Влияние условий отмычки пластин после химической обработки в перекисно-аммиачном растворе изучали на примере образцов 2 и 3 (рис.1). Образец 2 отмывали струей деионизованной водой. Для отмычки образца 3 на поверхность пластины подавали струю деионизованной воды, озвученную мегазвуком с частотой 1,65 МГц. Механизм мегазвуковой отмычки состоит в генерации множества кавитационных пузырьков [1], несущих большое количество энергии в малом объеме, и истончении граничного слоя жидкости, отделяющего поверхность подложки, на которой удерживаются частицы загрязнений, от омывающей жидкости. Наблюдаемая нами меньшая шероховатость поверхности образца 3 по сравнению с образцом 2 (табл.2) указывает на то, что в процессе мегазвуковой отмычки вода подходит ближе к подложке, захватывает и уносит частицы загрязнений из приповерхностного слоя в объем [7 - 9].



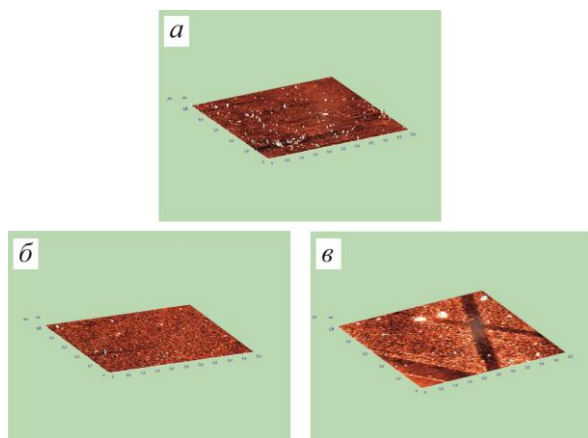


Рис.1. Микрофотографии образцов, полученные методом АСМ: *a* - образец 1; *б* - образец 2; *в* - образец 3

Для исследования особенностей процесса химической обработки кремниевых пластин в кислых травителях использовали растворы на основе плавиковой кислоты и буферного травителя гидрофторида аммония. На окончание травления оксида указывало изменение свойств поверхности с гидрофильных на гидрофобные. Эффект вызван Н-пассивацией поверхности кремния [10].

**Таблица 2**

**Параметры микрорельефа, полученные из АСМ-изображений образцов кремниевых пластин**

Определяемый параметр	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Средняя шероховатость, нм	0.50	1.20	0.92	0.32	0.27	0.24	0.79
Средняя квадратичная шероховатость, нм	1.07	1.77	2.66	1.01	0.64	1.09	2.05
Максимальная высота неровностей, нм	20.10	44.20	83.61	47.42	19.92	71.60	55.25
Высота неровностей по 10 точкам, нм	9.96	22.17	34.07	23.49	9.88	35.73	27.57

Из рис.2 видно, что обработка в плавиковой кислоте после очистки в перекисно-аммиачном растворе снижает шероховатость поверхности за счет растворения поверхностного слоя оксида. Введение в травящий раствор добавки неионогенного ПАВ уменьшает шероховатость (табл.2, образец 5) предположительно вследствие адсорбции разветвленных органических молекул и подавления растворения материала пластины [11].

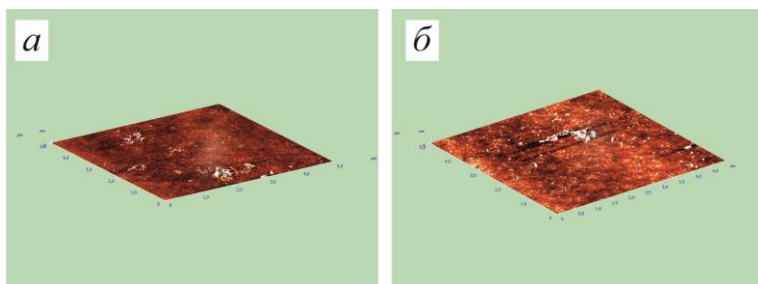


Рис.2. Микрофотографии образцов, полученные методом АСМ:  
*a* - образец 4; *б* - образец 5

Травление оксида кремния в буферных растворах гидрофторида аммония протекает с низкой скоростью вследствие частичного подавления диссоциации плавиковой кислоты за счет введения в систему дополнительных фторид-ионов, что позволяет получить поверхность с малой шероховатостью 0.24 нм. Введение ПАВ в такую систему значительно снижает скорость травления, что приводит к высокому значению шероховатости образца 7 - 0.79 нм (рис.3).

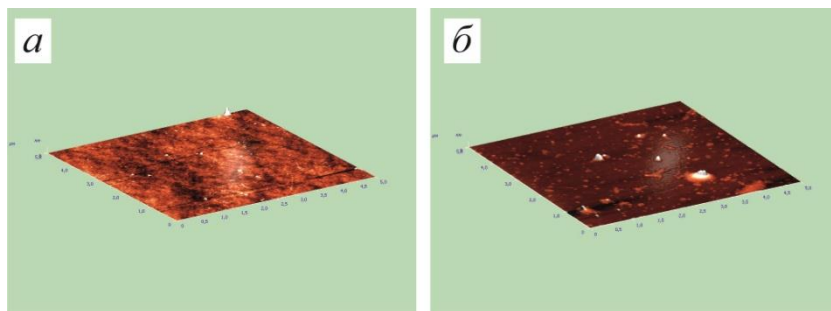


Рис.3. Микрофотографии образцов, полученные методом АСМ:  
*a* - образец 6; *б* - образец 7

В рамках настоящей работы было показано, что наиболее эффективным способом очистки кремниевых пластин является последовательная обработка в перекисно-аммиачном растворе с последующей отмывкой в деионизованной воде с применением мезазвука. Обработка в кислот травителе с добавкой неионогенного ПАВ снижает шероховатость поверхности кремниевой пластины.

#### Используемые источники

1. *Reinhardt K., Kern W.* Handbook of silicon wafer cleaning technology. Elsevier, 2018. 794 p.
2. *Datta S.* Ten nanometre CMOS logic technology // Nature Electronics. 2018. Vol. 1. P. 500 - 501.
3. *Kumar S., Kreenner N.* Review of the semiconductor industry and technology roadmap // Journal of science education and technology. 2002. Vol. 11, Is. 3. P. 229 - 236.
4. *Watanabe M., Harazono M., Hiratsuka Y., Edamura T.* Etching Rates of SiO<sub>2</sub> and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Insulating Films in Ammonia Hydrogen-Peroxide Cleaning Process // ECS Symposium on Silicon Nitride Thin Insulating Films, in Proceedings of the Electrochemical Society. The Electrochemical Society. 1983. Vol. 488. Pennington, NJ. P. 83.
5. *Kern W.* Semiconductor International. 1984. Vol. 7, No 4. P. 94.
6. *Ryuta J., Morita E., Tanaka T.* Crystal-Originated Singularities on Si Wafer Surface after SC1 Cleaning // Japanese Journal of Applied Physics. 1990. Vol. 29. P. L1947.
7. Fundamentals of Ultrasonic & Megasonic Cleaning / Cleaning Technologies Group PROCESS CLEANING Magazine, November/December 2009. URL: <http://www.ctgclean.com/blog/wp-content/uploads/Fundamentals-of-Ultrasonics.PDF> (дата обращения 27.03.2020).
8. *Schwartzman S., Mayer A., Kern W.* Megasonic Particle Removal from Solid-State Wafers // RCA Review. 1985. Vol. 46. P. 81 - 108.
9. *Kanegsberg B., Kanegsberg E.* Handbook for critical cleaning. CRC Press LLC. 2001. 638 p.
10. *Keswani M.* Megasonic cleaning of wafers in electrolyte solutions: possible role of electro-acoustic and cavitation effects: diss. PhD with a major in chemical engineering: 04.15.2008. 215 p.
11. *Miyamoto M., Kita N., Ishida S., Tatsuno T.* Prevention of Micro-roughness Generation on the Silicon Wafer Surface in Buffered Hydrogen Fluoride by a Surfactant Addition // J. Electrochem. Soc. 1994. Vol. 141, No. 10. P. 2899 - 2903.

**Обоснование выбора материалов печатной платы для автомата защиты блока управления системы приема и преобразования информации**

*О.А. Иванова, студент бакалавриата института НМСТ,  
Н.Е. Коробова, д.х.н., профессор института НМСТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: levenokk98@gmail.com, korobova3@mail.ru*

**Reason for the choice of printed circuit board materials for the circuit breaker of the control unit of the information reception and conversion system**

*O.A. Ivanova, undergraduate student at the Institute NMST,  
N.E. Korobova, Dr.Sc.Chem., Professor, at the Institute NMST,  
National Research University "MIET",  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Представлены результаты рационального выбора материалов и технологических решений применительно к возможности изготовления печатной платы для автомата защиты блока управления системы приема и преобразования информации.

**Abstract**

The results of a rational choice of materials and technological solutions are presented in relation to the possibility of manufacturing a printed circuit board for a circuit breaker of a control unit of a system for receiving and converting information.

**Ключевые слова:** печатная плата, САПР, материалы, стеклотекстолит, расчет частотных характеристик, собственные частоты.

**Keywords:** printed circuit board, CAD, materials, fiberglass, calculation of frequency characteristics, natural frequencies.

Тенденции развития высокоскоростных систем связи привели к повышению требований к электрическим характеристикам материала печатной платы. Как выбрать материал, который соответствует элек-

трическим характеристикам и обладает ценовой конкурентоспособностью, стало общей заботой дизайнеров печатных плат в области сетей связи. Растущий спрос на высокое качество и эффективность в производстве ведет к разработке все более сложных систем. В то же время требования к безопасности и доступности увеличиваются. Целью данной работы является обоснованный выбор материала печатной платы для автомата защиты блока управления системы приема и преобразования информации.

Наиболее распространенным материалом для стандартных односторонних, двусторонних и многослойных печатных плат является стеклотекстолит FR4. Эта марка стеклотекстолита обладает хорошими диэлектрическими свойствами, стабильностью характеристик и размеров, высокой устойчивостью к воздействию неблагоприятных климатических условий.

Поставщики слоистых материалов постоянно совершенствуют свои продукты, стремясь удовлетворить потребности производителей печатных плат [1]. Требования поставщиков комплектующих стимулируют применение полимерных систем с более низким фактором рассеивания и диэлектрической проницаемостью  $D_k/D_f$ , более высокой температурой стеклования  $T_g$ , более высокой температурой разложения  $T_d$ , более высокими результатами при температурах равных 288, 300 и 320 °C и пониженным влагопоглощением [2]. Появляются более перспективные марки ламинатов, например, способные выдерживать высокую температуру пайки бессвинцовых припоев.

В качестве материала проводящего рисунка применяют электроосажденную гальваностойкую или катанную отожженную медную фольгу. При этом катанная фольга имеет более высокие механические характеристики, по сравнению с электроосажденной [3]. Толщина катанной медной фольги обычно составляет 18 или 35 мкм.

Для паяльной маски - обязательного теплостойкого защитного покрытия, служившего защитой участков печатных плат от негативного воздействия флюса и припоя, а также влияния окружающей среды и механических воздействий, может быть предложена полиимидная или ПЭТФ плёнка с нанесённой с одной стороны слоем адгезива. Возможно использование жидкой фотопроявляемой композиции, которая наносится методом сеткографии и имеет высокие показатели точности совмещения вырезов [4].

Маркировка печатной платы, во время которой на плату наносится информация о расположении электронных компонентов, способствующая

щая облегчить процесс сборки, регулировки и ремонта, осуществлялась методом сеткографии специальной краской (с термическим или УФ отверждением) белого, желтого или черного цвета. Маркировка печатных плат соответствовала ГОСТ 30668-2000.

При выборе материала печатной платы учитывались следующие характеристики: высокая механическая прочность; хорошие электроизоляционные свойства; высокая нагревостойкость; хорошая теплопроводность; низкие электрические потери; ТКЛР, близкий к коэффициенту проводящей пленки; высокая степень адгезии печатных проводников.

В табл.1 представлены различные марки стеклотекстолита и их характеристики.

*Таблица 1*

**Сравнительная характеристика марок фольгированного стеклотекстолита [5]**

Марка	Модуль упругости $E \cdot 10^{10}, \text{Н/м}^2$	Плотность $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$	Коэффициент Пуассона $\nu$	Тангенс угла диэлектрических потерь
СТФ-2-35	2,00	2,12	0,150	0,0300
FR408	3,69	2,00	0,162	0,0094
ФН	1,85	1,59	0,110	0,0160
ВФТ	1,80	1,75	0,150	0,0168

Исходя из приведенных в таблице характеристик, был выбран стеклотекстолит марки FR408, так как он имеет наилучшую сопротивляемость механическим деформациям, обладает удовлетворительной плотностью, а, следовательно, не самой большой массой, но достаточные прочностные характеристики, имеет малые электрические потери, и наиболее приемлемый коэффициент Пуассона, определяющий хрупкость материала. Ламинат FR408 имеет высокие температуры стеклования - 180 °С, и разложения - 360 °С, и может применяться в совокупности с бессвинцовыми припоями. Стеклотекстолит ламинирован медной фольгой толщиной 35мкм, что удовлетворяет конструктивным требованиям.

В табл.2 и 3 приведены исходные данные для расчета собственной частоты печатной платы с элементами и промежуточные расчеты.

Таблица 2

## Исходные данные для расчета собственной частоты печатной платы с элементами

Материал платы	Модуль упругости $E \cdot 10^{10}$ , Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент Пуассона $\nu_{II}$	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Габаритные размеры, мм	Способ закрепления
FR408 Isola	3,65	0,162	2000	200x120x1,5	Точечный (n = 7)

Таблица 3

## Расчет массы элементов, закрепленных на плате

Название элемента	Количество	Масса m, г	Всего
Транзисторы 2П7210Б9	16	0,71	11,36
Диоды 2Д522Б	16	1,50	24,00
Резисторы P1-12 0,125	32	0,01	0,32
Резисторы P1-12 0,5	16	0,04	0,64
Микросборка 249КП15БР	8	1,10	8,80
Стабилитроны 2С510А1	16	1,00	16,00
Конденсаторы К10-17В	32	0,08	2,56
Вилки СНП377	24	0,50	12,00

Суммарная масса компонентов, закрепленных на плате, составляла 75,68 г. Математический расчет колебаний печатной платы проводился при учете следующих условий: нагрузка равномерно распределена по всей площади платы, проведённая трассировка и монтируемые элемент не изменяют её жесткости. Для расчёта использовался метод Ритца, (масса компонентов и способ закрепления платы).

Расчет цилиндрической жёсткости пластины осуществлялся по формуле:

$$D = \frac{E \times h^3}{12\sqrt{(1-\nu^2)}} \quad (1)$$

где  $E$  - модуль упругости, Н/м<sup>2</sup>;  $\nu$  - коэффициент Пуассона материала пластины;  $h$  - толщина, м.

$$D = \frac{E \times h^3}{12 \sqrt{(1-\nu^2)}} = \frac{3,65 \times 10^{10} \times (1,5 \times 10^{-3})^3}{12 \sqrt{(1-0,162^2)}} \approx 10,54 \text{ Н} \times \text{м} \quad (2)$$

Расчет приведенной массы для учета массы компонентов, закрепленных на плате:

$$m_{\text{пр}} = \rho h + \frac{m_3}{ab}, \quad (3)$$

где  $m_3$  - масса компонентной базы, кг;  $m_{\text{пр}}$  - приведенные к площади пластины массы радиоэлементов и печатной платы, кг/м<sup>2</sup>;  $a, b$  - размеры сторон пластины, м.

$$m_{\text{пр}} = \rho h + \frac{m_3}{ab} = 2000 \times 0,0015 + \frac{75,68 \times 10^{-3}}{0,2 \times 0,12} \approx 6,15 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (4)$$

Полученные значения были использованы для расчёта собственной частоты печатной платы для семиточечного вида закрепления:

$$f_H = 1,57 \left( \frac{0,25}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{D}{m_{\text{пр}}}} = \left( \frac{0,25}{0,2^2} + \frac{1}{0,12^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{10,54}{6,15}} \approx 155,6 \text{ Гц.} \quad (5)$$

Для упрощенной трехмерной модели печатной платы были использованы специальные САПР, например, CreoSimulate, CreoParametric. Расчет частотных характеристик проводился при условии, что в качестве ограничений принимается закрепление платы по семи отверстиям. Считаем, что компоненты плотно контактируют с платой печатной по всей нижней поверхности компонентов (за исключением диодов и стабилитронов).

С помощью инструмента «Смещение» задавалось закрепление в отверстиях платы, (для этого с зажатым клавишей Ctrl необходимо щелкнуть по цилиндрическим поверхностям отверстий платы). Далее принимались выбранные ограничения, после чего открывалось окно «Анализ и исследования», создавался новый модальный анализ. По завершении расчетов с помощью инструмента «Просмотр результатов исследования» результаты выводились на экран. Результаты расчетов представлены на рис. 1.



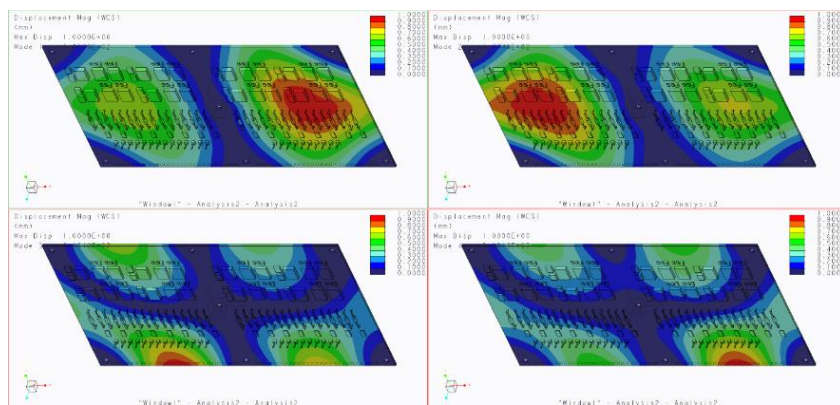


Рис.1. Влияние резонансных частот на плату с элементами

На рисунке цветом обозначены области наибольшего относительного перемещения точек печатной платы при воздействии внешних частот, равных собственным частотам первых четырех гармоник. Резонансные частоты, полученные в итоге проведенных расчетов, приведены в табл.4 для анализа полученных результатов.

Таблица 4

**Сравнение результатов расчетов**

	Оценочный расчет в Excel	Расчет в CreoSimulate
Резонансная частота, Гц	155,6	165,9
		177,5
		303,1
		308,1

Разность полученных значений связана с тем, что расчет в Excel является оценочным расчетом, в нем не учитывается наличие подвязочных отверстий, а также расположение компонентов на плате. Для получения более точных данных проводился расчет с помощью САПР CreoSimulate. Для обеспечения транспортабельности печатной платы собственная частота должна не менее 50 Гц. Полученные данные удовлетворяют этому требованию.

### Используемые источники

1. *Медведев А.* Перспективный материал изготовления печатных плат устройств СВЧ-диапазона // Печатный монтаж. 2017. № 5. С. 184 - 187.
2. *Комаров С.* Современные материалы и решения для конструирования и производства печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2017. № 4. С. 40 - 44.
3. *Латыпов Р.Р., Солдатов А.Ю.* Применение материала САФ при изготовлении печатных плат для аппаратуры систем управления в ракетно-космической технике // Ракетно-космическая техника. 2015. № 1. С. 265 - 261.
4. *Смирнова О., Боброва Ю.* Защита переходных отверстий печатных плат полимерными материалами // Технологии в электронной промышленности. 2017. № 7. С. 33 - 38.
5. Isola FR408 High Performance Laminate and Prepreg Data Sheet // Isola-group URL: <https://www.isola-group.com/products/> (дата обращения: 15.11.2019).

**Особенности моделирования на прочность элементов протеза руки**

*М.П. Пшеничникова, магистрант института НМСТ,  
Н.Е. Коробова, д.х.н., профессор института НМСТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: m.pshe@yandex.ru, korobova0210@gmail.com*

**Features of modeling the strength of the prosthetic hand elements**

*M. Pshenichnova, graduate student at the Institute of NMST,  
N. Korobova, Dr. Sc. Chem, professor at the Institute of NMST,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье рассматриваются потребности в технологии, заменяющей часть тела и их функции. Представлены проблемы, связанные бионическими протезами конечностей у нас и за рубежом. Рассмотрены основные направления в создании не просто базовых, стабилизирующих заменителей конечностей, но заменителей, которые позволяют человеку не чувствовать своих недостатков. Предложена модель бионической руки, оснащенной различными датчиками, встроенными в руку, для определения положения руки и веса груза. Эти датчики контролируют, когда согнуть руку, повернуть руку вперед, а также могут определять скорость движения, позволяя ему соответствующим образом регулировать движение.

**Abstract**

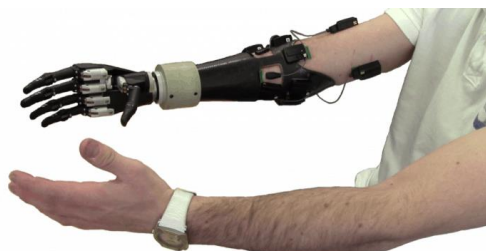
The article discusses the needs for technology that replaces body parts and their functions. The problems associated with bionic limb prostheses are presented in Russia and abroad. The main directions in the creation of not only basic, stabilizing substitutes for limbs, but substitutes that allow a person to not feel their shortcomings are considered. A model of a bionic arm equipped with various sensors built into the arm is proposed to determine the position of the arm and the weight of the load. These sensors control when to bend your hand, turn your hand forward, and can also determine the speed of movement, allowing it to adjust the movement accordingly.

**Ключевые слова:** бионический протез, модель, сенсор, прочность.

**Keywords:** bionic prosthesis, model, sensor, strength.

В технике существует постоянные попытки сопоставления или копирования природы, особенно остро это связано со здоровьем человека. Это всегда сложная задача, и успехи человечества в этом плане пока относительно редки. Разработать какое-либо устройство, которое должно будет выполнять ту же функцию, что и естественная часть тела, или координировать его с естественными процессами, так же сложно, как и получить. А замена отсутствующих или потерянных конечностей - один из самых ярких примеров прогресса, которого сегодня достигла наука [1].

Основные проблемы, связанные с развитием протезирования, заключаются в разработке механической конечности [2 - 3]. С ростом миниатюризации электродвигателей и достижений в области вычислительной мощности это становится менее сложной задачей, чем вторая проблема - способ соединения протеза с телом человека (рис.1).



*Рис.1.* Нейромиоэлектрический интерфейс протеза руки и запястья

Самые современные протезы, доступные сегодня, имеют некоторую степень умственного контроля, но не имеют сенсорной обратной связи. Контроль достигается благодаря явлению, называемому миоэлектричеством. Остальные мышцы культи продолжают реагировать, когда пользователь «перемещает» отсутствующую конечность, что приводит к появлению электрических сигналов на коже, которые могут быть обнаружены датчиками, установленными в гнезде. Хотя эти сигналы могут не точно соответствовать движениям, которые могла бы сделать отсутствующая конечность, пользователь может научиться делать движение протеза желаемым образом [4].

Искусственные руки, которые в настоящее время часто используются в бионических протезах, содержат элементы для накопления энергии во время нагрузки на руку. Эти особенности способствуют комфортному и энергоэффективному движению [1 - 4]. Механика

различных версий рук на основе гибкой кисти следуют принципам, описанным в нескольких патентах [2 - 3].

Движение рук человека можно описать как плавное продвижение между несколькими фазами. Модель и предлагаемые методы оптимизации ориентированы на характеристики кисти, поскольку фаза захватывания предмета и подъем требуют наибольшей энергии в течение цикла движения. Обоснование мотивации этого исследования было нами изложено в [4], где мы рассматривали модель конструкции бионического протеза, способного преобразовывать импульсы мышечной ткани в движение протеза, благодаря наличию сенсорной системы. Цель данного исследования - выявление особенностей моделирования прочностных элементов протеза руки.

Миоэлектрический контроль сильно зависит от соответствия между культей и протезом, потому что датчики, которые обнаруживают мышечный сигнал, должны быть точно размещены на «правильном» участке кожи. Эта технология лучше всего подходит для рук и кистей.

Геометрическое 3D моделирование протеза кисти и задание материала осуществлялось средствами системы КОМПАС-3D. С помощью АРМ FEM можно было использовать нагрузки различных типов, указывать граничные условия, создавать конечно-элементную сетку и выполнять расчет. При этом процедура генерации конечных элементов проводилась автоматически.

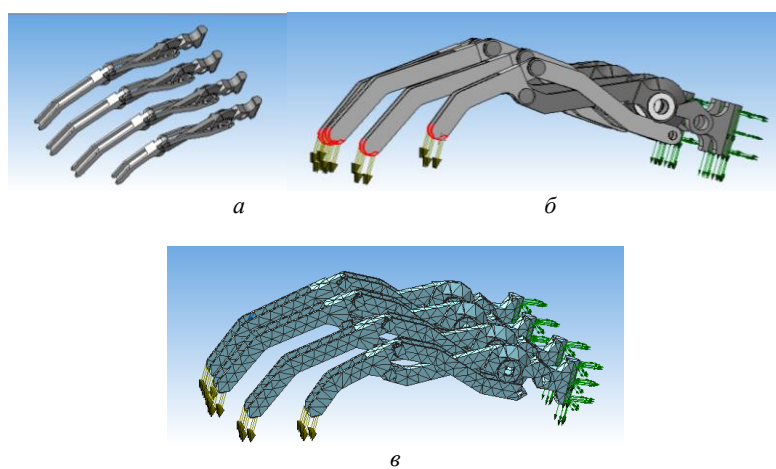
АРМ FEM позволил провести следующие виды расчетов: статический расчет; расчет на устойчивость; расчет собственных частот и форм колебаний; тепловой расчет. Основными параметрами при построении конечно-элементной сетки являются: максимальная длина стороны элемента, максимальный коэффициент сгущения на поверхности и коэффициент разрежения в объеме.

Сборка 3D-модели протеза руки, используемая в данном исследовании, включала в себя более 35 различных деталей. С помощью прочностного расчета АРМ FEM САПР КОМПАС-3D произведен статический расчет элементов сборки. Для соединительных деталей, таких как гайки, винты, шайбы и др., применялись свойства материала в соответствии с 10 ГОСТ 1050-88. Для расчета деталей корпуса протеза применялись прочностные свойства материала пластика PA 2200. Это прочный белый пластик, который легко поддается постобработке, идеально подходит как для первых экспериментов в 3D-печати, так и для сложных геометрических форм. Так же следует учитывать, что данный пластик немного пористый, поэтому может впитать в себя некоторое коли-

чество влаги. Кратковременное пребывание в воде ему не повредит, но можно использовать такие защитные покрытия как акриловые лаки или грунтовки. Рекомендуется делать стенки корпуса не менее 1 мм, в нашем случае толщина стенок корпуса будет 2 мм, что обеспечит достаточную жесткость корпуса и небольшой вес модели в конечном итоге.

Компонентами механизма являются двухфазные микро-шаговые двигатели J735, которые работают от постоянного тока и напряжения +5 В. Габариты 13×22×8 мм двигателя позволяют уместить его в частях пальца протеза руки.

Для определения деформации соединительных деталей, которая может привести к отказу протеза, были использованы данные предела выносливости при растяжении стали 10. Значение предела прочности на разрыв для пластика PLA было 62 МПа в соответствии с методикой ASTM D790 при условии измерения 2.8 мм/мин. Проведен статический расчет на прочность пальцев протеза. Удельная сила по площади была приложена к каждому пальцу, с каждым увеличением на 10Н, что соответствует программе испытаний по ГОСТ Р ИСО 22523-2007 . Протезы конечностей и ортезы были наружные. На рис.2 представлена сборка протеза, на рис.3 приведены результаты расчетов.



*Рис.2.* Сборка пальцев протеза руки: *а* - общий вид; *б* - демонстрация приложенной удельной силы по площади и закрепления к неподвижной опоре; *в* - результат построения конечно-элементной сетки

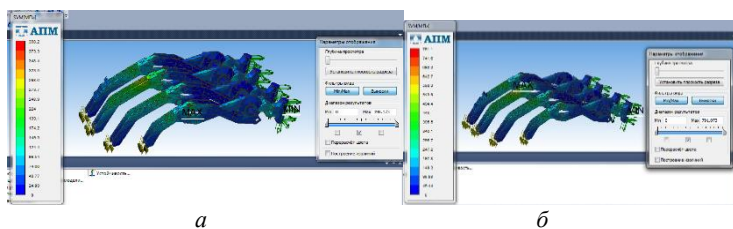


Рис.3. Карта результатов статического расчета на прочность при приложенной удельной силе по площади: *а* - 10Н; *б* - 20Н

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что вероятность критических деформаций наиболее высока в области ногтя среднего пальца, где напряженность составляет порядка 400 МПа при приложенной удельной силе по площади в 20 Н.

Моделирование на прочность проводилось с использованием САПР КОМПАС-3D версии V16.1 в соответствии с программой испытаний по ГОСТ Р ИСО 22523-2007. Известные активные суставы часто используют пневматику для создания реалистичных движений, управляемых электронными приводами.

Для разработки корпуса протеза использовался САПР Creo Parametric. Для механизма движения пальца руки, была создана 3D модель частей пальца. Модели могут быть полыми, что позволит решить вопросы массо-габаритных характеристик протеза и размещения самого механизма. Крепеж двигателя осуществлялся путем торцевого закрепления с помощью отверстий в двигателе и части пальца и верхним закреплением за счет плотного удержания планкой, которая крепится через отверстия к части пальца, самого двигателя. Двигатель крепится посередине части пальца относительно продольного сечения с учетом запаса для движения планок и гайки внутри части пальца.

Исследования были посвящены процедуре оптимизации: важно было найти верхнюю границу упругости, выше которой протез становится жестким, и нижнюю границу, ниже которой упругость руки приведет к изменению крутящего момента в суставе. Другими словами, мы оценивали пределы эластичности, чтобы она соответствовала модели здоровых кистей рук. Моделирование использовало антропометрические данные от здоровых людей. Мы использовали программный инструмент, который может минимизировать крутящий момент сустава на основе биометрических данных объекта.

В дальнейшем предполагается следующий этап исследований, направленный на предоставление сенсорной обратной связи пользователям протеза. Для этого будут использованы датчики в пальцах протеза для определения температуры, давления и сдвига (последний из них определяется датчиком, который реагирует на усилие, действующее в боковом направлении на поверхность, а не перпендикулярно).

Таким образом, протезирование в значительной степени делится на два направления: усовершенствование современной технологии на основе сокетов, новые системы, непосредственно интегрированными в корпус. Основным требованием последнего является наличие системы, которая прививается на скелет с помощью процесса, известного как остеоинтеграция. Это требует разработки металлических систем, которые могут быть вставлены в стержень кости или прикреплены к нему, после чего врожденные процессы заживления организма врастают живую кость непосредственно на металл и в него. В последние годы 3D-печать и передовые методы нанесения покрытий значительно помогли разработать технологию, поскольку они позволяют изготавливать на заказ формы, подходящие для костной ткани.

Компании во всем мире проводят исследования по улучшению качества жизни: в Великобритании ведутся разработки стандартизированного интерфейса, который будет стоить около 10000 фунтов стерлингов за единицу и может быть включен в верхнюю имплантированную конечность; а в университете Юты командой, возглавляемой Грегори Кларком создан на сегодняшний момент самый умный в биомедицинской инженерии протез руки.

Работа выполнялась в соответствии с Договором №9/1251/2019 о предоставлении гранта на государственную поддержку центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций.

#### **Используемые источники**

1. Orthopedic prosthetics market - growth, trends, and forecast (2019 - 2024) [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/orthopedic-prostheticmarket?gclid>.

2. Патент на изобретение № 2572588 от 14.12.2015 г. «Способ изготовления электронных узлов на гибком носителе без процессов пайки и сварки». *Вертянов Д.В., Назаров Е.С., Тимошенко С.П., Петров В.С., Коробова Н.Е.*



3. *George J.A., Kluge D.T., Davis T.S. et. al.* Biomimetic sensory feedback through peripheral nerve stimulation improves dexterous use of a bionic hand // *Science Robotics*. 2019. Vol. 4. Issue 32. eaax2352  
DOI: 10.1126/scirobotics.aax2352.

4. *Pshenichnova M., Korobova N., Shchipco V.* Development of Bionic Prosthetic Arm Design and Neural Network for its Training and Management // 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), p. 2160 - 2163.  
DOI: 10.1109/EIconRus49466.2020

**Особенности проектирования гибко-жесткой печатной платы датчика угла наклона**

*И.В. Кривонос, магистр института НМСТ,  
В.В. Калугин, д.т.н., профессор института НМСТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: kr.ivan1995@gmail.com, viktor118@mail.ru*

**Features of designing a flex-rigid printed circuit board of the tilt sensor**

*I.V. Krivonos, graduate student of the Institute NMST,  
V.V. Kalugin, Dr.Sc.Eng., full Professor at the Institute of NMST,  
National Research University of Electronic Technology (MIET),  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Описаны конструктивные и технологические особенности проектирования гибко-жесткой печатной платы датчика угла наклона. Была разработана модель печатной платы в САПР Altium Designer 16. На основании технологических и конструктивных особенностей разработки датчика угла наклона выполнена топология печатной платы.

**Abstract**

The design and technological features of the design of a flexible-rigid printed circuit board of the tilt sensor are described. A PCB model was developed in CAD Altium Designer 16. Based on the technological and design features of the development of the tilt sensor, the topology of the printed circuit board was completed.

**Ключевые слова:** датчик угла наклона; гибко-жесткая печатная плата; чувствительный элемент; акселерометр

**Keywords:** tilt sensor; flex-rigid printed circuit board; sensing element; accelerometer

Разработка и производство новых сенсоров является актуальной проблемой для микроэлектронного приборостроения, которая может быть решена с помощью применения новых технологий, технических

решений и методик проектирования. Наиболее актуальными задачами, которые стоят перед разработчиками, являются уменьшение массо-геометрических характеристик изделия, развитие и улучшение технологии производства, а также проверка проектов до начала фактического производства при помощи современных систем автоматизированного проектирования.

Гибко-жесткие печатные платы - это различные структуры гибких шлейфов, которые содержат одно-, двух- и многослойные типы межсоединений. Могут быть полностью гибкими или представлять собой комбинирование гибких и жестких частей.

Выбор гибко-жесткой печатной платы обусловлен конструктивными особенностями разрабатываемого устройства (рис.1), а также позволяет уменьшить габариты и вес конструкции, повышает надежность и обеспечивает динамическую гибкость соединений, позволяет отказаться от соединительных разъемов и упростить монтаж.

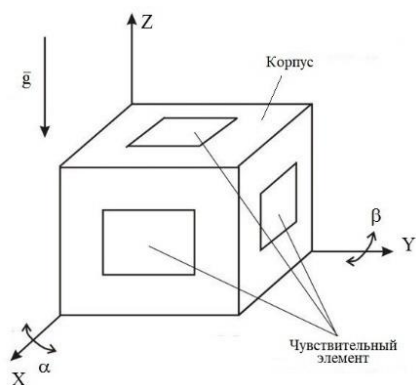


Рис.1. Компонировочная схема датчика угла наклона:  
 $\alpha$  - угол отклонения от оси  $OX$ ;  $\beta$  - угол отклонения от оси  $OY$

Разрабатываемый датчик угла наклона базируется на трех чувствительных элементах (акселерометрах), взаимно перпендикулярно расположенных в герметичном корпусе. Каждый акселерометр выдает сигнал пропорциональный проекции вектора силы тяжести ( $g$ ) на его ось чувствительности ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ). Такая конструкция позволяет повысить точность измерения прибора за счет использования третьего акселерометра, измерительная ось которого расположена вдоль оси  $Z$  [1]. Также,

такое конструктивное решение позволяет использовать датчик в динамических системах, наряду со статическими, ввиду его высокой чувствительности.

При проектировании гибко-жесткой печатной платы нужно, в первую очередь, обратить внимание на совместимость смежных материалов в конструкции. Структура таких плат, обычно, выглядит следующим образом:

- базовый материал;
- адгезив;
- металлическая фольга или фольгированный материал;
- покровные пленки.

Основным материалом, который используется для производства гибко-жестких печатных плат, являются полиимидные пленки. Они обладают достаточно высокой гибкостью при различных температурах, имеют хорошие электрические свойства, отличную химическую стойкость и довольно хорошую устойчивость к разрыву.

Для соединения медной фольги с базовой пленкой, а также объединения слоев в многослойных и гибко-жестких конструкциях, используются адгезивы. Акриловый адгезив, в отличие от эпоксидного клея, хорошо сочетается с полиимидными пленками, так как тоже травится в щелочи и имеет такой же коэффициент расширения, а также не разрушает их хрупкую структуру [2]. Однако, эпоксидный клей хорошо подходит для склеивания жесткой части гибко-жестких печатных плат.

Медь имеет хорошую проводимость, пластичность и однородность с материалами металлизации межсоединений (глухих и сквозных отверстий), которые тоже выполняются медью, а также обладает хорошей адгезией. Поэтому медную фольгу чаще всего используют для создания проводящего рисунка.

Аналогом паяльной маски в гибко-жестких печатных платах служат покровные пленки (защитные слои), правильное применение которых увеличивает устойчивость гибкой части к перегибам.

Для образования жесткой части многослойной платы используется связующий материал - препрег. Смолы, которые входят в его состав, имеют достаточно большую температуру стеклования и обеспечивают более высокую рабочую температуру и относительно низкий коэффициент расширения, что позволяет увеличить надежность металлизированных отверстий. Адгезивы такими свойствами не обладают, поэтому необходимо обозначить области, требующие наличия адгезива и области, которые должны быть свободны от него (рис.2).

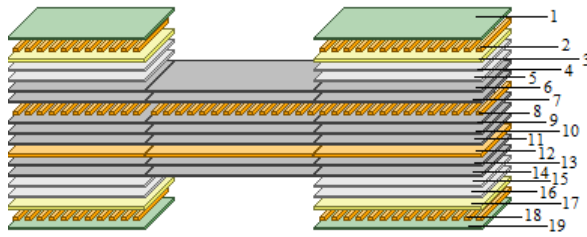


Рис.2. Структура 4-слойной гибко-жесткой печатной платы

Структура и толщина слоев представлены в табл.1.

**Таблица 1**

**Структура 4-слойной гибко-жесткой печатной платы**

Номер слоя	Структура слоя	Толщина, мм
1, 19	Маска (защитный слой)	0,025
2, 18	Медь + металлизация (Тор и Bottom)	0,05
3, 17	Ядро FR-4 (диэлектрик)	0,4
4,5,15,16	Препрег 1080 (диэлектрик)	0,063
6,10,14	Полиимид	0,0125
7,9,11,13	Адгезив	0,0125
8, 12	Медь (внутренние слои)	0,0175

Здесь два внутренних слоя меди рассматриваются и как проводящие слои в жесткой части, и как соединительные слои в гибкой части. Внешние слои (Тор и Bottom) должны быть разведены только в жестких частях. Основное, что необходимо соблюдать для обеспечения технологичности в производстве - это одинаковая толщина и структура слоев для всех жестких частей печатной платы, а также одинаковая конструкция и количество слоев для всех гибких частей [3].

Стоимость материалов гибко-жесткой печатной платы в 2 - 3 раза выше чем для обычных жестких плат, поэтому необходимо оптимизировать расположение выводов в самом начале проектирования. Это позволит избежать сложных и дорогостоящих пересечений в гибких соединениях, а также уменьшить количество слоев. Другим немаловажным фактором является то, что большое количество слоев приводит к увеличению толщины платы, существенному увеличению радиуса изгиба (рис.3) и нагрузок на материалы, а также потере гибкости.

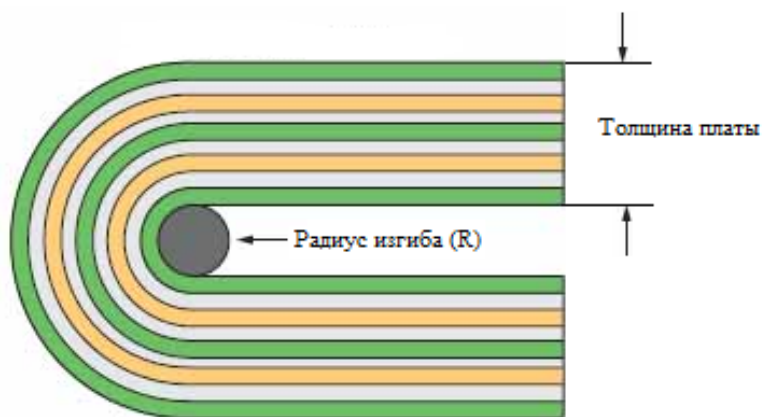


Рис.3. Радиус перегиба двусторонней гибкой части

Устанавливая величину допустимой деформации меди, можно определить минимальный радиус изгиба [4]:

$$R = \frac{\left(\frac{d}{2} + C\right) \times (100 - E_B)}{(E_B - D)}, \quad (1)$$

где  $R$  - минимальный радиус изгиба, мм;  $C$  и  $D$  - толщина меди и диэлектрика соответственно, мм;  $E_B$  - величина деформации меди, %;  $d$  - толщина ламинированного диэлектрика, мм.

Для печатных плат с однократным сгибанием используется предельное удлинение меди на разрыв 16 %, с изгибанием платы при ее установке - 10 %, а для динамических гибких плат - 0,3 %.

Минимальный радиус изгиба должен не менее чем в 10 раз превосходить толщину гибкой части:

$$T = 2D + d + 2C \quad (2)$$

Таким образом оценим радиус изгиба при однократном сгибании ( $E_B = 16\%$ ):  $R = 0,371$  мм;  $R/T = 2,3$ .

Для установки ( $E_B = 10\%$ ):  $R = 0,69$  мм;  $R/T = 4,3$ .

Для многоцикловой ( $E_B = 0,3\%$ ):  $R = 28,17$  мм;  $R/T = 176$ .

Допустимый радиус перегиба для двусторонней гибко-жесткой печатной платы должен составлять от 6 до 10 толщин платы. При этом радиус изгиба надо стараться оставить максимально возможным [5].

При проектировании гибко-жесткой печатной платы необходимо обратить внимание на количество сигнальных проводников, которые

должны пройти через гибкую часть, ширину проводников и расстояние между ними.

Для обеспечения максимальной надежности и динамического времени жизни при статической гибкости проводники в изгибаемой части должны:

- быть перпендикулярны к направлению изгиба;
- иметь максимальную ширину в области изгиба;
- быть равномерно распределены по области изгиба;
- иметь постоянную ширину;
- быть расположены в «шахматном» порядке в соседних слоях;
- иметь минимальное количество слоев в гибкой части.

Применение проводников с острыми углами и изгибами создаст концентрацию магнитных полей и приведет к отражению сигнала в месте изгиба, поэтому необходимо «сглаживать» углы проводников (рис.4).

Также, наличие большого количества переходных отверстий приводит к возникновению многочисленных паразитных индуктивностей, поэтому их следует использовать только в случае необходимости.



Рис.4. Сглаживание углов проводников

Для обеспечения заземления в многослойных печатных платах хорошим вариантом будет использование отдельного слоя, полностью заполненного медью. Такой слой послужит электромагнитным экраном и значительно уменьшит электромагнитные помехи из-за своего низкого сопротивления.

В четырехслойных печатных платах важно, чтобы питание и заземление обеспечивались двумя внутренними слоями. Это гарантирует хорошую электромагнитную развязку компонентов на противоположных (внешних) слоях печатной платы, а внутренние слои будут служить экраном.

Керамические конденсаторы рекомендуется располагать максимально близко к выводу микросхемы и соединять короткими широкими проводниками.

При выборе компонентой базы приоритет отдавался компонентам для поверхностного монтажа, так как это позволяет уменьшить массово-габаритные показатели устройства при сохранении его функциональных возможностей.

Для трассировки выбираем третий класс точности. Он обеспечивает достаточно высокую плотность проводящих дорожек и монтажа при довольно простом технологическом процессе производства печатных плат.

В результате была разработана модель гибко-жесткой печатной платы и выполнена трассировка межконтактных соединений. Данная модель положена в основу разработки датчика угла наклона для мониторинга неподвижных объектов.

#### **Используемые источники**

1. *Анчутин С.А., Морозова Е.С., Головань А.С., Максимов В.Н., Шилов В.Ф.* Инклинометр микромеханический двухосевой ИМД-9 // Сенсоры и системы. 2011. № 2.
2. *Мылов Г.В.* Печатные платы: выбор базовых материалов. М.: Горячая Линия - Телеком, 2016.
3. *Мылов Г.В., Медведев А.В., Семенов П.В., Константинов П.Н.* Научные основы проектирования межсоединений на печатных платах. М.: Горячая Линия - Телеком, 2016.
4. *Мылов Г.В., Таганов А.И.* Методологические основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования гибких многослойных печатных плат. М.: Горячая Линия - Телеком, 2014.
5. *Мылов Г.В., Медведев А.М., Семенов П.В., Дрожжин И.В.* Производство гибких и гибко-жестких печатных плат. М.: Горячая Линия - Телеком, 2016.



**Модернизация фрезерного широкоуниверсального  
инструментального станка 6720ВФ2**

*Н.С. Махонин, магистрант института НМСТ,  
П.Н. Разживалов, к.т.н., доцент института НМСТ,  
Ю.В. Золотарев, преподаватель института НМСТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: maxonin.nikita@gmail.com, razzhivalovpavel@gmail.com,  
rk3afw@mail.ru*

**Modernization of a milling universal machine tool**

*N. Mahonin, graduate student at the institute NMT,  
P. Razzhivalov, Ph.D. of Engineering Sciences, associate professor at the  
institute NMT,  
Y. Zolotarev, lecturer of the institute NMT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Изложены результаты модернизации фрезерного широкоуниверсального станка 6720ВФ2. Исследована скорость-моментная характеристика системы подачи станка. Особое внимание уделено методике подбора оптимальной модели электродвигателя для замены старого образца.

**Abstract**

The article has modernization results of the milling universal machine tool 6720VF2. It has been researched a speed-torque characteristic of a machine tool feed system. It has been paid special attention to a selection method of a optimal electric motor model for a replacement of a last sample.

**Ключевые слова:** станок, модернизация, шаговый двигатель, система подачи, скорость-моментная характеристика.

**Keywords:** machine tool, modernization, stepper motor, feed system, speed-torque characteristic.

На сегодняшний день отечественная станкостроительная отрасль не в состоянии в достаточном объеме обеспечить производственные предприятия России [1]. Импортозависимость оборудования обработки материалов продолжает сохраняться на высоком показателе [1, 2]. Также, большинство Российских предприятий не имеют достаточно средств для закупки новых, необходимых для обеспечения технологических процессов, дорогостоящих станков [2, 3]. Для решения проблемы совершенствования технологических и производственных возможностей предприятия часто проводится модернизация станочного оборудования, что позволяет сэкономить на приобретении новых дорогостоящих моделей станков [1].

Одним из направлений модернизации является обновление системы подачи станка для обеспечения более сложного движения, что позволит эффективнее производить обработку заготовок, а замена электроники обеспечит качественный контроль за выполнением всех операций.

Представлены результаты модернизации станка 6720ВФ2. Целью данной модернизации является обеспечение независимого движения всех трех осей подбор оптимального электропривода на основе исследования режима работы системы подач данного станка. Рассматриваются вопросы выбора типа двигателя, методика расчета скорость-моментной характеристики ШВП каждой из осей подачи, а также критерии выбора конкретной модели двигателя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Рассмотреть кинематические схемы и программно-аппаратные схемы функционирования системы ЧПУ.

- Разработать кинематическую и программно-аппаратную схемы модернизированной системы.

- Определить скорость-моментную характеристику каждой оси подач и подобрать привод, проанализировав их характеристики с расчетными.

- Подобрать компоненты управления модернизированной системы.

Основные предъявляемые требования:

- Независимое от работы и приводов других осей движение продольной подачи по осям X, Y, Z.

- Точность одностороннего позиционирования вертикального стола и шпиндельной бабки должна быть не меньше заявленной в РЭ станка 6720ВФ2.

- Все оси подачи должны быть одновременно управляемы.

- Диапазон скоростей рабочих подач величина быстрых перемещений основного вертикального стола и шпиндельной бабки должны быть ограничены в соответствии с РЭ станка 6720ВФ2.

- Модернизированная система управления должна содержать устройство ввода данных (УВД), блок управления станком (БУС).

На рис.1 представлена общая кинематическая схема системы подачи станка.

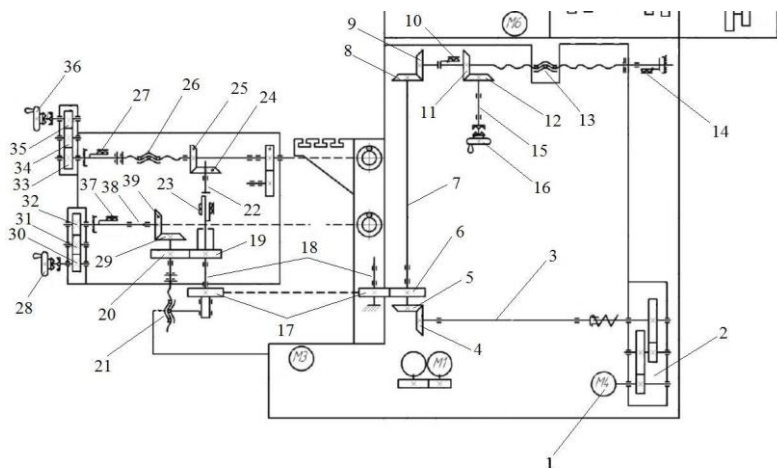


Рис.1. Кинематическая схема механизма подачи станка 6720ВФ2

Движение всей подачи приводится электродвигателем 1. Через редуктор 2 он передает вращающий момент на главный вал привода 3. Через шестерни 4 и 5 данный вал присоединяется к общему валу подачи 7, с которым связаны все оси движения.

Для поперечного перемещения шпиндельной бабки (по оси Y), общий вал 7 через шестерни 8 и 9 соединяется с ШВП 13. Блокировка данной оси производится тормозными муфтами 10 и 14. Ручное перемещение данной оси производится рукояткой 16. Она посажена на вал 15, который соединяется с ШВП через шестерни 11 и 12.

Для перемещения горизонтального стола по оси X и Z, общий вал сперва через шестерни 6 и 17 соединяется с общим валом горизонтального стола 18.

Для вертикального перемещения горизонтального стола (по оси Z), общий вал 18 через шестерни 19 и 20 соединяется с ШВП 21. Блокировка данной оси производится тормозной муфтой 37. Ручное перемещение данной оси производится рукояткой 28. Эта рукоятка через цилиндрический редуктор с шестернями 30, 31, 32 передает вращающий момент на вал 38, который через шестерни 39 и 29 соединен с соответствующей ШВП.

Для продольного перемещения горизонтального стола (по оси X), общий вал 18 соединен с валом 22, и через шестерни 24 и 25 передает вращающий момент на ШВП 26. Блокировка оси производится тормозными муфтами 27 и 23. Ручное перемещение стола по данной оси производится рукояткой 36. Данная рукоятка через цилиндрический редуктор с шестернями 33, 34, 35 передает вращающий момент сразу на ШВП.

Электродвигатель, согласно описанной кинематической схеме, может передать вращение только на одну ось, в то время как остальные блокируются тормозными муфтами. Это накладывает ограничение на технологические возможности обработки. Устранению данного недостатка и посвящена модернизация.

Если обратиться к кинематической схеме на рис.1, то можно увидеть, что все оси имеют выход на ручное перемещение по соответствующим направлениям. Для обеспечения независимого движения, вместо механизма ручного перемещения можно установить привод. Данное решение является наиболее простым и дешевым, т.к. не потребует каких-то серьезных изменений в конструкции передач, однако, ценой тому будет лишение возможности вручную перемещать конструкцию подач.

Основными критериями при выборе типа двигателя являются:

- регулирование скорости для одного устройства по простой схеме;
- высокая точность позиционирования;
- небольшая стоимость двигателя и организации управления двигателем.

Этим критериям удовлетворяет шаговый двигатель (ШД). Для того, чтобы выбрать необходимую модель шагового двигателя из большого числа вариантов, нужно проанализировать режим работы системы подачи для сравнения с характеристиками двигателя. Критерии, по которым будет производиться выбор двигателя, выглядят следующим образом:

1. Удерживающий момент шагового двигателя должен быть в 2 раза больше рассчитанного значения момента в системе подач в состоянии покоя [4]. Если данное значение будет меньше, двигатель будет испытывать повышенное тепловыделение при удержании нагрузки, что уменьшает его рабочий ресурс.

2. Точность позиционирования (шаговый угол) [4] шагового двигателя должна удовлетворять расчетным значениям:

$$E_{\text{шд}} \leq |E| .$$

3. Скорость-моментная характеристика шагового двигателя не должна иметь пересечений со скоростью-моментной характеристикой системы подач станка.

4. Отношение площади скорость-моментной характеристики шагового двигателя к площади скорость-моментной характеристики системы подач должно иметь минимальное значение:

$$\frac{S_{\text{СМХ шд}}}{S_{\text{СМХ шВП}}} \rightarrow \min .$$

5. Экономическая целесообразность использования двигателя в пределах диапазона скоростей подачи.

Для построения плана расчета и построения скорость-моментной характеристики системы подач используется методика [4], применяемая для подбора ШВП. Согласно критериям 1) и 2) были рассмотрены несколько подходящих вариантов ШД. Скорость-моментные характеристики системы подачи и ШД представлены на рис.2.

Из представленного графика видно, что СМХ ШД 80MPH6.300S000-01 пересекает СМХ наиболее нагруженной оси станка, что не удовлетворяет критерию 3). Из оставшихся ШД наиболее близкими к графику оси являются СМХ двигателей 80MPH6.101S000-01 и 86HB250-156B, т.к. по критерию 4) отношение их площадей к СМХ наиболее нагруженной оси наименьшее. Стоимость шагового двигателя 86HB250-156 почти в 3 раза ниже стоимости 80MPH6.101S000, и для работы в диапазоне скоростей работы до 400 об/мин, использование первого, согласно критерию 5), будет наиболее рациональным.

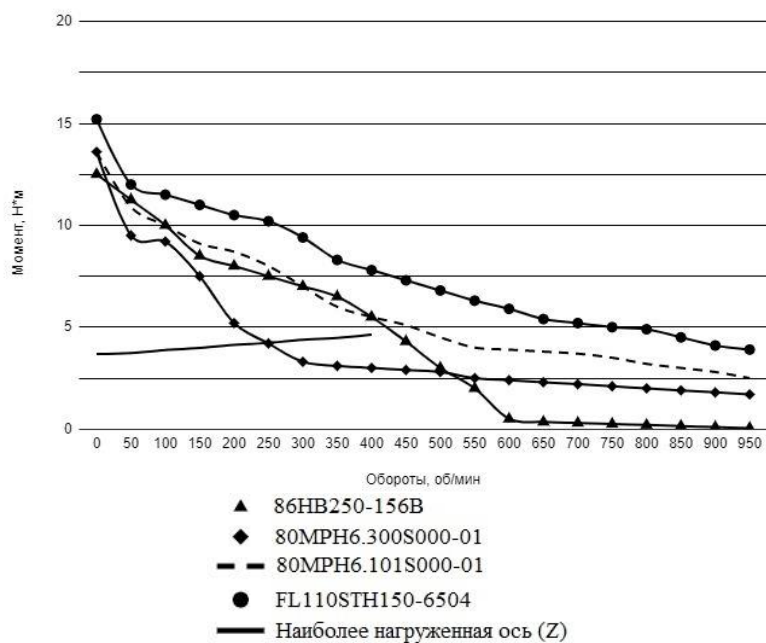


Рис.2. Скорость-моментные характеристики системы подачи станка 6720ВФ2 и некоторых шаговых двигателей

Для организации работы двигателей была собрана новая управляющая система, общий вид которой представлен на рис.3.

#### Заключение

Представлены результаты модернизации системы подачи станка 6720ВФ2, в части обеспечения независимого движения осей.

Определена скорость-моментная характеристика наиболее нагруженной оси станка, что позволило понять, в каких пределах оборотов и крутящего момента на ШВП необходимо выбирать шаговый двигатель.

Согласно критериям оптимальности, выбрана наиболее подходящая модель шагового двигателя, использование которой будет технически и экономически эффективным.

Подобраны электронные компоненты и оборудование для организации управления модернизированной системой подачи.

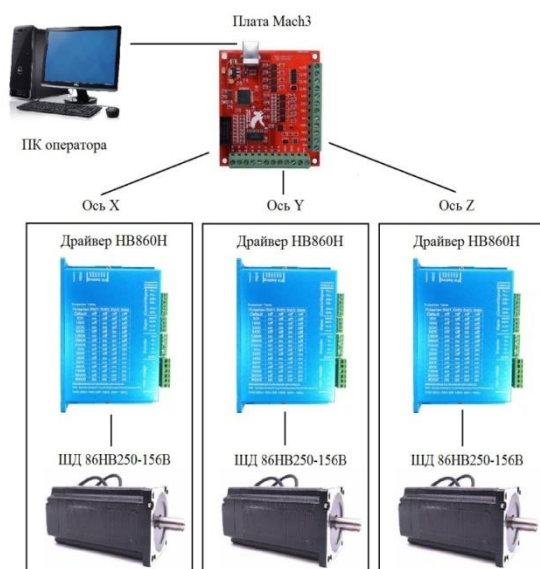


Рис.3. Организация управления модернизированной системой подачи

### Используемые источники

1. Григорьев С.Н. Перспективы развития отечественного станко-строения в интересах обеспечения технологической независимости российского машиностроения // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 1(006). С. 18 - 23.
2. Стратегия развития станкоинструментальной промышленности до 2030 года. М. 2017. [Электронный ресурс] // сайт. - Режим доступа: <http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/docs/strategy/project.pdf>
3. Промышленность. События года [Электронный ресурс] // сайт. - Режим доступа: <https://rg.ru/2018/10/28/minpromtorg-sprognoziroval-rost-obema-proizvodstva-v-stankostroenii.html>
4. Шарико-винтовая передача. ТНК общий каталог. [Электронный ресурс] // сайт. - Режим доступа: [https://thk.ru/cataloguespdf/501RU\\_15\\_BallScrew.pdf](https://thk.ru/cataloguespdf/501RU_15_BallScrew.pdf)

**Обзор современных решений в разработке тепловых акселерометров**

*М.Ю. Нестеров, магистрант института НМСТ,  
Д.В. Вертянов, старший преподаватель института НМСТ,  
С.П. Тимошенко, профессор института НМСТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,*

*e-mail: maksim\_942010@mail.ru, vdv.vertyanov@gmail.com, spt@miee.ru*

**Overview of modern solutions in the development of thermal accelerometers**

*M.Yu. Nesterov, graduate student of the Institute NMST,  
D.V. Vertyanov, senior lecturer at the Institute of NMST,  
S.P. Timoshenkov, Professor of the Institute NMST,  
National Research University of Electronic Technology (MIET),  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследований, разработок и современных тенденций в области сенсорных датчиков ускорения. Рассмотрена упрощенная модель теплового (конвективного) акселерометра на основе решений двух одномерных уравнений конвективного теплопереноса в смежных областях. Рассмотрены вопросы применения таких датчиков. Дополнительно, в статье поднята проблема тепловых акселерометров по отношению к другим типам таких датчиков.

**Annotation**

The article presents the results of research, development and current trends in the field of sensor acceleration sensors. A simplified model of a thermal (convective) accelerometer based on the solutions of two one-dimensional convective heat transfer equations in adjacent areas is considered. The issues of the use of such sensors are considered. Additionally, the article raises the problem of thermal accelerometers in relation to other types of such sensors.



**Ключевые слова:** Тепловой акселерометр, конвекция, сенсорная пленка, КМОП, МЭМС, ТКС, печатная плата, полиимидная пленка.

**Keywords:** Thermal accelerometer, convection, sensor film, CMOS, MEMS, TKS, printed circuit board, polyimide film.

### **Введение**

Акселерометры являются одними из самых популярных датчиков, используемых в сенсорных системах. Они пользуются высоким спросом в таких областях как автомобильная, медицинская, бытовая электроника и другие [1 - 3]. Наиболее распространенные типы датчиков ускорения, такие как емкостные [4, 5], пьезоэлектрические [6, 7], пьезорезистивные [8, 9] и туннельные [10] - имеют в своей конструкции движущиеся элементы, которые меняют свое положение или форму в соответствии, с приложенным ускорением. Такие акселерометры охватывают более чем 98 % рынка датчиков ускорения, в то время как оставшиеся 2 % занимают тепловые акселерометры (без движущихся элементов). Несмотря на разнообразие рынка акселерометров, существует возможность для поиска новых решений. Это связано с растущими требованиями к точности измерений, которая необходима в такой области как навигация, а также оптимизация технологического процесса для массового применения.

Для сенсорных систем в качестве основной технологии изготовления датчиков применяется кремниевая микротехнология. Производство по такой технологии является дорогостоящим и технологически сложным процессом. В настоящее время, в качестве потенциальной альтернативы кремниевой микротехнологии может применяться классическая технология производства печатных плат.

**Принцип работы.** Принцип работы тепловых акселерометров основывается на тепловой конвекции и заключается в измерении величины смещения шара нагретого воздуха (сейсмической массы) при его движении с ускорением в герметичной воздушной полости над полупроводниковой подложкой в корпусе датчика.

Миниатюрность и отсутствие твердотельных движущихся масс позволяют сохранить работоспособность акселерометров при перегрузках в 25 000 g (некоторые акселерометры выдерживают 50 000 g), что доказано проведенными лабораторными испытаниями.

При подаче напряжения питания над нагревательным элементом образуется область нагретого воздуха шарообразной формы. Макси-

мальная температура газа в герметичной полости будет приходится на центр этой области и постепенно спадать по мере удаления от нагревательного элемента. Расположенные вокруг нагревательного элемента термопары регистрируют температуру окружающего их воздуха и формируют сигнал для схемы его обработки. В статическом режиме (в отсутствие ускорения) температура воздуха над термопарами будет постоянной.

При приложении к акселерометру внешнего воздействия, например силы ускорения или вибрации, область нагретого воздуха, расположенная над центром нагревательного элемента, смещается в сторону направления воздействия, поскольку плотность холодного воздуха вокруг шара выше, чем теплого воздуха над нагревательным элементом.

В результате датчиками температуры будет зафиксировано изменение температуры окружающего их воздуха (температурный градиент), влияющее на их сопротивление. С выходов дифференциальной конфигурации термопар, подобной мосту Уитстона, снимается дифференциальный сигнал, пропорциональный ускорению, по разности значений которого определяется величина и направление внешнего воздействия. Полученный сигнал поступает на схему обработки, для его усиления, фильтрации шумов и формирования выходного сигнала в соответствии с требуемой спецификацией акселерометра. На рис.1 показан пример изменения положения нагретой области газа вследствие ускорения.

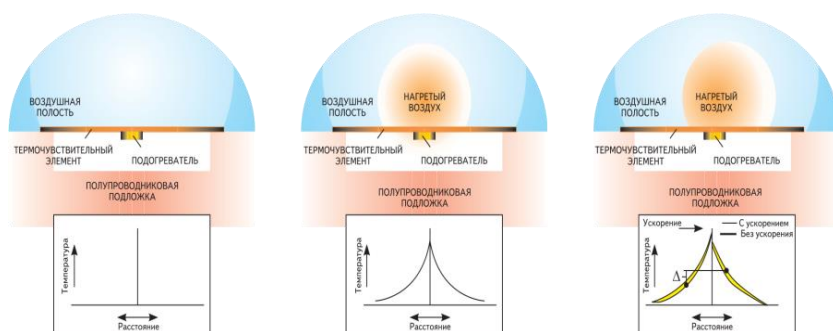


Рис.1. Принцип действия теплового акселерометра [11]

Расчет оптимальных параметров прибора требует решения сложной задачи, описываемой системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса. Аналитически такая задача решена лишь для ограниченного класса простых областей (цилиндр, сфера) [12, 13] в приближении Буссинеска. Поэтому в общем случае требуется численное моделирование на основе конечно-разностных или конечно-элементных методов [14 - 16], а в [17] для решения двумерной задачи конвекции-диффузии в замкнутой полости было предложено использовать численно-аналитический метод R-функций.

Вместе с тем зачастую простейшие одномерные модели физических процессов позволяют вполне адекватно исследовать функционирование и получать качественные оценки характеристик приборов. В работе данный подход впервые рассматривается применительно к решению задачи конвективного теплопереноса в полости теплового акселерометра и оценке параметров работы прибора.

**Математическая модель.** Математическая модель представлена на основе решений двух одномерных уравнений конвективного теплопереноса в смежных областях [18]. Пусть полость датчика имеет поперечное сечение в плоскости, перпендикулярной осям нагревательного элемента и датчиков, размерами  $2L \times H$  по горизонтали и вертикали соответственно. Считается, что на корпусе прибора поддерживается постоянная температура  $T_c$ , а внутренний источник (нагревательный элемент) в стационарном режиме нагрет до постоянной заданной температуры  $T_n$ . На рис.2 представлен профиль температуры вдоль.

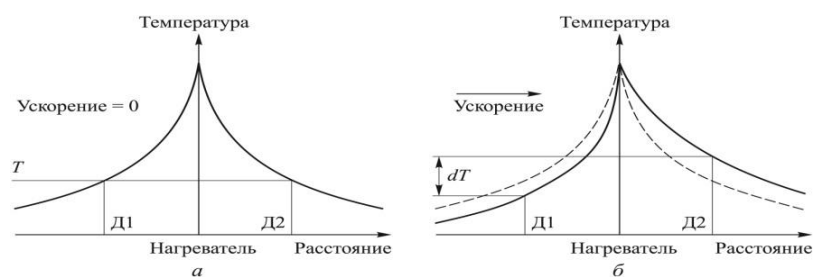


Рис.2. Профиль температуры вдоль оси чувствительности при отсутствии (а) и наличии (б) внешнего ускорения

Стационарное уравнение конвекции-диффузии имеет вид [7]:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} - D \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = f, \quad (1)$$

где  $u, v$  - горизонтальная и вертикальная составляющие скорости вдоль координат  $x, y$ ;  $T(x, y)$  - искомая температура;  $D$  - коэффициент диффузии;  $f(x, y)$  - функция внутреннего источника теплоты.

Если вертикальный размер полости мал по сравнению с горизонтальным, то полагая пренебрежимо малыми производные температуры по переменной  $y$ , получаем одномерную модель:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} - D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = f(x) \quad (2)$$

Рассматривая  $p = u/D$  как параметр отношения конвективной и диффузионной составляющих теплопереноса, получаем

$$p \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = f. \quad (3)$$

Уравнение (3) дополним симметричными граничными условиями Дирихле:

$$T(-L) = T(L) = T_C \quad (4)$$

Поскольку решение уравнения (3) в зависимости от функции  $f$  может иметь достаточно громоздкий вид, используем следующий подход. Пусть внутренний источник в центре области (интервала) имеет относительно малый линейный размер по сравнению с длиной  $L$  (точечный источник). На подинтервалах  $x \in (-L, 0)$  и  $x \in (0, L)$  рассмотрим независимо две краевые задачи, описываемые уравнениями

$$p \frac{\partial T_j}{\partial x} - \frac{\partial^2 T_j}{\partial x^2} = 0, \quad j = 1, 2 \quad (5)$$

с краевыми условиями

$$\begin{aligned} T_1(0) &= T_H, & T_1(-L) &= T_C \\ T_2(0) &= T_H, & T_2(L) &= T_C. \end{aligned} \quad (6)$$

Общее решение (5) имеет вид

$$T_i(x) = C_{i1} + C_{i2} \exp(px), \quad (7)$$

а решения краевых задач можно записать как

$$\begin{aligned}
T_1(x) &= (T_C - T_H) \frac{\exp(px) - 1}{\exp(-pL) - 1} + T_H; \\
T_2(x) &= (T_C - T_H) \frac{\exp(px) - 1}{\exp(pL) - 1} + T_H.
\end{aligned}
\tag{8}$$

В отсутствие конвекции ( $p = 0$ ) вместо (8) будем иметь распределение температуры по линейному закону:

$$\begin{aligned}
T_1^{(0)}(x) &= -(T_C - T_H) \frac{x}{L} + T_H; \\
T_2^{(0)}(x) &= (T_C - T_H) \frac{x}{L} + T_H.
\end{aligned}
\tag{9}$$

Графики температуры в зависимости от параметра  $p$  показаны на рис.3.

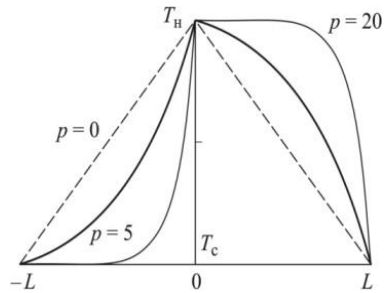


Рис.3. Точное решение уравнений (5) с крайними условиями (6) при различных « $p$ »

При значениях  $p < 1$  преобладает влияние диффузионной составляющей, в то время как при  $p > 1$  более существенный вклад оказывает конвекция. При очень больших значениях линейной скорости  $u$  (т.е. при  $p \gg 1$ ) температура остается близкой к  $T_C$  вплоть до достижения ближайшей окрестности источника ( $x = 0$ ), где возникает пограничный слой и наблюдается ее резкий рост до  $T_H$ .

**Тепловой акселерометр на основе кремниевой микротехнологии.** На рис.4,а,б показана структура акселерометра на основе тепловой конвекции. Он состоит из центрального нагревателя для нагрева газовой среды в полости и четырех датчиков температуры, расположенных с обеих сторон нагревателя, где газовая среда протекает через датчики температуры посредством свободной конвекции. Рис.4 иллюстрирует процесс изготовления датчика. Подложка из кремния (Si) была изготовлена с толщиной слоя диоксида кремния 0,5 мкм. Задняя сторона пла-

стины кремния была протравлена, а нагреватель и датчики температуры на нижней пластине выполнены из платины (Pt), которая имеет очень стабильные физические свойства и работает с высоким температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)  $3,93 \times 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$ .

Обратная сторона кремния была удалена химическим способом, чтобы сформировать тепловую изоляцию в микрокамере. Наконец, датчик упакован в герметичную микрокамеру, которая содержит рабочую среду, например, воздух или азот ( $\text{N}_2$ ) [19].

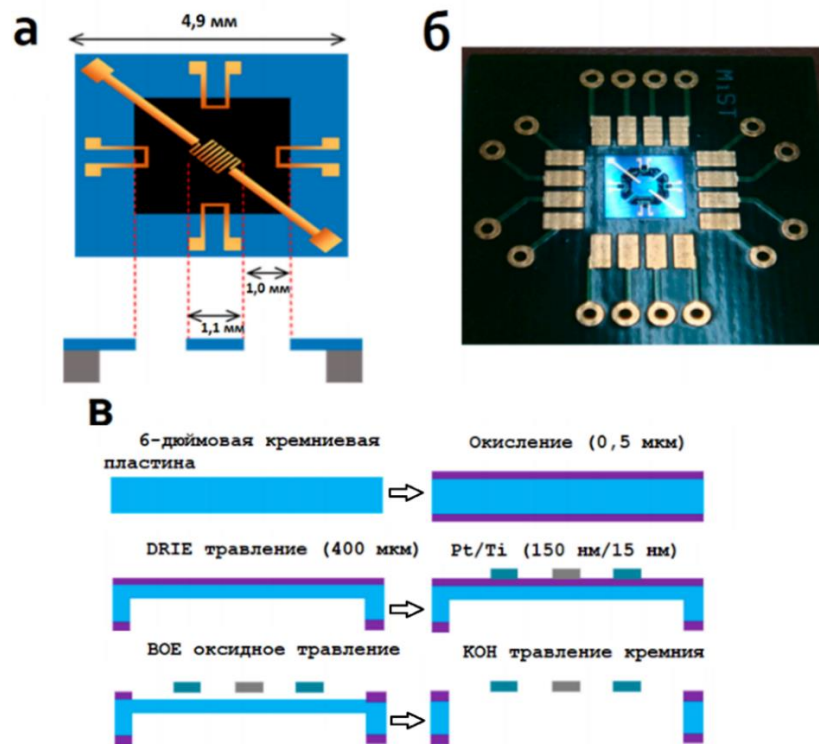


Рис.4. Тепловой акселерометр: схематическое изображение (а); внешний вид датчика основе кремниевой микротехнологии (б); основные этапы технологического процесса изготовления акселерометра на основе тепловой конвекции (в)

**Тепловой акселерометр на основе технологии производства печатных плат.** В качестве подложки используется нефольгированная полиимидная пленка Kapton фирмы DuPont, используемая для изготовления гибких печатных плат. На рис.5 показан процесс изготовления теплового акселерометра по технологии производства печатных плат. На верхнюю поверхность полиимидной пленки методом вакуумного осаждения формируется слой никелевого покрытия толщиной 0,1 мкм. Для создания структур нагревателя и температурных датчиков используется процесс литографии. В качестве материала температурных датчиков и нагревателя выбран никель, обладающий высоким коэффициентом температурного сопротивления  $6,5 \cdot 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$ . В качестве герметичного корпуса используется корпус микросхемы с планарными размерами 4×4 мм.

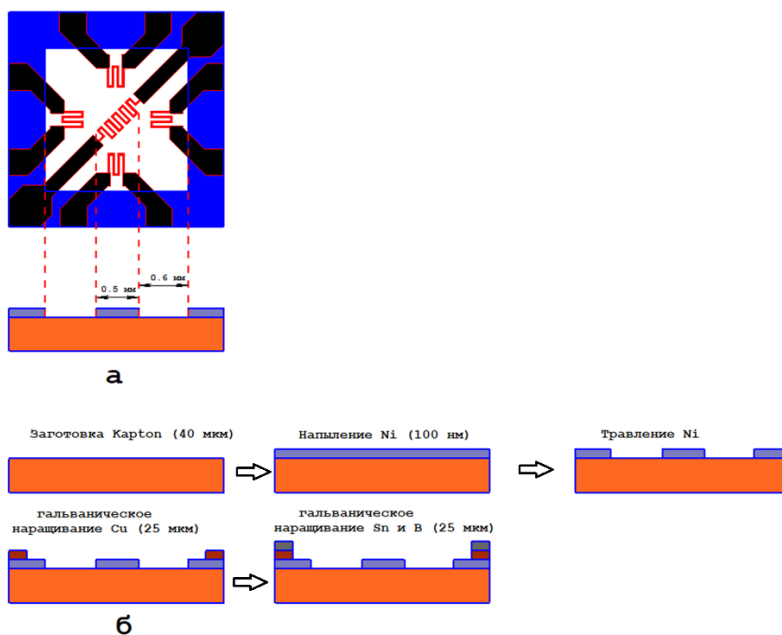


Рис.5. Процесс изготовления теплового акселерометра: схематическое изображение (а); основные этапы технологического процесса изготовления акселерометра на основе тепловой конвекции (б)

Технология производства гибких печатных плат на основе полиимида обладает существенным преимуществом над кремниевой микро-технологией. По следующей причине, теплопроводность кремния имеет достаточно высокое значение порядка 150 Вт/м\*К. Данный показатель вынуждает при производстве тепловых акселерометров делать окно в структуре кремния, для решения проблем с отводом тепла в кремний. Такая проблема отсутствует в классической технологии производства печатных плат, за счет низкого значения теплопроводности полиимидной пленки, которое составляет 0,2 Вт/м\*К, что упрощает процесс создания теплового акселерометра.

**Свойства материалов, используемых при изготовлении датчиков ускорения.** В табл.1 приведены некоторые соответствующие теплофизические и электрические свойства материалов, обычно используемые при изготовлении тепловых акселерометров. В литературе можно найти различные материалы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Правильное понимание различных свойств этих материалов является обязательным условием для успешной реализации желаемых характеристик устройства. Например, материал поликремний с довольно низкой электропроводностью имеет высокое поверхностное объемное сопротивление. Для термодатчиков, сформированных из алюминия/поликремния важным фактором, является коэффициент Зеебека, который зависит от степени легирования. Если коэффициент Зеебека имеет высокое значение, изменение напряжения на 1 °С будет лучше проявляться, обеспечивая более высокую чувствительность акселерометра. Для уменьшения требуемой мощности в качестве подложки подходит материал с низкой теплопроводностью, чтобы предотвратить отток через него генерируемой тепловой энергии.

*Таблица 1*

**Свойства (при ~300 К) некоторых распространенных материалов, используемых при изготовлении тепловых акселерометров [20]**

Материал	Теплопроводность $k$ ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	Электрическая проводимость $\sigma$ ( $\Omega^{-1}m^{-1}$ )	Плотность $\rho$ ( $kg\ m^{-3}$ )	Динамическая вязкость $\mu$ (Pa s)	Удельная теплоемкость $C_p$ ( $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$ )
Кремний	156	$233 \cdot 10^{-4}$	2,330	-	707
Поликремний	31	$2,6 \cdot 10^{-3}$	2,330	-	707
Диоксид кремния	1,4	$3 \cdot 10^{-13}$	2,270	-	1000



Окончание

Материал	Теплопроводность $k$ ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	Электрическая проводимость $\sigma$ ( $\Omega^{-1}m^{-1}$ )	Плотность $\rho$ ( $kg\ m^{-3}$ )	Динамическая вязкость $\mu$ (Pa s)	Удельная теплоемкость $C_p$ ( $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$ )
Платина	71,6	$9,4 \cdot 10^6$	21,500	-	133
Никель	90,9	$11,5 \cdot 10^6$	8,907	-	440
Полиимидная пленка	0,2	-	1,4	-	300
Алюминий	235	$3,7 \cdot 10^7$	2,710	-	904
MWCNT	750	$10^4 - 10^7$	1650	-	730
Воздух	0,026	-	1,2	$1,9 \cdot 10^{-5}$	1005
Углекислый газ	0,017	-	1,7	$1,5 \cdot 10^{-5}$	850
Аргон	0,018	-	1,6	$2,27 \cdot 10^{-5}$	521
SF <sub>6</sub>	0,013	-	6,14	$1,6 \cdot 10^{-5}$	598
Вода	0,6	-	997	$8,3 \cdot 10^{-4}$	4071
Масло	0,145	-	900	0,3	1910

**Формирование сигнала для тепловых акселерометров.** Дельта температур, создаваемая в тепловом акселерометре, вызывает соответствующее изменение сопротивления его температурных датчиков из-за положительного ТКС. Как показано на рис.6, датчики температуры могут быть расположены в мосте Уитстона вместе с парой эталонных резисторов, которые присутствуют на подложке [21, 22]. Мост генерирует дифференциальное выходное напряжение, пропорциональное приложенному ускорению. Но электрическая мощность сигнала очень мала по величине и чувствительна к шуму.

Таким образом, как и большинство других датчиков, для обеспечения точного измерения аналоговый выходной сигнал требует соответствующей подготовки, прежде чем он может быть подан на аналогоцифровой преобразователь (АЦП), который обеспечивает дополнительную цифровую обработку [23, 24]. Для тепловых акселерометров требования к формированию сигнала в основном охватывают усиление и фильтрация. Один или несколько усилителей необходимы для повышения уровня аналогового сигнала, чтобы он соответствовал всему динамическому диапазону АЦП, обеспечивая при этом минимальный уровень шума, низкое смещение и надлежащее согласование импеданса с датчиком. Фильтры могут быть необходимы для удаления шума на ча-

стотах за пределами представляющего интерес сигнала, а также для требования сглаживания до того, как сигнал будет дискретизирован АЦП. Поскольку сигнал имеет низкочастотный диапазон (от постоянного тока до  $\sim 200$  Гц), для преобразования сигнала, желательно использовать регистр последовательного приближения (SAR) и сигма-дельта ( $\Sigma\Delta$ ) АЦП, подходят для применений датчиков теплового ускорения.

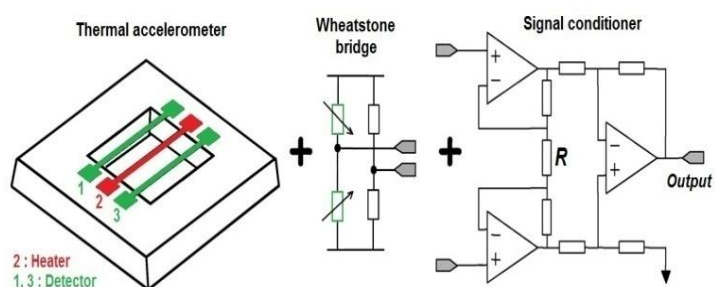


Рис.6. Схема обработки сигнала [21]

**Применение теплового акселерометра.** Акселерометры в целом используются для широкого спектра применений в автомобильной, авиационной, военной обстаи, робототехнической промышленности и потребительских товаров. Вот некоторые из возможных областей применения тепловых акселерометров:

1. Автомобильная промышленность. Применяется в качестве датчика контроля положения автомобиля, в момент потери тяги, занос, опрокидывание и т.д. [25].

2. Обнаружение падения. На жестком диске компьютера механизм чтения/записи может быть поврежден из-за возможности случайного падения при транспортировке. Термический акселерометр, установленный внутри диска, может использоваться для обнаружения падения [26].

3. Бытовая электроника. Тепловые акселерометры используются в качестве гироскопов для определения ориентации и вращения устройств. Они необходимы в цифровых камерах, устройств виртуальной реальности, джойстики распознавание жестов [27].

4. Обнаружение вибрации. Постоянная вибрация внутри любого оборудования создает износ деталей, таких как подшипники, уплотнения и муфты. Установленные на машине инерционные датчики могут использоваться для определения состояния машины [28].

**Выводы.** По результатам проведенного анализа установлено, что в последнее время увеличился спрос на применение тепловых акселерометров в областях, где предъявляются высокие требования по точности. Выявлена потребность в поиске новых технологических процессов изготовления датчиков ускорения, позволяющие сократить затраты на массовое производство. Поэтому разработка и исследование тепловых акселерометров на основе классической технологии производства печатных плат является актуальной задачей.

Для решения данной задачи потребуются:

- провести исследование конструкций и технологических маршрутов изготовления тепловых акселерометров на основе технологии гибких печатных плат;
- разработать и исследовать физико-топологические и механические модели тепловых акселерометров;
- разработать методики проектирования.

#### **Используемые источники**

1. *Narasimhan V., Li H. and Jianmin M.* 2015. Micromachined high-g accelerometers: a review // *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 25(3), p.033001.
2. *Yazdi N., Ayazi F. and Najafi K.* 1998. Micromachined inertial sensors. *Proceedings of the IEEE*, 86(8), pp.1640 - 1659.
3. Technical Paper # 327. Steps to selecting the right accelerometer. Endevco, Meggitt Sensing Systems, CA, USA, 2015, [https://www.endevco.com/news/newsletters/2015\\_12/tp327.pdf](https://www.endevco.com/news/newsletters/2015_12/tp327.pdf)
4. *Gholamzadeh R., Jafari K. and Gharooni M.* 2016. Design, simulation and fabrication of a MEMS accelerometer by using sequential and pulsed-mode DRIE processes // *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 27(1), p.015022.
5. *Tez S., Aykutlu U., Torunbalci M.M. and Akin T.* 2015. A bulk-micromachined threeaxis capacitive MEMS accelerometer on a single die // *Journal of Microelectromechanical Systems*, 24(5), pp.1264-1274.
6. *Shen Z., Tan C.Y., Yao K., Zhang L. and Chen Y.F.* 2016. A miniaturized wireless accelerometer with micromachined piezoelectric sensing element. *Sensors and Actuators A: Physical*, 241, pp.113-119.
7. *Lv H., Qin L. and Liu J.* 2015. Principle Research on a Single Mass Six-Degree-of-Freedom Accelerometer with Six Groups of Piezoelectric Sensing Elements // *IEEE Sensors Journal*, 15(6), pp.3301-3310.

8. *Vetrivel S., Mathew R. and Sankar A.R.* Design and optimization of a doubly clamped piezoresistive acceleration sensor with an integrated silicon nanowire piezoresistor. *Microsystem Technologies*, pp.1-12.
9. *Tounsi F., Ayeche E., Mezghani B., Masmoudi M., Kandpal M. and Rao V.R.* 2015, March. Behavior analysis of a 3-axis detection push-pull piezoresistive MEMS accelerometer. In *Systems, Signals & Devices (SSD)*, 2015 12th International MultiConference on (pp. 1-6). IEEE.
10. *Kumar V., Guo X. and Pourkamali S.* 2015, July. Single-mask field emission based tunable MEMS tunneling accelerometer. In *Nanotechnology (IEEE-NANO)*, 2015 IEEE 15th International Conference on (pp. 755-758). IEEE.
11. *Сысоева С., Левашиев Ю.* Тепловые акселерометры компании Memsic // Компоненты и Технологии. 2005. № 50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovye-akselerometry-kompanii-memsic> (дата обращения: 22.02.2020).
12. *Hodnett P.F.* Natural convection between horizontal heated concentric circular cylinders. *Z. Angew. Math. Phys.*, 1973, vol. 24, pp. 507-516.
13. *Mack L.M., Hardee H.C.* Natural convection between concentric spheres at low Rayleigh numbers. *Int. J. Heat Mass Tran.*, 1968, vol. 11, pp. 387-396.
14. *Patankar S.V.* Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах [Numerical solution of heat conduction and convection heat transfer during flow channels]. M.: MEI Publ., 2003. 312 p.
15. *Samarskiy A.A., Vabishchevich P.N.* Численные методы решения задач конвекции-диффузии Numerical methods for solving convection-diffusion problems. Moscow, URSS Publ., 2009. 248 p.
16. *Fletcher C.A.J.* Computational Galerkin method. N.Y., Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 1984. 309 p. (Russ. Ed.: Fletcher K. Численные методы на основе метода Галеркина. Moscow, Mir Publ., 1988. 352 p.).
17. *Giani A., Combette P., Deblonde A., Garraud A., Matveev V.A., Basarab M.A.* A Highly Sensitive Thermal Accelerometer with Improved Bandwidth. *Proc. 20th Saint Petersburg Int. Conf. on Integrated Navigation Systems*, Saint-Petersburg, Russia, 27-29 May, 2013, pp. 191-198.
18. *Басараб М.А., Матвеев В.А.* Одномерная аналитическая модель теплового акселерометра // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2014. № 2(95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/odnomernaya-analiticheskaya-model-teplovogo-akselerometra> (дата обращения: 22.02.2020).

19. Han M., Kim J.K., Park J.-H., Kim W., Kang S.-W., Kong S.H., Jung D. Sensitivity and Frequency-Response Improvement of a Thermal Convection-Based Accelerometer. *Sensors* 2017, 17, 1765.
20. Fennelly J., Ding S., Newton J., and Zhao Y. Thermal MEMS Accelerometers Fit Many Applications. *Sensor Magazin*, March 2012, pp. 18-20.
21. Chaehoi A., Maily F., Latorre L. and Nouet P. 2006. Experimental and finiteelement study of convective accelerometer on CMOS. *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1), pp.78-84.
22. Yang Y.T., Chen S.J., Lin W.T., Tu W.H., Huang C.A., Liu W.L. and Shen C.H. 2007, November. A new approach of 2D CMOS thermal-bubble-based accelerometer. In *Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE* (pp. 2980-2984). IEEE.
23. Baker B. *A Baker's Dozen: Real Analog Solutions for Digital Designers*. Newnes (Elsevier), Oxford, UK, 2005
24. *Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning*, Analog Devices Inc., Norwood, MA, 1999.
25. Dao R., Morgan D.E., Kries H.H. and Bachelder D.M. Remec, Inc., 1996. Convective accelerometer and inclinometer. U.S. Patent 5581034.
26. Lee D.S. 2007. Thermal accelerometer based predictive drop sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*, 135(2), pp.889-894.
27. Han M., Bang Y., Kim W., Lee G.S. and Jung D. 2017. Thermal convective inclinometer using carbon nanotube yarn. *Microelectronic Engineering*, 168, pp.50-54.
28. Looney M. An Introduction to MEMS Vibration Monitoring [Электронный ресурс]. URL: <http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/intro-to-mems-vibrationmonitoring/> (дата обращения: 29.01.2020 г.).

**Разработка модуля управления двигателями системы двухосевого гироскопического устройства индикаторного типа**

*А.В. Тулуш, магистрант института НМСТ,*

*В.В. Пузиков, аспирант института НМСТ,*

*А.А. Галкин, аспирант института НМСТ,*

*Л.Р. Боев, аспирант института НМСТ,*

*А.С. Мусаткин, аспирант института НМСТ,*

*И.В. Спиридонов, магистрант института НМСТ,*

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,*

*Н.А. Петрова, Инженер-конструктор, ООО «ЛМП»,*

*А.С. Тимошенко, д.т.н., генеральный директор ООО «ЛМП»,*

*Москва, Россия,*

*e-mail: tulush9710@yandex.ru, vp@mp-lab.ru, at@mp-lab.ru, info@mp-lab.ru*

**Development of an engine control module for a system of a two-axis gyroscopic device of indicator type**

*A. Tulush, graduate student at the Institute of NMST,*

*V. Puzikov, postgraduate at the Institute of NMST,*

*A. Galkin, postgraduate at the Institute of NMST,*

*L. Boev, postgraduate at the Institute of NMST,*

*A. Musatkin, postgraduate at the Institute of NMST,*

*I.V. Spiridonov, graduate student at the Institute of NMST,*

*National Research University of Electronic Technology (MIET),*

*N. Petrova, engineer Ltd. "LMD",*

*A. Timoshenkov, Ph.D.Eng., CEO Ltd. "LMD",*

*Moscow, Russia*

**Аннотация**

Рассмотрена проблема управления системой стабилизации. Проанализированы способы стабилизации, в результате чего в качестве двигателей системы были выбраны вентильные двигатели. Предметом исследования является модуль управления двигателями в системе двухосевого гироскопического устройства, где в качестве индикатора выступает инерциальный модуль ГКВ-10, изготовленный в ООО «ЛМП». Главной целью разработки модуля - универсальность и простота подключения к любому двухосному гиросtabilизатору индикаторного типа.

### **Abstract**

The problem of controlling the stabilization system is considered. The stabilization methods are analyzed, as a result valve motors were chosen as the system engines. The subject of the study is an engine control module in a system of a two-axis gyroscopic device, where the inertial module GKV-10 manufactured by Ltd. "LMP" acts as an indicator. The main goal of the module development is versatility and ease of connection to any indicator type gyro-stabilizer.

**Ключевые слова:** ячейка управления; модуль управления; система гиросtabilизации; индикаторный двухосевой гиросtabilизатор; система ориентации; вентильные двигатели; контроллер приводов; гироскоп.

**Keywords:** control unit; control module; gyrostabilization system; two-axis gyrostabilizer indicator; orientation system; ventilation motors; drive controller; gyroscope.

В современном мире для сохранения углового положения любого объекта повсеместно применяют стабилизирующие системы, процесс управления которых довольно сложен.

Используемый в качестве индикатора инерциальный модуль ГКВ-10, разработанный компанией ООО «ЛМП», способен заменить дорогостоящие системы ориентации на волоконно-оптических гироскопах, так как имеет преимущества в прочности, надежности, размерах, весе, потребляемой мощности и цене. В отношении этого модуля проводилась численная оценка зависимости ошибок в решениях задач ориентации и стабилизации от первичных ошибок калибровки инерциальных датчиков а также от наличия температурных калибровок [1, 5].

Кроме ячейки управления в системе гиросtabilизатора необходимо использовать контроллеры соответствующих осей, поэтому было решено объединить в одном корпусе ячейку управления и контроллеры приводов, создавая тем самым универсальный модуль, который можно использовать абсолютно в любой двухосной гироскопической системе. Модуль предусматривает подключение к нему любых бесколлекторных двигателей постоянного тока (BLDC) и датчиков Холла, что существенно упрощает создание системы гиросtabilизации.

Основное назначение такой системы - сохранение определенной величины углового положения платформы в условиях возмущения. Существует множество разновидностей гиросtabilизаторов, которые

отличаются друг от друга по числу степеней свободы платформы и по принципу действия.

В данной работе представлен модуль управления двигателями в системе двухосевого гироскопического устройства индикаторного типа. Платформа сохраняет заданное положение при помощи двигателей, которые играют основную роль в стабилизации платформы, а сам гироскоп выдает информацию об отклонениях платформы от нормы.

Главное отличие BLDC от простого вентильного двигателя - это трапецеидальное, а не синусоидальное, распределение магнитного поля в зазоре. Обычно такие двигатели имеют электромеханическую и управляющую составляющие. В электромеханическую часть входит датчик, определяющий положение ротора, и синхронная машина (ротор и статор). В сравнении с другими двигателями (например, шаговыми, которые также зачастую применяются в системах гиросtabilизации) BLDC превосходит их в качестве. Они являются более точными, надежными, имеют широкий диапазон изменения частоты вращения и КПД выше 90 %.

Управление обмотками двигателей осуществляется электронной частью устройства, так называемым контроллером. При помощи датчика положения ротора (ДПР) - датчика Холла драйвер определяет положение ротора и на основе этой информации контроллер определяет на какую катушку подавать напряжение. На рис.1 представлена схема управления электродвигателями.

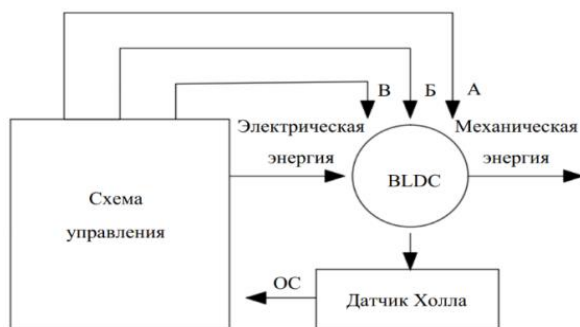


Рис.1. Схема управления электродвигателями



Создание схемы управления BLCD не будет возможно без микроконтроллера (МК), драйверов, датчиков обратной связи (ОС) и системы питания. Система питания здесь включает в себя низковольтный источник питания для цифровых микросхем, источник для питания драйверов и аналоговых схем, а также мощный источник для двигателей [2].

В качестве МК целесообразно использовать контроллер семейства STM32. Первый таймер МК может генерировать сигналы непосредственно для каждого ключа (пары обмоток). Сигналы должны формироваться таким образом, чтобы, когда включен верхний ключ, нижний был выключен. Во избежание короткого замыкания, необходим малый промежуток времени для того чтобы ключ успел закрыться.

Информация от ДПР поступает на входы контроллера. Связь обмоток напрямую зависит от состояния сигналов датчиков. При каком-либо изменении состояния наступает прерывание, а обработчик прерывания уже изменяет состояние выходных сигналов. В случае перегрузки по току на аппаратном уровне происходит полное отключение.

На программном уровне задаются некоторые пороги:

- нижний порог - мертвая зона, когда электродвигатели не запускаются;
- порог - значение, ниже которого происходит отключение;
- максимальный порог - все значения выше этого порога задают максимальные обороты [3].

МК настраивает и обрабатывает входные и выходные сигналы, прерывания, задает направление движения BLDC. Для достижения управления оборотами двигателями необходимо наложить ШИМ-сигнал. Данный ШИМ формируется программой исходя из требований. Чем выше частота ШИМ-сигнала, тем больше переходных процессов за единицу времени, а, следовательно, и больше потерь на ключах. А малая частота может не обеспечивать необходимую плавность регулирования [4].

На рис.2 представлена функциональная схема модуля управления системой гиростабилизацией.

Драйверы используются для контроля приводов по соответствующим осям. Крупнейшая компания по производству электронных и микроэлектронных компонентов STMicroelectronics разработала отличный вариант ячейки управления бесколлекторными двигателями - драйвер STEVALSPIN3201. Данные платы кроме МК, который определяет положение ротора, состоят из мощного трехфазного моста на базе MOSFET STD140N6F7.

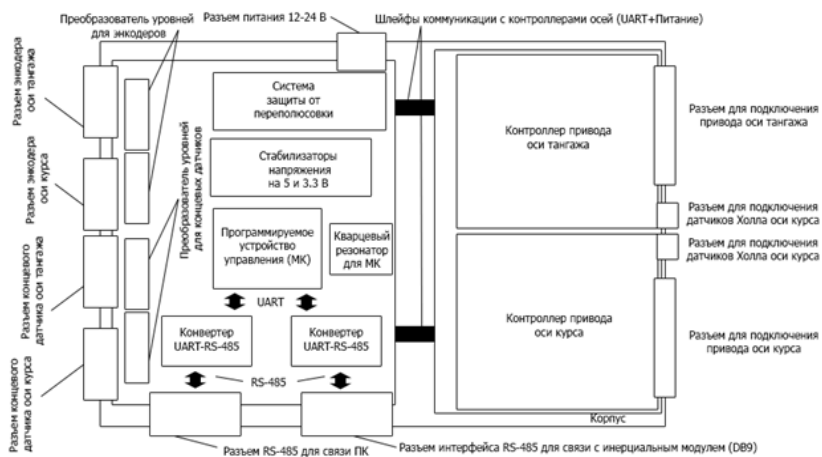


Рис. 2. Функциональная схема

После обработки входного сигнала (расчет частоты и 50 % ШИМ) МК подает на выходы драйверов информацию о требуемом положении механизма и информацию о направлении и вращении двигателя. Драйверы преобразуют последовательность импульсов в конфигурацию напряжения на обмотках BLDC, что уже точно определяет направление и скорость перемещения.

Программируемое устройство управления связано с ПК и инерциальным модулем через конвертер UART-RS-485, модулем flash-памяти, концевыми датчиками и энкодерами. Энкодеры здесь играют важную роль обработки сигналов обратной связи. Это необходимо для качественного нормирования сигналов, полученных с датчиков Холла.

В данном изделии МК играет главную роль, выполняя множество функций. С его помощью осуществляется обработка информации, которая передается через устройства управления (энкодеры, контроллеры приводов), осуществляет вывод информации, производит расчеты параметров ШИМ сигнала, сюда же заводят сигналы обратной связи. Большое число выполняемых функций требует большого числа выводов управления.

Компания STMicroelectronics одна из первых вывела на рынок семейство контроллеров на ядре ARM Cortex-M4. Данные МК представляют собой результат идеального сочетания высокой производительности

сти, низкого энергопотребления и цены. В ходе работы и анализа разнообразных вариантов самым оптимальным оказался МК STM32F405, так как он обладает максимальными показателями тактовой частоты и необходимым количеством выводов.

В результате был разработан модуль управления двигателями системы двухосевого гироскопического устройства индикаторного типа на вентильных двигателях. На рис.3 представлен общий вид блока.

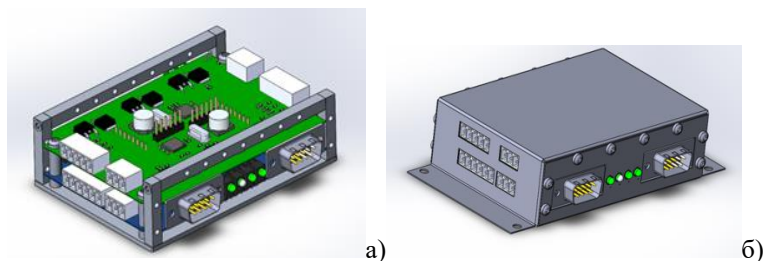


Рис.3. Общий вид блока без крышки (а) и в сборке (б)

Данный модуль включает в себя соответствующие контроллеры приводов осей и главную ячейку управления, через которую осуществляется связь с концевыми датчиками, ПК, инерциальным модулем ГКВ-10 и питанием.

Подобные модули существенно упростят создание систем гиростабилизации, за счет объединения всех необходимых частей управления в один корпус.

Работа выполнена при поддержке института НМСТ Национального исследовательского университета «МИЭТ».

#### Используемые источники

1. Инерциальный модуль ГКВ-10. Техническое описание: GKV10\_DS1710\_Ru. Лаборатория Микроприборов. 2017. 1 с. Режим доступа: <https://goo-gl.su/GadLzL4> (дата обращения: 03.03.2019).

2. Гавриков В.М. Одна микросхема – один двигатель. STSPIN32F0 - готовое решение для управления BLDC-моторами [Электронный ресурс]: В.М. Гавриков // Терра Электроника: науч. метод. журн. 2016. Режим доступа: <https://goo-gl.su/2O6t> (дата обращения: 03.03.2019).

3. STM32 - BLDC Motor Control [Электронный ресурс] Avislab: науч. метод. журн. 2017. Режим доступа: <https://goo-gl.su/yPvnOck7> (дата обращения: 13.03.2019).

4. Управление бесколлекторными двигателями с датчиками Холла (Sensored brushless motors) [Электронный ресурс] Avislab: науч. метод. журн. 2015. Режим доступа: <https://goo-gl.su/yr5F> (дата обращения: 13.03.2019).

5. Тимошенко А.С. Конструктивно технологические основы создания инерциальных микроэлектромеханических систем: дис. д-ра техн. наук. М.: МИЭТ, 2019. С. 291.

**Особенности разработки систем транспорта полупроводниковых пластин в кластере индивидуальной химической обработки**

<sup>1</sup>*Д.И. Швецов, магистрант института НМСТ,*

<sup>1</sup>*И.А. Кретинин, магистрант института НМСТ,*

<sup>2</sup>*Н.В. Комаров, начальник отдела разработки оборудования фотолитографии,*

<sup>2</sup>*А.С. Ермакова, заместитель начальника научно-технического отдела,*

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,*

<sup>2</sup>*ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводникового машиностроения»,  
г. Воронеж, Россия,  
e-mail: bodnevichkristina@mail.ru*

**The proposed constructive approach to the development of semiconductor wafer transport systems in an individual chemical processing cluster**

<sup>1</sup>*B. Shvetsov, graduate student of Institute of Institute NMST,*

<sup>1</sup>*I. Kretinin, graduate student of Institute of Institute NMST,*

<sup>2</sup>*N. Komarov, Head of Photolithography Equipment Development Department,*

<sup>2</sup>*A. Ermakova, Deputy Head of the Scientific and Technical Department,*

<sup>1</sup>*National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia,*

<sup>2</sup>*Open Joint Stock Company «Scientific Research Institute Of Semiconductor Mechanical Engineering»*

**Аннотация**

Предложена конструкция транспортной системы для перемещения полупроводниковых пластин в установке индивидуальной химической обработки кластерного типа, включающая линейный привод и робот-манипулятор. Особенность системы состоит в высокой точности позиционирования пластин роботом, что позволяет исключить центраторы пластин из конструкции технологических модулей.

**Abstract**

A design of a transport system for moving semiconductor wafers in an single-wafer cluster-type chemical processing tool, including a linear drive and a robotic arm, is proposed. A feature of the system is the high

accuracy of robot positioning of the wafers, which eliminates wafer centralizers from the construction of technological modules.

**Ключевые слова:** кластер химической обработки, транспортная система, система управления, особенности.

**Keywords:** chemical treatment cluster, transport system, control system, features.

Требования к подготовке поверхности в части однородности процесса в каждой точке пластины, минимизации привносимых загрязнений, повышения скорости обработки, уменьшения расхода реактивов и точного управления технологическим процессом непрерывно ужесточаются. Следовательно, стандартный процесс групповой обработки полупроводниковых пластин в кассете становится неприменимым вследствие его низкой прецизионности и возможного переноса загрязнений с одной пластины на другую [1]. В качестве решения данной проблемы предлагается переход к индивидуальной химической обработке пластин [2] и разработка нового специального технологического оборудования, которое обеспечит непрерывность технологического процесса очистки, отмывки и сушки пластин за счет своей конструкции, представленной несколькими отдельными взаимозаменяемыми модулями, объединенными на одной платформе и связанными общим транспортным модулем. Взаимодействие между отдельными модулями обеспечивается системой управления.

Предлагаемая конструкция установки кластерного типа включает в себя несколько отдельных взаимозаменяемых технологических модулей индивидуальной жидкостной химической обработки и сушки пластин, скомпонованных в линейную конфигурацию. Такой тип конфигурации является предпочтительным, поскольку позволяет выполнять технологические операции последовательно, а также дает возможность в кратчайшие сроки изменить установленные в кластере технологические позиции, или добавить новые к уже имеющимся. Основными элементами разработанной транспортной системы являются линейный привод и робот-манипулятор типа SCARA (рис.1).

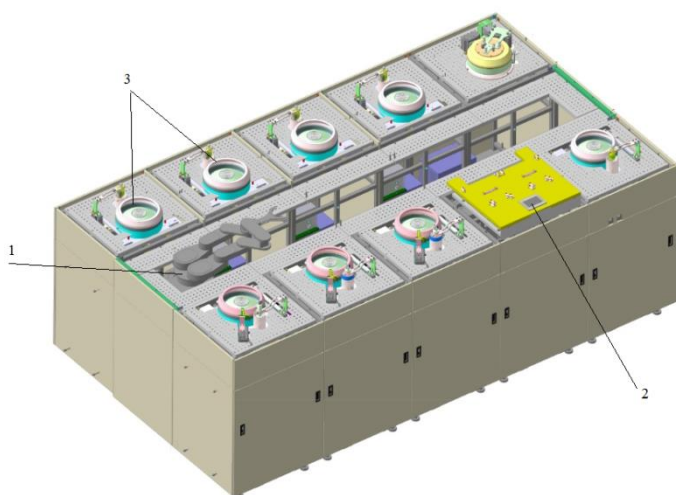


Рис.1. Трехмерная модель кластера индивидуальной химической обработки полупроводниковых пластин: 1 - робот-манипулятор; 2 - позиция загрузки; 3 - технологические позиции

Работа транспортной системы осуществляется следующим образом: линейный привод с помощью подключенного к нему серводвигателя перемещает робот-манипулятор, который установлен на каретке линейного привода. Робот-манипулятор, переместившись к определенной позиции, перемещает один из своих манипуляторов под пластину, установленную на технологической позиции или в кассете на позиции загрузки-выгрузки. После перемещения манипулятора под пластину происходит её фиксация с помощью вакуумного захвата. Вакуум в захватах робота создается с помощью вакуумного генератора, который подключен напрямую к роботу и к воздушной магистрали. После захвата пластины, робот забирает ее с позиции, и перемещает на новую позицию. Перемещение робота внутри транспортной системы отслеживается с помощью датчиков положения. После установки пластины на новую позицию, робот начинает перемещаться к следующей пластине, и весь процесс повторяется.

Логика разработанной системы управления установки индивидуальной химической обработки кластерного типа основана на параллель-

ности подаваемых сигналов к выполнению различных команд [3] посредством следующей схемы: главным органом управления является панельный компьютер, являющийся «верхним уровнем» для всей системы. Он отдает команды главному программируемому логическому контроллеру (ПЛК), являющемуся «средним уровнем». Главный ПЛК, в свою очередь, отдает команды второстепенным ПЛК, управляющим каждый своим модулем, называемым «Slave» (рис.2). Второстепенные ПЛК управляют электроклапанами, шаговыми, серво- или бесколлекторными электродвигателями, нагревателями и т.п., называемыми «нижним уровнем» [4]. На основе заданных технических требований для разработанной системы управления был подобран контроллер National Instruments CompactRIO.

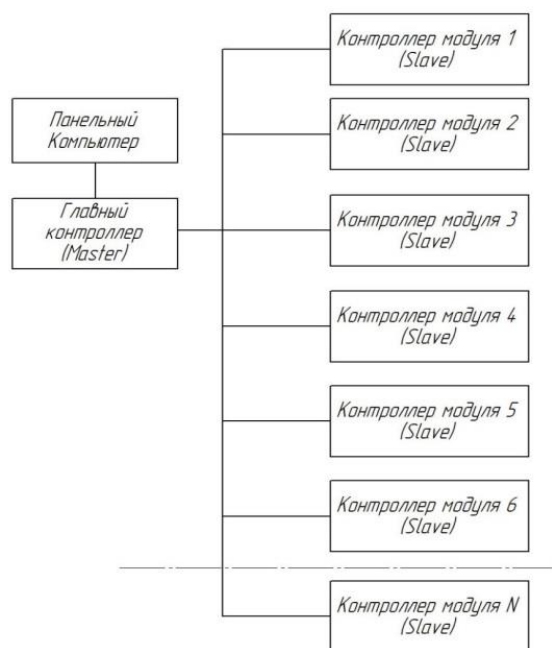


Рис.2. Блок-схема системы управления в установке кластерного типа



Высокая точность позиционирования пластин достигается за счет использования в транспортной системе шагового двигателя с шагом 0,9 вместо ранее используемого 103Н6703-0710 фирмы SANYO DENKI с шагом 1,8 °, что позволяет увеличить количество шагов, необходимое для поворота руки робота на 1° с 14 до 28 шагов.

Таким образом, предложенный в настоящей работе конструктивный подход к разработке систем транспорта полупроводниковых пластин, основанный на замене шагового двигателя с шагом 1,8° на двигатель с шагом 0,9° повысил точность позиционирования пластин на технологических позициях кластера индивидуальной жидкостной химической обработки для исключения биения во время вращения на столике центрифуги. Достигнуто разрешение по осям не хуже: вытягивание руки робота  $R = 1$  мкм, поворот робота  $T = 23,3$  микрорадиан, подъем робота  $Z = 1,3$  мкм.

#### Используемые источники

1. *Qin K., Li Y.* Mechanisms of particle removal from silicon wafer surface in wet chemical cleaning process // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2003. Vol. 261. P. 569 - 574.

2. *Тупикин В.Ф., Герасименко Ю.В., Ермакова А.С.* Технологические особенности технохимической обработки МЭМС и микросборок и перспективные конструктивные решения для их реализации // *Наноиндустрия*. 2019. С. 539 - 542.

3. *Лунатов Г.И.* Методы анализа и синтеза линейных систем автоматического управления: учебное пособие. Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2012. 173 с.

4. *Куо Б.* Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1986. 448 с.

**Модернизация устройства трехмерной печати для расширения  
рабочего температурного диапазона**

*Ш.Д. Ахмедов, магистрант института НМСТ,  
А.Н. Бойко, к.т.н, доцент института НМСТ,  
Национального исследовательского университета «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: Shirvash96@gmail.com, ant\_nico@mail.ru*

**Modernization of the 3D-printing device to expand the operating  
temperature range**

*S. Akhmedov, graduate student of Institute NMT,  
A. Boyko, Ph.D.Eng., Associate Professor of the Institute NMT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Для 3D-печати актуально расширение рабочего температурного диапазона с целью использования различных материалов. В работе был произведен анализ конструкции печатающей головки 3D принтера, а также произведен ряд модификаций. Разработана конструкция экструдера, позволяющая проводить нагрев до 420 °С, предложены усовершенствования конструкции прогрева рабочей камеры. Результаты работы могут быть использованы при разработке устройств трехмерной печати.

**Annotation**

For 3D printing it is important to expand the operating temperature range to use various materials. The paper analyzed the design of the print head of a 3D printer, and also made a number of modifications. An optimal solution has been developed for the possibility of heating to 420 °C. The obtained result makes it possible to use high temperature materials.

**Ключевые слова:** трехмерная печать, полимеры, конструкционный пластик, экструдер, температурный анализ.

**Keywords:** 3D-printing, polymers, structural plastic, extruder, temperature analysis.

На сегодняшний день существует большое множество технологий трехмерной печати, которые нашли применение в разных отраслях, от тяжелой промышленности до дизайна. Распространённой технологией трехмерной печати является послойное наплавление (FDM/FFF) [1]. Принцип технологии заключается в выдавливании прутка полимера через нагревающийся экструдер, который движется по трем координатам и осаждает полимер послойно. Данная технология позволяет решать проблемы деталей сложной геометрии, которые невозможно изготовить пресс-формами, а также позволяет производить мелкую серию уникальных изделий. Изначально послойное наплавление применялось для создания прототипов или деталей, не подвергающихся температурным и механическим нагрузкам. В большинстве случаев детали, изготовленные по данной технологии, требуют постобработки для защиты поверхности.

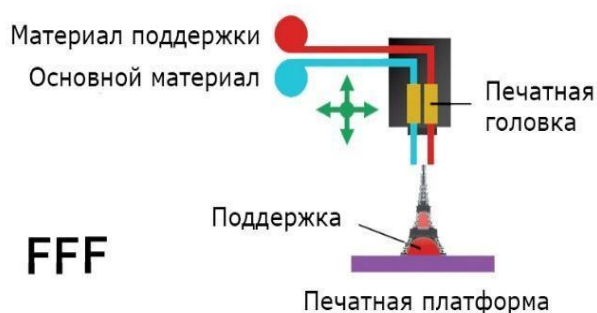


Рис.1. Метод послойного наплавления [2]

С развитием трехмерной печати появились полимеры с карбоновым наполнением, например Formax [3]. Ещё более широкое распространение получил угленаполненный нейлон, именуемый на рынке как Ultran [4]. Детали, изготовленные из вышеуказанных материалов, способны выдерживать повышенные механические нагрузки и температуру по сравнению с АБС (акрилонитрил бутадиен стирол) и ПЛА (полилактид) пластиками, а также в большинстве случаев не требуют постобработки.

Чтобы понять разницу между материалами для трехмерной печати - проведем сравнение механических и температурных характеристик. А также добавим в сравнение наиболее популярный алюминиевым

сплавом Д16Т, который применяется в конструкциях, где прочностные и температурные характеристики классических полимеров недостаточны. Предел прочности алюминиевого сплава Д16Т составляет, 450 МПа, модуль упругости 70 ГПа. Для ПЛА пластика соответствующие значения будут примерно 30 МПа и 2,3 ГПа, а температура плавления около 215 °С. Рассмотрим высокотемпературный полимер, доступный сейчас на рынке для 3D-печати, - ПЭЭК (полиэфирэфиркетон), от немецкой компании Indmatics. Его прочность 98 МПа, модуль упругости 4 ГПа, температура плавления 410 °С [6]. ПЭЭК имеет высокие температурные параметры для полимера, однако не имеет такую же механическую прочность как Д16Т. Прочность угленасыщенного ПЭЭК, (например, Victrex 150CA30 [5]) составляет 265 МПа, модуль упругости - 28 ГПа. Конструкционный углепластик имеет прочность при растяжении вдоль направления армирования порядка 2500 МПа. Модуль упругости при растяжении вдоль направления армирования 150 ГПа, плотность - 1500 кг/м<sup>3</sup>. Прочность при растяжении поперек волокон у углепластика составляет порядка 50 МПа, модуль упругости - 10 ГПа [7]. Главная особенность конструкционного углепластика заключается в направленном характере свойств, то есть этот материал обладает анизотропией. В представленной ниже табл.1 приведены параметры полимеров, используемых для конструкционных деталей в сравнении с алюминиевым сплавом Д16Т.

**Таблица 1**

**Сравнение физических свойств конструкционных материалов широкого применения**

Материал	Предел прочности при растяжении, МПа	Модуль упругости, ГПа	Температура плавления, °С
Д16Т	450	70	650
ПЛА	30	2,3	215
АБС	35	1,6	250
FormaX	35,5	3,21	300
ПЭЭК	98	4	343
Victrex 150CA30	265	28	360
Конструкционный углепластик	2500	150	410

Существует две проблемы при печати угленаполненными и высокотемпературными полимерами. Первая проблема связана с необходимостью нагрева экструдера до 420 °С, так как большая часть персональных принтеров трехмерной печати рассчитаны на печать при 280 °С. Использование нагревательных элементов промышленного качества значительно удорожает конструкцию. Не менее важной проблемой производства деталей из высокотемпературных полимеров является сжатие или деформация во время печати, что связано с неравномерностью температуры материалов при нагреве или охлаждении. Если температура экструдера при печати 300 - 420 °С, то возникает слишком большая разница температур с внешней средой. Угленаполнение частично решает проблему деформаций и усадок, уменьшая механическое напряжение при остывании. Однако оно все же не обеспечивает сохранение точной геометрии детали при больших габаритах. Высокотемпературные и угленаполненные материалы необходимо печатать в закрытой камере для изоляции внешних потоков холодного воздуха. Чем более равномерное и постепенное охлаждение будет после печати, тем лучше будут характеристики механической прочности.

Решением проблемы деформации и сжатия может послужить подогрев рабочей закрытой камеры с управлением температуры и влажности. Опыты показали, что подобные системы сводят к минимуму сжатие и деформации во время печати. Для повышения эффективности может использоваться дополнительная система сушки полимера во время печати и подачи преднагретого материала в экструдер. Использование таких систем позволит получать детали, имеющие повышенную межслойную адгезию. Межслойная адгезия в свою очередь обеспечивает увеличение запаса механической прочности на разрыв между слоями в 2 раза.

Недорогим решением проблемы, связанной с необходимостью нагрева экструдера до 420 °С может послужить конструктивная модернизация. Для поиска наилучшего решения был произведен температурный анализ конструкции с использованием программного пакета конечно-элементного моделирования Solidworks Simulation [8]. В рамках анализа выбран керамический нагревательный элемент мощностью 40 Вт, также в расчете учитывается тепло от мотора подачи мощностью 4,7 Вт

На рис.2 представлена трехмерная модель конструкции печатающей головки, используемая для теплового анализа.

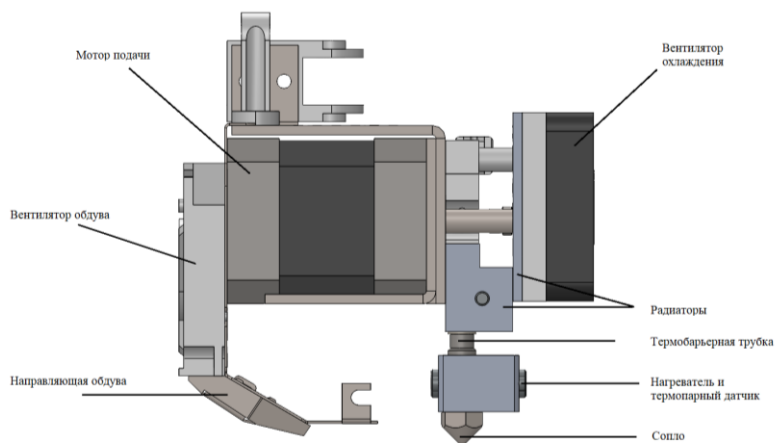


Рис.2. Конструкция печатающей головы

Температурный анализ показал, что при нагреве в течение 4 минут экструдер достигает 300 °С и происходит перегрев элементов конструкции и управляющей электронной платы.

Для решения вышеуказанных проблем был произведен ряд изменений конструкции экструдера: алюминиевый блок нагревателя дополнялся наружной огнеупорной керамической ватой с теплопроводностью 0,3 Вт/(м·К) и фиксировался стальным кожухом. Также заменен материал термобарьерной трубки: вместо стального сплава 12Х1МФ предложено использование сплава 20Х13 с высоким содержанием хрома и теплопроводностью 18 Вт/(м·К). Латунное сопло было заменено на стальное. Для поиска оптимального результата диаметр «горлышка» термобарьерной трубки варьировался в диапазоне 3 - 5 мм. Результаты проведенных расчетов представлены на рис.3.

На графике представлено изменение температуры экструдера по длине подачи прутка в 11 точках. С помощью проведенных расчетов определялась оптимальная модификация конструкция блока экструдера. Добавление кожуха, ваты и замена материалы термобарьера на сплав 20Х13 при диаметре 5 мм позволяет блоку нагреваться до 370 °С. Этого недостаточно для печати ПЭЭК. При минимальном диаметре «горлышка» термобарьерной трубки 3 мм блок нагревается до 490 °С, что избыточно в нашем случае. Оптимальным является вариант с диаметром трубки 3,5 мм, с учетом погрешности расчета равной 10 %. С такой кон-

струкцией блок нагревается до 450 °С, при этом температура электроники и внешней конструкции не превышает допустимые 75 °С.

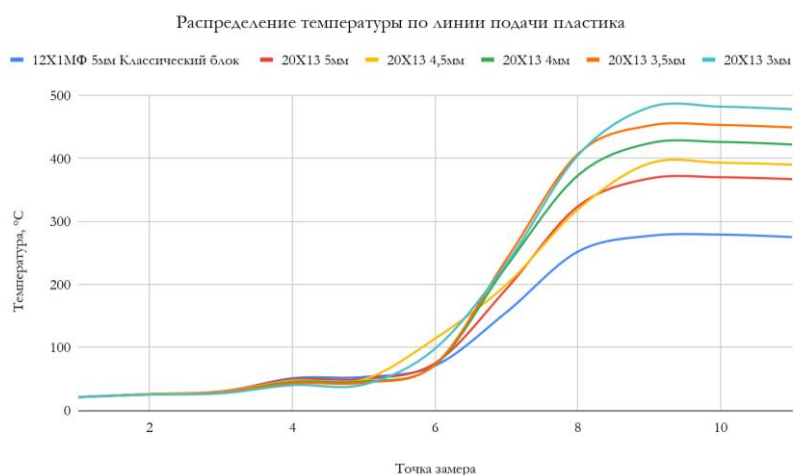


Рис.3. График сравнения температур

Таким образом, в работе был проведен анализ двух основных проблем трехмерной печати высокотемпературными полимерами: необходимость в нагреве экструдера выше 420 °С и деформации при печати. Проведена модернизация конструкции экструдера, обеспечивающая нагрев до 420 °С. Полученный результат дает возможность применения высокотемпературных материалов в серийных устройствах трехмерной печати.

#### Используемые источники

1. Most used 3D printing technologies in 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/560304/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/>
2. Технологии 3d печати. [Электронный ресурс]. URL: <https://3dmf.ru/wiki/tehnologii-3d-pechati.html>
3. Производитель расходных материалов REC. FormaX пластик X-line 1.75мм [Электронный ресурс]. URL: <https://rec3d.ru/plastik-dlya-3d-printerov/spetsialnye-materialy/formax-plastik-rec-1-75mm-2kg/>

4. Производитель расходных материалов REC. Ultran пластик X-line 1.75мм [Электронный ресурс]. URL: <https://rec3d.ru/plastik-dlya-3d-printerov/spetsialnye-materialy/ultran-plastik-rec-1-75mm/>
5. VICTREX® PEEK 150CA30 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.victrex.com/~media/datasheets/victrex\\_tds\\_150ca30.pdf](https://www.victrex.com/~media/datasheets/victrex_tds_150ca30.pdf)
6. Высокотехнологичные инженерные пластики и изделия из них [Электронный ресурс]. URL: <https://plastimet.ru/plastiki/>
7. Доступная карбоновая 3D печать у вас дома. [Электронный ресурс]. URL: <https://3dnetprint.ru/blog/available-carbon-3d-printing-in-your-home/>
8. SOLIDWORKS Simulation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-simulation>



**Никелевое гальванохимическое покрытие, модифицированное  
одностенными углеродными нанотрубками**

*М.А. Лобков, магистрант Институт ПМТ,  
Н.С. Сеньченко, магистрант Институт ПМТ,  
П.Д. Буленков, магистрант Институт ПМТ,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: lobkov1997@gmail.com*

**Nickel galvanized chemical coating modified with single-walled carbon  
nanotubes**

*M. Lobkov, graduate student of Institute PMT,  
N. Senchenko, graduate student of Institute PMT,  
P. Bulenkov, graduate student of Institute PMT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В данной работе изучены особенности формирования никелевых покрытий, модифицированных одностенными углеродными нанотрубками (ОУНТ), гальваническим методом. Проведена оценка степени влияния концентраций ОУНТ на толщину сформированных слоев. Определены предельные значения ключевых параметров гальванического формирования никелевых покрытий с ОУНТ. Определен расход ОУНТ при проведении никелирования, а также исследована коррозионная стойкость сформированных покрытий. Также в работе были произведены исследования микротвердости и адгезионной стойкости никелевых покрытий с целью определения оптимальных режимов формирования модифицированных защитных слоев.

**Abstract**

In this paper, we studied the features of the formation of nickel coatings modified by single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) by the galvanic method. The degree of influence of SWCNT concentrations on the thickness of the formed layers is estimated. The limiting values of the main parameters of the galvanic formation of nickel coatings with SWCNTs are determined. The consumption of SWCNTs during nickel plating was determined, and the corrosion resistance of the formed coatings was studied. The microhardness and adhesion resistance of nickel coatings were

also studied in order to determine the optimal formation conditions of modified protective layers.

**Ключевые слова:** никелевые покрытия, одностенные углеродные нанотрубки, гальванический метод, коррозионная стойкость, микротвердость, адгезионная стойкость.

**Keywords:** nickel coatings, single-walled carbon nanotubes, galvanic method, corrosion resistance, microhardness, adhesion resistance.

В настоящее время наблюдается значительный рост в изучении углеродных наноматериалов среди исследователей во всем мире. В частности, особое внимание уделяют нанотрубкам, которые обладают: экстремальной прочностью; рекордной электро- и теплопроводностью; термической стабильностью; низким удельным весом; способностью образовывать химические соединения с огромным диапазоном веществ. Таким образом, одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) - это универсальная добавка, способная улучшить свойства используемых материалов.

В данном случае в качестве материала для изучения влияния концентрации нанотрубок в нем, принят электролитический никель, который используется в приборостроении, машиностроении и промышленности. Никелевое покрытие имеет ряд преимуществ перед медными, цинковыми, хромовыми и кадмиевыми, а именно имеет: высокую коррозионную стойкость в агрессивных средах и антифрикционные свойства. Но в современных условиях требования к покрытиям постоянно ужесточаются и необходимо формировать слои с более высокой твердостью, адгезией и износостойкостью.

Для изучения особенности формирования никелевых покрытий, модифицированных ОУНТ необходимо рассмотреть зависимость толщины покрытия от объема добавленной суспензии, содержащей углеродные нанотрубки (рис.1).

Из рис.1 видно, что при увеличении объема раствора ОУНТ в электролите уменьшается толщина покрытий, сформированных при тех же технологических условиях, что и слои никеля без ОУНТ. Так же следует заметить, что толщины покрытий с ОУНТ имели значения около 5,5 мкм при различных параметрах осаждения. Предполагается, что на первой стадии ионы никеля с помощью электрофоретического переноса, седиментации осели на поверхности катода. На второй стадии

благодаря электростатическим, адсорбционным или гравитационным силам ОУНТ осели на поверхность никелевого слоя, но дальнейшего роста плёнки не произошло.

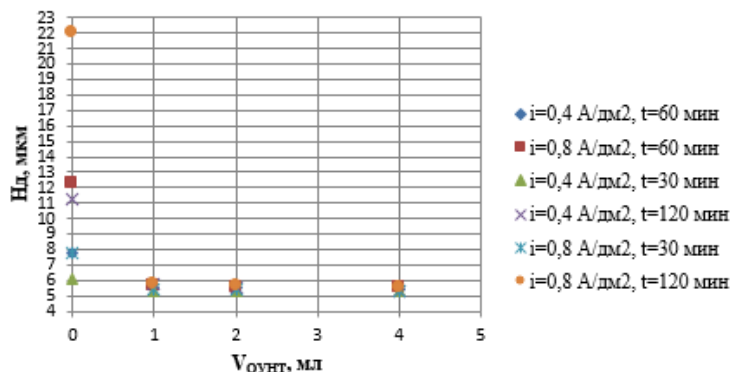


Рис. 1. Зависимость толщины покрытия от объема, добавленного 0,2 % раствора ОУНТ при различных параметрах никелирования

Так же из представленной зависимости можно сделать вывод, что при добавлении суспензии в электролит толщина сформированных покрытий слабо зависит от времени процесса и плотности тока. Более того с увеличением концентрации ОУНТ в электролите скорость осаждения никеля уменьшается, из-за этого возникают трудности с формированием слоёв должной толщины. Никелирование с применением ОУНТ больше 60 минут является нецелесообразным, так как толщины практически не отличаются друг от друга и имеют очень близкие значения около 5,5 мкм [1].

При этом анализ состава используемых электролитов показал, что суспензия расходуется с одинаковой скоростью при одинаковых условиях формирования (рис.2).

Достоинством большинства никелевых покрытий является способность никеля к глубокой пассивации с образованием на своей поверхности тонкой прозрачной беспористой плёнки, способной защищать никель при обычных условиях в течение длительного времени. Однако, если рассматривать однослойные никелевые покрытия, то из-за их высокой пористости снижаются защитные свойства таких покрытий [2].

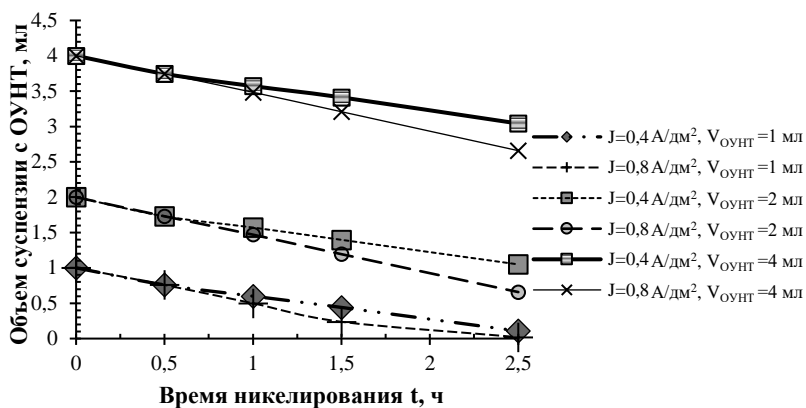


Рис.2. Зависимость объема суспензии с ОУНТ от времени никелирования при различных параметрах никелирования

Исследование коррозионной стойкости проводилось согласно ГОСТ 9.308-85 ЕСЗКС [3], в рамках которого образцы подвергались воздействию нейтрального соляного тумана. По полученным результатам было установлено, что при никелировании с ОУНТ коррозионная стойкость получаемых покрытий существенно увеличилась (примерно в 30 раз).

Основной задачей таких покрытий является не только антикоррозионная защита, но и повышение поверхностной твердости материалов. Исследование микротвердости полученных никелевых покрытий с целью определения оптимальных режимов формирования модифицированных защитных слоев проводили с использованием нанотвердомера «НаноСкан-3D». Установлено, что даже небольшие концентрации ОУНТ в никелевых покрытиях приводит к значительному улучшению изучаемых характеристик (рис.3) [4].

Проанализировав сводные данные по адгезии, микротвердости и коррозионной стойкости, лучшие показатели достигаются при  $t = 120$  мин и  $j = 0.8 \text{ A/дм}^2$ , но увеличение физико-механических и химических свойств наблюдается и при меньшей длительности формирования слоев, или более низких значениях плотности тока. Выбор оптимальных условий формирования модифицированных ОУНТ никелевых покрытий следует проводить исходя из требуемых пределов по толщине слоя и длительности процесса.

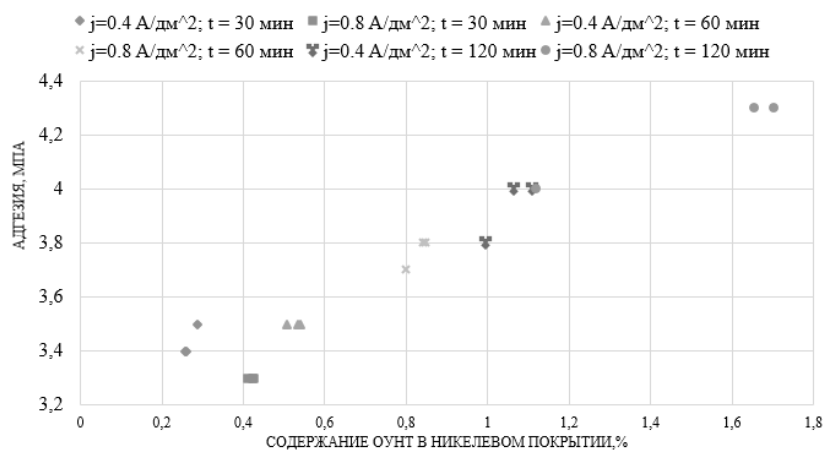


Рис.3. Зависимость значения адгезии материала от % содержания в них ОУНТ

### Используемые источники

1. Буленков П.Д. Исследование влияния технологических параметров гальванического осаждения никелевых покрытий на их геометрические характеристики: ВКР: 22.03.01 [на правах рукописи]. М.: МИЭТ. 2019. 53 с.

2. Сеньченко Н.С. Исследование взаимосвязи элементных составов растворов электролитов и сформированных гальваническим способом никелевых покрытий с одностенными углеродными нанотрубками: ВКР: 22.03.01 [на правах рукописи]. М.: МИЭТ. 2019. 70 с.

3. ГОСТ 9.308-85. Защита от коррозии. Ч.1. Покрытия металлические и неметаллические неорганические: Сб. ГОСТов. М.: Издательство стандартов, 1990. 38 с.

4. Лобков М.А. Исследование физико-механических свойств никелевых покрытий с применением ОУНТ: ВКР: 22.03.01 [на правах рукописи]. М.: МИЭТ. 2019. 43 с.

**Исследование MNOS мемристора без формовки на основе LPCVD нитридного слоя**

*О.М. Орлов, к.т.н., доцент, нач. лаборатории АО «НИИМЭ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: oorlov@niime.ru*

**The research MNOS of the MNOS forming-free memristor based on LPCVD nitride layer**

*O.M. Orlov, Ph.D.Eng., Associate Professor, Head of laboratory  
of SC«MERI»,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье рассматриваются перспективные направления развития резистивной энергонезависимой памяти ReRAM. Нитрид кремния является перспективным резистивным переключающим слоем для мемристоров. В данной работе проведено экспериментальное исследование эффекта переключения и переноса заряда в мемристоре на основе нитрида кремния для двух разных типов металла (Ni, Co) верхнего электрода.

**Abstract**

The article describes promising directions of development of non-volatile resistive memory ReRAM. Silicon nitride is a promising resistive switching layer for memristors. In this work we conducted an experimental researches of the switching effect and charge transport in memristores based on silicon nitride for various types of metal of the top electrode (Ni, Co).

**Ключевые слова:** МНОП, мемристор, формовка, нитрид кремния, КМОП.

**Keywords:** MNOS, memristor, forming-free, silicon nitride, CMOS.

Для КМОП с проектной норм 28 нм и ниже интеграция приборов для таких перспективных направлений, как high-k metal gate High-K, FD-SOI, FinFET и других, с Flash памятью значительно усложняется и желательны более простые решения. Одним из наиболее перспективных

решений, обеспечивающим высокие технические характеристики, включая высокую степень интеграции и быстродействие, является энергонезависимая резистивная память с произвольным доступом ReRAM (Resistive Random Access Memory). Принцип функционирования мемристора основан на переключении диэлектрической активной среды между логическими состояниями с высоким резистивным состоянием (High Resistance State - HRS) и низким резистивным состоянием (Low Resistance State - LRS).

Различные нестехиометрические диэлектрики, такие как  $\text{HfO}_x$ ,  $\text{ZrO}_x$ ,  $\text{TaO}_x$ ,  $\text{AlO}_x$ ,  $\text{NbO}_x$  и  $\text{SiO}_x$ , изучаются в качестве активной среды [1,2] ReRAM элементов хранения в настоящее время. Преимущество нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) перед другими диэлектриками заключается в том, что нитрид кремния совместим с кремниевой технологией и является одним из ключевых диэлектриков в КМОП схемах. В отличие от оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), нитрид кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) имеет высокую концентрацию электронных ловушек и широко используется в качестве среды хранения связанного заряда на ловушках во Flash памяти [3]. Несмотря на многие проведенные исследования, механизм переноса заряда в ReRAM на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$  все еще не ясен [4, 5]. Структуры металл-нитрид-оксид-кремний Ni (100нм)/  $\text{Si}_3\text{N}_4$ (4 нм) /  $\text{SiO}_2$ (2 нм) / p+ Si и Co (100 нм)/  $\text{Si}_3\text{N}_4$ (4 нм) /  $\text{SiO}_2$ (2 нм) / p+ Si, которые проявляют мемристорские свойства, были получены с использованием химического осаждения из паровой фазы при низком давлении (Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD) при 700 °C в смеси  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{NH}_3$  (в соотношении ~ 1:3). Ионная имплантация ионов  $\text{BF}_2^+$  была выполнена для формирования высоколегированного слоя p+ -типа в подложке с последующим быстрым термическим отжигом. На заключительном этапе формировался металлический верхний электрод (толщиной 100 нм) с помощью термического испарителя с использованием теневой маски. Нижний электрод (p+Si) был заземлен во время измерения. Изготовленная структура ReRAM металл-нитрид-оксид-кремний не требует процедуры формовки. Диаметр электрода составлял 300 мкм для второй группы образцов с никелем (Ni) и кобальтом (Co).

На рис.1 показано, что типичное биполярное резистивное переключение (1 цикл) наблюдается в изготовленной структуре МНОП. Исследования образцов второй группы показали, что для структуры с Ni в качестве верхнего электрода  $V_{\text{set}} = 4.3$  В,  $V_{\text{reset}} = -2.7$  В при ограничении тока для set и reset около 3 ма, для структуры с Co в качестве верхнего электрода  $V_{\text{set}} = 3$  В,  $V_{\text{reset}} = -2.7$  В (рис.1) при соответствующем

ограничении тока для set около 3 мА и reset около 5 мА. После 3 циклов параметры  $V_{set}$  и  $V_{reset}$  оставались стабильными. Окно памяти («memory window») для Ni составило около 4 - 5 порядков, для Co около 6 порядков для set и около 2 порядков для reset. Основные параметры ВАХ и переключения мемристоров с верхним электродом из разных металлов близки ( $V_{set} = 3 - 4,3$  В,  $V_{reset} = -2,7$  В) и сильно зависят от технологии изготовления активного слоя МНОП мемристора.

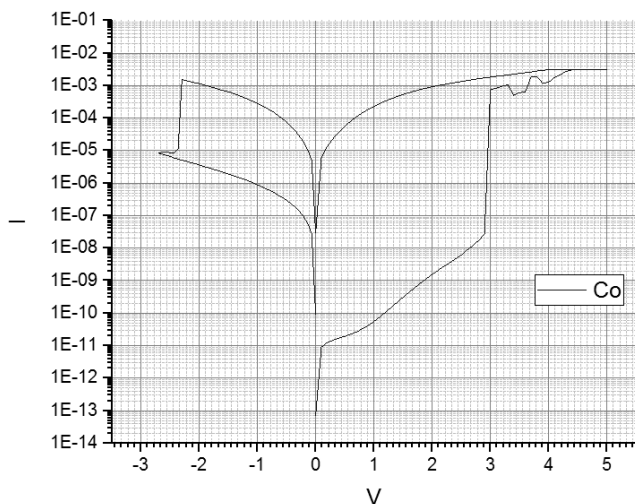


Рис.1. Циклирование МНОП мемристора на основе  $Si_3N_4$  с помощью петли переключений «voltage sweep» (1 цикл HRS-LRS)

Следует отметить, что ток утечки достаточно мал при комнатной температуре в исходном состоянии. Дополнительно проводились исследования транспорта заряда в диапазоне температур 298 - 450 К, которые показали, что основной механизм переноса заряда в структуре металл-нитрид-оксид-кремний (МНОП) в высокоомном состоянии описывается моделью тока с ограниченным пространственным зарядом с ловушками. В состоянии низкого сопротивления механизм переноса заряда описывается моделью тока с ограниченным пространственным зарядом с заполненными ловушками. Параметры ловушки определялись в мемристоре на основе  $Si_3N_4$  в состоянии высокого сопротивления. Хотя вольт-амперные характеристики в состоянии LRS слабо зависят от тем-



пературы (соответственно модель Френкеля не применима для описания переноса заряда), ток в омической части вольт-амперной характеристики увеличивается с ростом температуры, и это указывает на то, что природа проводящего канала «филамента» ближе к полупроводнику, чем к металлу.

В работе были получены структуры МНОП с верхним электродом из металлов, таких как никель и кобальт, проявляющие мемристорные свойства. Мемристор МНОП не требует процедуры формовки. Основные параметры ВАХ и переключения полученных мемристоров ( $V_{set} = 3 - 4,3$  В,  $V_{reset} = -1,6 - -2,7$  В). Окно памяти МНОП структуры для Ni составило около 4-5 порядков, для Co около 6 порядков для set и около 2 порядков для reset.

Материалы данной работы были доложены на 4-ой международной научно-практической конференции «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА» <https://miet.ru/page/121972> (место проведения: Россия, Кабардино-Балкария, пос. Эльбрус, 3.02-8.02 2020 г.)

Благодарность: Изготовление экспериментальных образцов и экспериментальные исследования были выполнены по гранту Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-03018\19).

#### Используемые источники

1. *Meena J.S. et al.* Overview of emerging nonvolatile memory technologies // *Nanoscale Research Letters*, 9:526, 2014.

2. *Orlov O., Krasnikov G.* Perspective directions of non-volatile memory FeRAM and ReRAM based on thin HfO<sub>x</sub> layers and their features (invited) // *IV INTERNATIONAL CONFERENCE on MODERN PROBLEMS IN PHYSICS OF SURFACES AND NANOSTRUCTURES ICMPNS 2019*, Book of Abstracts, 26-29 August 2019, Yaroslavl, RUSSIA, p.20.

3. *Gritsenko V.A.* in *Thin Films on Si: Electronic and Photonic Applications*, edited by V. Narayanan, M. Frank and A. A. Demkov (World Scientific Press, 2016), pp. 273-322.

4. *Kim S., Jung S., Kim M.H., Kim T.H., Bang S., Cho S. and Park B.G.* *Nanotechnology* 28 (12) (2017).

5. *Tikhov S.V., Mikhaylov A.N., Belov A.I., Korolev D.S, Antonov I.N., Karzanov V.V., Gorshkov O.N., Tetelbaum D.I., Karakolis P. and Dimitrakis P.* *Microelectron Eng* 187, 134-138 (2018).

**Угрозы безопасности децентрализованной системы  
аутентификации, направленные на подсистему рейтинговой оценки**

*А.Д. Бессонов, магистр кафедры ТКС,  
А.В. Шарамок, к.т.н. доцент кафедры ТКС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: bsbessonov56@gmail.com, sharamok@mail.ru*

**Threats to the rating subsystem of a decentralized authentication system**

*A.D. Bessonov, postgraduate student of the Department of TCS,  
A.V. Sharamok, Ph.D.Eng. Associate Professor at the Department of TCS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье приведена математическую модель угроз информационной безопасности для подсистемы рейтинговой оценки системы аутентификации устройств интернета вещей. На основании математической модели разработана и представлена модель угроз информационной безопасности разработанная в соответствии с методологией общих критериев оценки безопасности информационных технологий.

**Abstract**

The article presents a mathematical model of information security threats for the reputation system of the Internet of things device authentication system. Based on the mathematical model, a model of information security threats developed in accordance with the methodology of Common Criteria for Information Technology Security Evaluation is developed and presented.

**Ключевые слова:** Общие критерии, система рейтинговой оценки, модель угроз, интернет вещей, блокчейн, аутентификация.

**Keywords:** Common Criteria, reputation systems, threat models, Internet of things, blockchain, authentication.

Развитие интернета вещей приводит к необходимости создания дополнительных технологий, позволяющих обеспечивать взаимную аутентификацию участвующих во взаимодействии элементов (обеспечения их взаимного доверия). В настоящее время для решения этой за-

дачи в сети Интернет используется технология получившая название инфраструктура открытых ключей (PKI). Применение этой технологии в интернете вещей ограничивается рядом принципиальных трудностей технического и экономического характеров. Эти трудности связаны с унаследованностью системы (разработана в 80 - 90-х гг. прошлого века); ее ориентированностью на конечных пользователей, а не на устройства; заложенной экономической моделью в работу этой системы. Возможным вариантом решения задачи доверия и взаимной аутентификации элементов интернета вещей является создание технологии распространения доверия на основе криптографических решений и технологии распределенного реестра (блокчейн).

Одним из возможных решений является разработка и реализация моделей взаимного доверия технических устройств (устройств интернета вещей), моделирующих рейтинговое поведение в социальных системах [1]: присоединение к группе устройств с уже установившимися внутренними отношениями доверия, ознакомления с этими отношениями, формирование собственного рейтинга доверия, участие во взаимодействиях в группе с целью поддержания и повышения своего рейтинга доверия, переоценка рейтинга доверия на основе анализа происходящих событий и прочее. При этом система использует технологию распределенного реестра с исключением доверенной третьей стороны и экономической заинтересованности участников в обеспечении работоспособности системы.

Разрабатываемая система призвана повысить безопасность IoT за счет более широкого внедрения в силу более высоких технико-экономических показателей. В тоже время, время применение новых подходов, таких как использование рейтинговой оценки, создает предпосылки для появления новых видов угроз, по сравнению с классическими системами обеспечения аутентификации взаимодействующих субъектов. По причине существенного влияния подсистемы рейтинговой оценки на функционирование системы необходимо рассмотреть связанные с ней угрозы информационной безопасности.

Не вдаваясь в подробности реализации рейтинговой оценки представим в виде следующей системы функций:

$$\begin{cases} R_t^{i,j} = R_0(O^i), j=0..N-1 \\ R_{t+1}^{i,j} = B^j(R_t^{i,0}, R_t^{i,1}, \dots, R_t^{i,N-1}, C^{i,j}_t) \end{cases} \quad (1)$$

где  $N$  - число объектов в системе в момент времени  $t$ ;  $R_0$  - функция присвоения рейтинга объекту при его первичном вхождении в систему. Алгоритм присвоения первичного рейтинга является вопросом, выходящим за рамки системы и определяется императивно со стороны метасистемы;  $R_t^{i,j}$  - рейтинг  $i$ -го объекта в системе для  $j$ -го объекта в момент времени  $t$ . Рейтинг для  $i$ -го объекта формируется каждым объектом самостоятельно. Таким образом в каждый момент времени  $t$  рейтинг объектов системы представляет собой матрицу размером  $[N, N]$ , где строка  $i$  представляет собой рейтинги всех объектов системы, составленные  $i$ -м объектом. Соответственно  $i$ -й столбец - это рейтинги  $i$ -го объекта составленные для него всеми объектами системы;  $V^j$  - функция формирования рейтинговой оценки  $R_{t+1}^{i,j}$  в последующий момент времени  $t+1$   $j$ -м объектом для  $i$ -го объекта на основании текущих рейтинговых оценок  $R_t^{i,0}, R_t^{i,1}, \dots, R_t^{i,N-1}$   $i$ -го объекта всеми объектами системы и результатов взаимодействия  $j$ -го объекта с  $i$ -й объектом  $C_t^{i,j}$  в текущий момент времени.

В общем случае функция  $V^j$  для каждого объекта может быть индивидуальной. Отметим, что система рейтинговой оценки существует в рамках некоторого дискретного времени. С учетом привязки к функционированию некоторой блокчейн системы дискретное время привязано к формированию блоков. Необходимо отметить, что функция  $V^j$  реализуется непосредственно во взаимодействующих объектах, а функция  $R_0$  реализуется в умном договоре системы.

На основании изложенной модели функционирования системы рейтинговой оценки рассмотрим возможные угрозы, направленные на систему рейтинговой оценки:

- угрозы, связанные с модификацией функции  $R_0$ , могут быть реализованы путем модификации умного договора в блокчейне или некорректного его использования;

- угрозы, связанные с подменой, или модификацией идентичности объекта  $O^i$  при присвоении ему первичного рейтинга;

- угрозы, связанные с модификацией функции  $V^j$ , могут быть реализованы непосредственно в вычислительной среде взаимодействующих объектов;

- угрозы, направленный на  $R_{t+1}^{i,j}$  путем фальсификации рейтинговых оценок  $R_t^{i,0}, R_t^{i,1}, \dots, R_t^{i,N-1}$ . При этом фальсификация рейтинговых оценок возможна атакой на данные в блокчейн, что выходит за рамки нашей системы, или путем их подмены в процессе доставки от блокчейна. Например, путем подмены узлов блокчейна;

- угрозы, направленный на  $R_{t+1}^{ij}$  путем фальсификации результатов взаимодействия  $S_{t+1}^{ij}$  с  $i$ -м объектом, могут быть реализованы непосредственно в вычислительной среде взаимодействующих объектов.

Угрозы, связанные с изменением интервала времени  $[t, t+1]$  не рассматриваются, так как обеспечение корректного формирования блоков в блокчейне выходит за рамки ответственности рассматриваемой системы.

Учитывая изложенное выше общее описание угроз для подсистемы рейтинговой оценки сформируем модель угроз для подсистемы рейтинговой оценки в соответствии с методологией Общих критериев оценки безопасности информационных технологий [2] используя конкретный метод описания из [3] и рассмотренный в [4]. Угрозы безопасности раскрываются через понятия источника угрозы, уязвимости (предпосылки для нападения), метода нападения, актива, подверженно-го нападению. В представленном перечне угроз безопасности данные понятия выделены следующим образом:

- «источник угрозы» обозначается **полужирным текстом**;
- «уязвимость» обозначается заключенным в фигурные скобки {текстом};
- «метод нападения» обозначается подчеркнутым текстом;
- «подверженный нападению актив» обозначается *курсивным текстом*.

Каждая из представленных угроз для подсистемы рейтинговой оценки имеет обозначение следующего вида «TR.<название угрозы>».

#### **TR.INITIAL\_RATING\_FRAUD**

**Нарушитель (Н.ВНЕШНИЙ, Н.ВНУТРЕННИЙ)** используя {уязвимость в умном договоре} осуществляет некорректное формирование начального рейтинга объекта.

#### **TR.OBJECT\_IDENTETY\_FRAUD**

**Нарушитель (Н.ВНЕШНИЙ, Н.ВНУТРЕННИЙ)** используя {уязвимость в процедуре вхождения в систему} осуществляет некорректное формирование начального рейтинга объекта.

#### **TR.RATING\_FUNCTION\_MODIFICATION**

**Нарушитель (Н.ВНЕШНИЙ)** используя {уязвимость в обеспечении неизменности заложенного функционала} осуществляет модификацию программного обеспечения реализующего функцию формирования рейтинговой оценки в последующий момент времени.

#### **TR.RATING\_FRAUD\_RATES**

**Нарушитель (Н.ВНЕШНИЙ, Н.ВНУТРЕННИЙ)** используя {уязвимости в протоколах взаимной аутентификации клиента и блок-

чейна} путем подмены источника данных создает условия для некорректного формирования *рейтинга объекта в последующий момент времени*.

#### **TR.RATING\_FRAUD\_RESULTS**

**Нарушитель (Н.ВНЕШНИЙ)** используя {уязвимости в программном обеспечении объекта} путем несанкционированного изменения результатов взаимодействия создает условия для некорректного формирования *рейтинга объекта в последующий момент времени*.

В изложенных выше описаниях угроз подразумеваются источники угроз, рассмотренные в [4].

Приведенный в настоящей статье анализ позволил сформулировать математическую модель угроз информационной безопасности для подсистемы рейтинговой оценки системы аутентификации устройств интернета вещей. На основании математической модели разработана и представлена модель угроз информационной безопасности разработанная в соответствии с методологией общих критериев оценки безопасности информационных технологий, что позволит в дальнейшем разработать модель угроз, сформулировать цели безопасности, что в конечном итоге позволит разработать профиль безопасности или задание по безопасности для системы аутентификации устройств интернета вещей.

#### **Используемые источники**

1. *Зикратов И.А., Зикратова Т.В., Лебедев И.С., Гуртов А.В.* Построение модели доверия и репутации в объектах мультиагентных роботехнических систем с децентрализованным управлением, Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2014, № 3(91), с. 30-38.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2012 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий.

3. Удостоверяющие центры инфраструктуры открытых ключей. Защита от несанкционированного доступа к информации. Профиль защиты (проект, редакция 01) // ЗАО «Удостоверяющий центр», 2003.

4. *Шарамок А.В.* О методе разработки модели источника угроз // Вопросы защиты информации. 2013. № 1(100). с. 26-31.

**Разработка умного датчика для организации системы контроля подлинности показаний сенсоров при их обработке и хранении**

*А.С. Марышев, магистр кафедры ТКС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: marysheff.andrey@mail.ru*

**Development of a smart sensor for organizing a system for monitoring the authenticity of sensor readings during their processing and storage**

*A.S. Maryshev, graduate student of TCS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Рассмотрена система для обеспечения контроля подлинности получаемых показаний с различного рода датчиков интернета-вещей. Представлена архитектура «умного» датчика, обеспечивающего хранение собранных данных в распределенном реестре (блокчейн). В качестве блокчейн используется распределенная система Ethereum, обеспечивающая достоверность данных в процессе их хранения и их обработке с использованием умных контрактов.

**Abstract**

A system for ensuring the authenticity of testimony from various sensors of the Internet of things is considered. The architecture of a “smart” sensor that provides storage of collected data in a distributed registry (blockchain) is presented. As a blockchain, a distributed Ethereum system is used, which ensures the reliability of data during storage and processing using smart contracts.

**Ключевые слова:** блокчейн; интернет вещей; датчик; сенсор; безопасность; IoT; информационная система; беспроводные сети.

**Keywords:** blockchain; internet of things; sensor; security; IoT; Information system; wireless network.

В ходе стремительного развития технической области, количество электронных устройств в мире растёт с невероятной скоростью. Одним из наиболее актуальных направлений является направление интернета-

вещей (Internet Of Things, IoT). Прогнозируемое количество всевозможных датчиков по данным сообщества Statista к 2025 г. будет составлять 75,44 млрд [1]. Удаленный контроль и управление по средствам устройств IoT открывает большие возможности и требует особого внимания [2].

В настоящее время возрастает важность данных получаемых от разнородных датчиков физических величин. В ряде случаев эти данные и формируемая на их основе информация может иметь прямое влияние на критические для функционирования организаций, общества и отдельных людей процессы. Так показания датчиков систем экологического мониторинга могут напрямую влиять на социальную, экономическую и политическую обстановку отдельных региональных сообществ и страны в целом [3].

Указанное обстоятельство требует обеспечивать подлинность данных (показаний) датчиков. Стоит отметить, что необходима система, поддерживающая полноценный мониторинг с управлением событиями и рисками в реальном времени.

Подлинность подразумевает, что информация на всех этапах ее жизненного цикла и с течением времени остаётся достоверной с некоторой допустимой погрешностью. Эта погрешность может возникнуть в процессе измерений или в процессе выполнения вычислительных процедур и носит предсказуемый характер, определяемый точностью измерительных и вычислительных средств.

При применении технологии блокчейн возможно обеспечить подлинность показаний датчика с момента формирования транзакции с данными от умного датчика до момента их уничтожения в системе. Суть решения заключается в записи в публичный блокчейн на каком-то из этапов обработки данных самих данных или их цифрового отпечатка (хеш-значения). Подобная запись приведет к сохранению навечно в блокчейне записанных данных или их отпечатка, что позволит в дальнейшем пользователям системы осуществлять контроль подлинности данных в системе.

В ходе анализа была выбрана технология блокчейн Ethereum, и разработана архитектура «умного датчика», необходимая для организации системы, отвечающей требованиям безопасности и подлинности данных в IoT.

Технология Ethereum, обладает такими важными характеристиками как:

- открытый исходный код;
- децентрализация;



- работа на основе смарт-контрактов.

Применение технологии блокчейн позволит сократить издержки, риски и какие-либо коррупционные составляющие [4, 5].

Основным техническим параметром системы является «умный» датчик, в составе которого (рис.1):

- процессор обработки показаний;
- беспроводного/проводного интерфейса передачи показаний датчика;
- интерфейса первоначальной настройке датчика;
- система электропитания и обеспечения функционирования датчика.

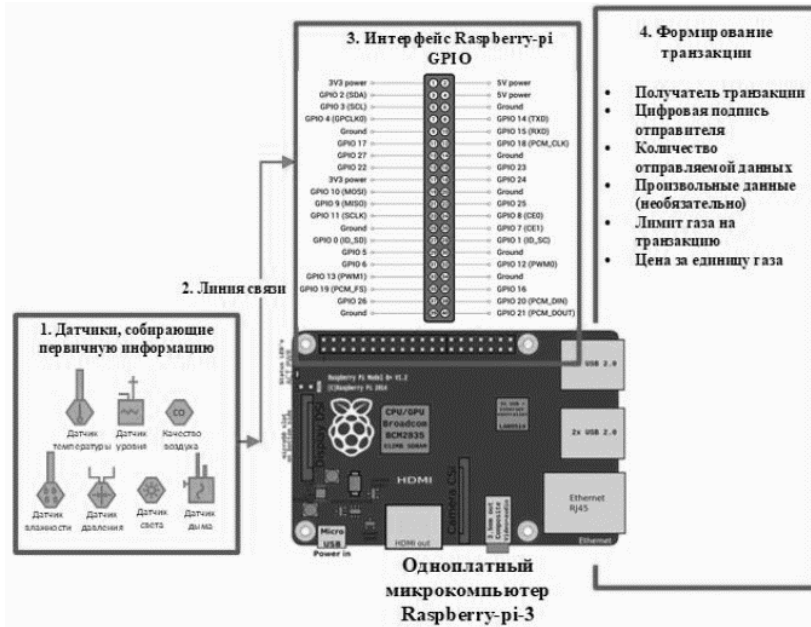


Рис.1. Концепция «умного» датчика

С точки зрения обеспечения безопасности к умному датчику предъявляются следующие требования:

- соответствие требования к криптографическим модулям по стандарту FIPS-140-3 (ISO/IEC 19790:2012) Level 3;

- настраиваемая эллиптическая криптография secp256k1, ECDSA, ГОСТ 34.10-2018;
- управление политикой устройства и криптографическими ключами с внешнего приложения;
- индикация режима работы устройства;
- формирование защищенных транзакций и их поправка в блокчейн Ethereum;
- защита от несанкционированного доступа к устройству.

Хранение показаний датчиков осуществляется в распределенном реестре (блокчейн), что позволяет с одной стороны обеспечить подлинность хранимых данных (их неизменность на протяжении периода актуальности данных), с другой стороны позволяет использовать эти данные при их обработке «умными» контрактами и принимать в автоматическом режиме на их основе значимые решения (рис.2).



Рис.2. Клиентская часть на основе распределенного реестра

Преимущества предлагаемого решения, за счет использования технологии блокчейн для устройств IoT [6]:

- повышение безопасности и гарантированная подлинность (распределенные сети не имеют единой точки уязвимости или отказа);
- защита от несанкционированного доступа (асимметричная криптография и создание временных меток с хранением данных о транзакции);
- автоматизация (возможность действовать независимо, согласно прописанным условиям в смарт-контрактах);
- снижение расходов (отсутствие централизации позволяет избежать монополизации поставщиков услуг);
- отсутствие необходимости доверия (распределенный реестр используется для верификации данных, в то время как смарт-контракты обеспечивают автоматизацию процесса).

Функциональным назначением рассмотренной в статье системы является обеспечение подлинности данных (показаний) получаемых от датчика некоторой физической величины. Хранение показаний датчиков осуществляется в распределенном реестре (блокчейн), что позволяет с одной стороны обеспечить подлинность хранимых данных (их неизменность на протяжении периода актуальности данных), с другой стороны позволяет использовать эти данные при их обработке умными контрактами и принимать на их основе финансово значимые решения. Использование децентрализованной системы хранения данных и умных контрактов, обеспечит подлинность, автоматизацию и прозрачность в обработке, хранении и агрегировании данных сферы IoT.

#### **Используемые источники**

1. Немецкий онлайн-портал статистики, предоставляет данные, собранные институтами исследования рынка и общественного мнения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

2. *Бородин В.А.* Интернет вещей-следующий этап цифровой революции // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2(5).

3. *Шарамок А.В.* Автоматизированная система мониторинга окружающей среды как объект защиты информации // Вопросы защиты информации: Науч.-практ. журн. ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2020. Вып. 1(128). С. 61-67.

4. *Тарасов Е.С. и др.* Анализ подходов к мониторингу и управлению инфраструктурой Интернета вещей на основе блокчейн //Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2018. № 2(221).

5. *Лелу Л.* Блокчейн от А до Я. Все о технологии десятилетия. Litres, 2018.

6. *Пестунов А.И.* Криптовалюты и блокчейн: потенциальные применения в государстве и бизнесе // ЭКО. 2018. № 8. С. 78-92.

**Измерение радиопоглощения тонких пленок с ограниченной площадью поверхности**

*М.А. Соколов, стажёр-исследователь кафедры ТКС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: Sokolov.max95@mail.ru*

**Radar absorption measurement of the limited surface area thin films**

*M. Sokolov, Research Assistant department of TCS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

С появлением современного технологического оборудования появилась возможность наносить тонкие материалы на разные поверхности. Этот процесс генерирует структуры с различными физическими свойствами. Одним из наиболее важных физических свойств для радиотехники является радиопоглощение материала. В лабораторных условиях не всегда возможно получить материалы достаточных размеров для того, чтобы провести полноценные исследования на радиопоглощение. В результате был разработан метод, позволяющий измерять тонкие пленки ограниченной области на радиопоглощение в различных частотных диапазонах.

**Abstract**

With the advent of modern fabrication equipment, it has become possible to apply thin materials on different surfaces. This process generates structures with different physical properties. One of the most important physical properties for radio engineering is the radar absorption of structure. In laboratory conditions, it is not always possible to obtain materials of sufficient size, to carry out full-fledged research on radar absorption. As a result, a method was developed that allows to measure thin films of a limited area for radar absorption in different frequency ranges.

**Ключевые слова:** тонкие плёнки, измерения, радиопоглощение, частотный диапазон.

**Keywords:** radar absorption, measurements, frequency ranges, thin films.

## **Введение**

Электрические, оптические и теплофизические свойства малых проводящих частиц и тонких слоев могут существенно отличаться от свойств массивных образцов [1,2]. С классической кинетической точки зрения это отличие обусловлено тем, что линейные размеры а рассматриваемых объектов могут быть сравнимы с длиной свободного пробега носителей заряда, при этих условиях характер взаимодействия носителей заряда с границей образца начинает оказывать значительное влияние на его свойства [3]. Изучение свойств малых частиц и тонких плёнок вызывает большой теоретический интерес и обеспечивает их широкое использование в разнообразных технических приложениях [4].

Таким образом изучение радиопоглощения тонких плёнок является перспективным исследованием [1 - 4]. Данные структуры могут найти применение в различных областях радиотехники, электроники и др [5]. Одним из наиболее актуальных применений этих структур является понижение вероятности обнаружения объектов радиолокационными станциями – стелс-технологии [6]. Однако расчётные габаритные размеры образцов в рассмотренных работах редко достигает  $4 \text{ см}^2$ . В таких условиях можно проводить измерения для данных частотных диапазонов с использованием волноводно-коаксиальных переходов. Уменьшение частот до диапазонов GSM, LTE, 3G и нижнего диапазона 5G потребует увеличение площади поверхности поглощающего материала, выполнение которого в лабораторных условиях не всегда возможна [7].

### **Методика измерений**

Для получения экспериментальных данных о радиопоглощении тонких плёнок была разработана методика измерений.

В качестве измерительного устройства был выбран эталонный векторный анализатор цепей R&S ZVA 40. Данная опция векторного анализатора цепей работает в диапазоне от 10 МГц до 40 ГГц, абсолютная погрешность измерения модуля коэффициента передачи не более  $\pm 0,3 \text{ дБ}$ .

Так как данный векторный анализатор цепей работает с коаксиальными соединителями, было принято решение об использовании 2-ух коаксиальных кабелей N типа. К данным кабелям подключались волноводно-коаксиальные переходы различных сечений, ввиду того что, каждое сечение переходов рассчитано на свой частотный диапазон.

Ввиду использования кабелей и различных волноводно-коаксиальных переходов стоит задача переприсоединения отдельных частей тракта. Это сказывается на полученных характеристиках. Для того, чтобы снизить влияние данных операций на получаемые результаты, необходимо поводить калибровку перед каждым изменением диапазона

измерений. В ходе калибровки устанавливаться значения короткого замыкания, холостого хода, согласованной нагрузки и характеристика тракта.

Для проведения измерений на радио поглощение образцов, было использовано следующее оборудование:

- Векторный анализатор цепей R&S ZVA 40 коаксиальных кабеля с разъёмами типа N.
- Переходы волноводно-коаксиальные 16X8, 11X5,5.

Схема установки представлена на рис.1.

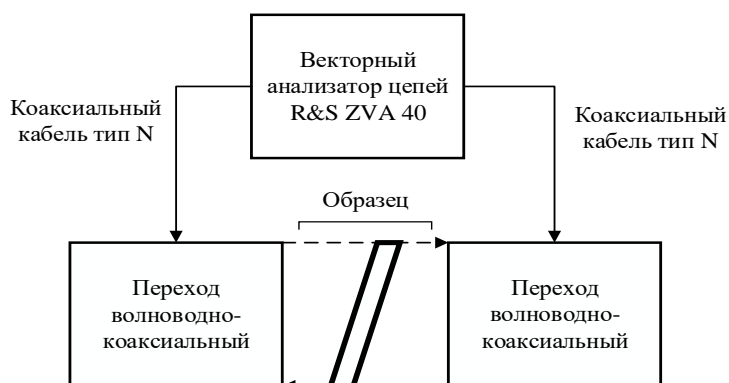


Рис.1. Схема установки проведения измерений

Измерения производились по следующему сценарию:

1. Подготовка измерительного оборудования, прогрев.
2. Собиралась измерительная линия, выставление рабочего режима на анализаторе цепей.
3. Проведение калибровки.
4. Образцы зажимались между волноводно-коаксиальными переходами и производились измерения значений коэффициента передачи на определённом частотном диапазоне.

5. На одну из сторон волноводно-коаксиального перехода наклеивался изоляционный материал с малым коэффициентом поглощения для того, чтобы обеспечить отсутствие заземления у измеряемого образца и проводить измерение коэффициента передачи без заземления.

6. Операции 2 - 5 повторялись для различных волноводно-коаксиальных переходов, работающих с определёнными частотными диапазонами.

Для измерения радиопоглощения тонкими плёнками на более низких частотах, данная методика не подходит, ввиду малых размеров тонких плёнок.

Разработанный метод измерений представлен на рис.2. В качестве излучающего элемента берётся обрезанный коаксиальный кабель. данная линия была выстроена так, чтобы потери между излучающим коаксиальным кабелем, и анализатором спектра составляли 60 дБ на всём частотном диапазоне до 5 ГГц, без введения в область между ними тонкой плёнки. Данное ослабление принималось как нулевое значение при измерении на радиопоглощение тонких плёнок. К данному кабелю практически вплотную прислоняется тонкая плёнка. Ввиду того, что диаметр кабеля, по которому распространяется электромагнитная волна, много меньше площади поверхности тонкой плёнки, можно считать, что для излучателя данная полупроводящая поверхность будет бесконечно большой.

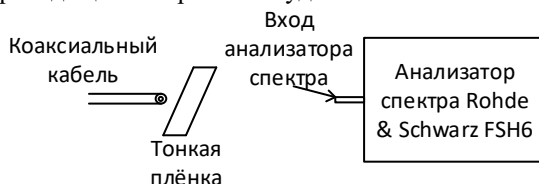


Рис.2. Возможная схема проведения измерений

Измеряемые образцы представляют собой микросетку, полученную гальваническим осаждением меди (Cu) на серебряную (Ag) затравку, образцы отличаются между собой временем гальванического осаждения и соответственно величиной поверхностного сопротивления.

#### Результаты измерений

В результате измерения на радиопоглощения тонких плёнок с различной толщиной осаждения получили следующие частотные зависимости, представленные на рисунке 3. На основе полученных результатов можно говорить о том, что чем толще осаждённый слой, тем большие потери будет претерпевать радиоволна проходящая через тонкие плёнки [1, 7, 8].

На данном рисунке представлены результаты измерений на радиопоглощение 2-х образцов с различной толщиной осаждения.

По результатам данных, представленным на рис.3, можно видеть, что потери в тонкой плёнке без заземления много больше практически на всём частотном диапазоне, чем потери при измерении с заземлением. Так же на графике без заземления видны более сильные выбросы в отрицательную область.



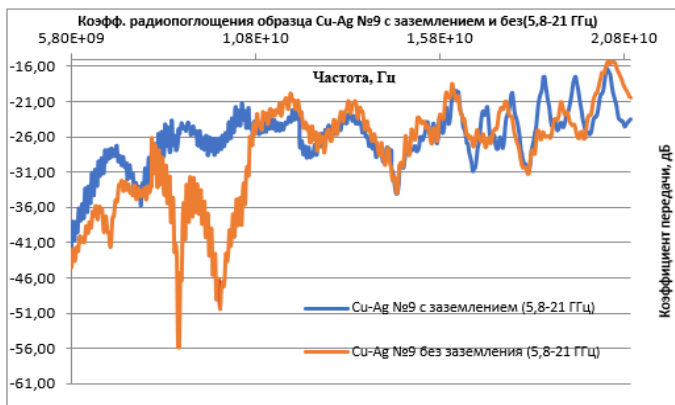


Рис.3. Коэффициент радиопоглощения образца при проведении измерений с заземлением и без него

Для проведения измерений на радиопоглощение была собрана установка, схема которой представлена на рис.4.

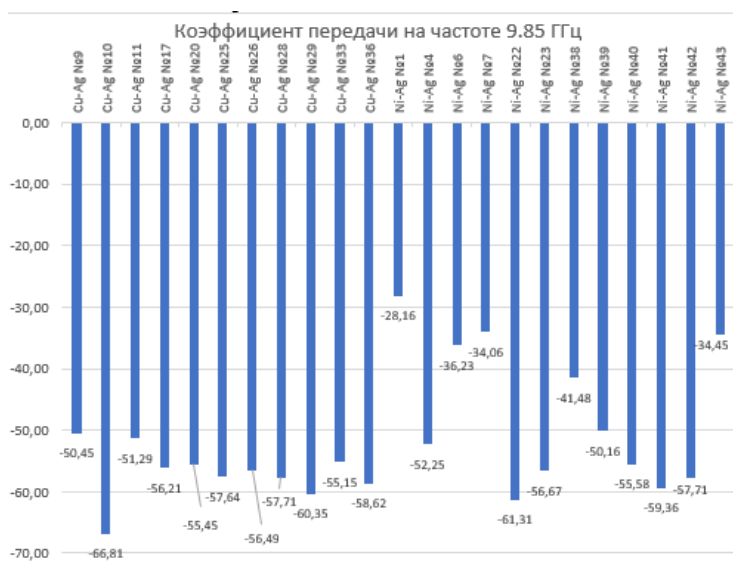


Рис.4. Зависимости потерь на частоте 9,85 ГГц при измерении потерь в тонких плёнках с различными материалами

Ввиду того, что для получения результатов радиопоглощения тонкими плёнками на полосе частот ниже 5 ГГц, необходимо большое число измерений. Вместо этого были проведены измерения на частотах которые используют различные технологии, такие как: GSM, LTE, 3G, нижний диапазон 5G. Достоверность данных подтверждаются многократными измерениями на данных частотах и определении интервалов погрешностей измерений.

Таким образом, по результатам измерения можно делать вывод о том, что потери при распространении радиоволны через тонкие плёнки на высоких частотах выше, чем на низких частотах [9, 10].

### **Выводы**

В данной статье предложены различные методики для поведения измерений на радиопоглощение в тонких плёнках. В соответствии с предложенными методиками были проведены измерения для различных образцов плёнок на частоте 9,85 ГГц, измерений, проведённых с заземлением и без него, используемые в различных технологиях, измерение тонких плёнок различной площади. В дальнейшем, планируется проводить измерения на радиопоглощение тонких плёнок различной площади с осаждёнными на них различными структурами.

### **Используемые источники**

1. *Берёзкина С.О.* Поглощение электромагнитного излучения малыми проводящими частицами и тонким металлическим слоем: диссертация кандидата физико-математических наук. Московский государственный областной университет. М., 2006.

2. *Soethe, Viviane & Nohara, Evandro & César Fontana, Luis & Rezende M.C.* (2011). Radar absorbing materials based on titanium thin film obtained by sputtering technique. *Journal of Aerospace Technology and Management*. 3. 279-286. 10.5028/jatm.2011.03030511. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.

3. *Yaman M.D.* (2015). Thin film coating of glass fabrics for radar absorbing composites. Unpublished master's thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.

4. *Guillaume Petite, Guillaume Petite, Alexander B. Shvartsburg, Alexander B. Shvartsburg.* Wave propagation in highly inhomogeneous thin films: exactly solvable models. *Proc. SPIE 5989, Technologies for Optical Countermeasures II; Femtosecond Phenomena II; and Passive Millimetre-Wave and Terahertz Imaging II*, 59890M (3 November 2005);

5. *De Rosa, Igor & Dinescu, A & Sarasini, Fabrizio & Sarto, Maria & Tamburrano, Alessio.* (2010). Effect of Short Carbon Fibers and MWCNTs on Microwave Absorbing Properties of Polyester Composites Containing Nickel-Coated Carbon Fibers. *Composites Science and Technology*. 70. 102-109. 10.1016/j.compscitech.2009.09.011. M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
6. *Bosman H.L., Yue Ying Lau and Gilgenbach R.M.* Power absorption by thin films on microwave windows // In *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 32, no. 3, pp. 1292-1297, June 2004.
7. *Jory H.* A note on resistive films on diamond windows. Unpublished, 2003 Park, Ki-Yeon & Han, Jae-Hung & Lee, Sang-Bok & Kim, Jin-Bong & Yi, Jin-Woo & Lee, Sang-Kwan. (2008).
8. *Heidinger R., Dammertz G., Meier A. and Thumm M.K.* CVD diamond windows studied with low- and high-power millimeter waves // *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 30, pp. 800-807, June 2002.
9. *Baskey H.B., Ghai B. and Akhtar M.J.* A flexible, ultra thin, frequency-selective-surface based absorber film for the radar cross section reduction of a cubical object // *IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference (IMaRC)*, Hyderabad, 2015, pp. 128-131.
10. *Vysulin S.A., Kevraletrin A.L. and Syr'iev N.E.* The influence of composition of nanoparticles on the microwave absorbing properties of granular film structures // *Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW)*, Divnomorskoe, 2017, pp. 155-158.

**Система проверки подлинности с возникновением финансовых обязательств в момент проверки подлинности**

*А.А. Эзенкин, магистр кафедры ТКС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: alexey.ezenkin@gmail.com*

**The system for verifying an authenticity with an occurrence of financial obligations at the time of an authentication**

*A.A. Ezenkin, Master of the Department of TCS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Рассмотрена система проверки подлинности товаров на основе технологии блокчейн и с использованием неинтерактивных доказательств с нулевым разглашением, обеспечивающая списание средств (денежных, цифровых активов) со счета заявителя подлинности товара (производителя, поставщика товара или другого заинтересованного субъекта) в момент проверки подлинности товара.

**Abstract**

Discussed the system for verifying an authenticity of goods based on a blockchain technology and using non-interactive zero knowledge proof, which ensures the debiting of funds (monetary, digital assets) from an applicant's account of an authenticity of goods (manufacturer, supplier of goods or other interested entity) at the time of verification of an authenticity of goods.

**Ключевые слова:** проверка подлинности; блокчейн; доказательство с нулевым разглашением; списание денежных средств; криптография; защитная метка; смарт-контракт.

**Keywords:** authentication; blockchain; zero-disclosure evidence; cash debiting; cryptography; security tag; smart contract.

В настоящее время одной из проблем стоящей перед производителями товаров, потребителями товаров и ответственными государственными органами является предотвращение распространения контрафак-

ных товаров. Например, по существующим оценкам в мире и России до 60% продаваемого элитного алкоголя является подделкой [1]. Аналогичная ситуация характерна и для других видов товаров. Распространение контрафактной продукции приводит к снижению доходов добросовестных производителей, наносит вред здоровью и благосостоянию потребителей и снижает доходность бюджетов государств.

Традиционными методами борьбы с контрафактной продукцией является маркировка товаров защитными знаками и использование специфичной упаковки. В связи с развитием мобильного доступа в Интернет получили распространение методы онлайн проверки подлинности товаров, которые являются более эффективными по сравнению с традиционным, но также имеют недостатки. Ниже приведён обзор типичных решений (табл.1).

**Таблица 2**

**Сравнение систем проверки подлинности товаров**

Система	Тип идентификатора товара	Хранение данных	Недостатки
DAT	15-значный код	Централизованная БД	Возможность воспроизведения кода
ЕГАИС	Штрих код акцизной марки	Централизованная БД	
Mobil 1	12-значный код, объемные графические элементы	Централизованная БД производителя	Ведение инфраструктуры производителем
Tracelabel	RFID-метка	Блокчейн	Специализированный считыватель
Antifake	QR-код	Блокчейн	Возможность воспроизведения кода

Наиболее характерным примером является Единая государственная автоматизированная информационная система по контролю оборота алкогольной продукции (ЕГАИС) [2]. ЕГАИС сочетает в себе традиционные методы маркирования (штрих код) и возможность доступа к базе данных подлинных товаров онлайн. Несмотря на постоянно высокий уровень защищенности, поддержку на законодательном уровне и сопровождение со стороны государственных органов, ЕГАИС не решает в полном объеме задачу защиты от распространения поддельного алкоголя.

Одним из недостатков традиционных и онлайн методов, не позволяющих широко распространить их, является необходимость полных

материальных вложений на защиту подлинности товара со стороны заявителя подлинности товара в момент маркировки товара или в момент записи информации о товаре в базу подлинных товаров. С учетом огромных тиражей некоторых видов продукции и длительности оборота товара это приводит к необходимости выведения из оборота заявителя подлинности существенных финансовых средств. Все приведённые в (см. табл.1) методы обладают указанным недостатком.

Распространение методов онлайн проверки подлинности, возможность использования в качестве меток микроэлектронных изделий и использования современных криптографических методов представляет возможным решить эту задачу и осуществлять списание средств со счета заявителя подлинности товара в момент проверки подлинности. Это приведет к высвобождению значительных средств у производителей, повысит привлекательность системы проверки подлинности товаров и снизит объем контрафактной продукции.

Рассматриваемая система (рис.1) включает в себя несколько приведенных ниже компонентов.

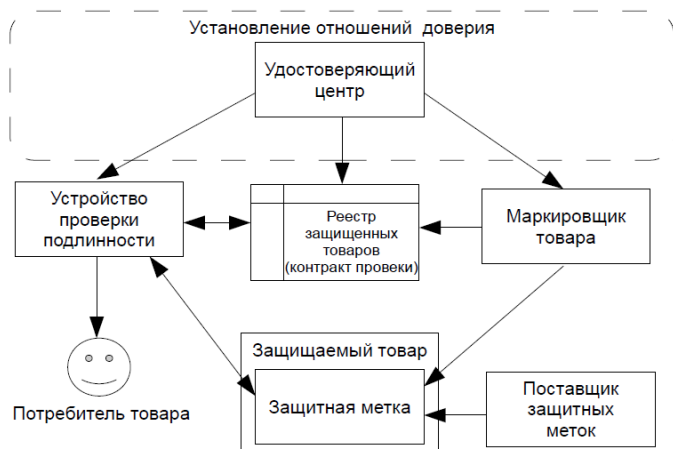


Рис.1. Схема системы проверки подлинности товаров

Удостоверяющий центр - участник, отвечающий за установление доверительных отношений между участниками заявленного способа. Компонент выполняющий функции удостоверяющего центра является необязательным, может быть реализовано в составе блокчейн или доверие может быть обеспечено другими методами.

Маркировщик товара - участник, осуществляющий маркировку товара, заинтересованный в снижении возможности подделки продукции и отвечающий за корректную маркировку продукции и корректную запись информации о продукте в защитную метку и реестр защищенных товаров. В качестве маркировщика товара может выступать производитель, поставщик товара или другой участник рынка.

Реестр защищенных товаров - распределенная база данных хранящая информацию о защищаемых товарах. Реестр защищенных товаров построен на основе технологии распределенного реестра [3] с возможностью реализации умных контрактов с поддержкой неинтерактивных доказательств с нулевым разглашением.

Устройство проверки подлинности - компонент, используемый для автоматизированного считывания информации о товаре с защитной метки, получение информации о товаре из реестра защищенных товаров, аутентификации защитной метки и информировании пользователя о результатах аутентификации. Устройство проверки подлинности может быть реализовано на основе бытового устройства общего назначения (планшетный компьютер, смартфоном и прочее), имеющем необходимые интерфейсы взаимодействия с защитной меткой и реестром защищенных товаров или быть специализированным устройством, разработанным для этих целей.

Защищаемый товар - единица товара или партия товара, подлежащие защите. В качестве примера единицы товара может рассматриваться бутылка алкоголя, но может быть любой товар (группа товаров) содержащийся в некоторой неделимой таре или упаковке. Под партией товаров понимается группа единиц товара логически объединенных по какому-то признаку, например, дата или место производства.

Защитная метка - компонент, закрепляемый на товаре, его упаковке или внутри упаковки, обеспечивающий взаимодействие с поставщиком товара при начальной записи в защитную метку информации о товаре и взаимодействие с устройством проверки подлинности при проведении аутентификации метки. Важным свойством защитной метки является трудность перемаркировки ей другого образца товара после проведения первоначальной маркировки. Это может быть трудность ее отделения от маркированного товара, нарушение целостности упаковки маркированного товара, нарушение целостности метки, нарушение работоспособности метки, прочее или совокупность нескольких факторов.

Потребитель товара - участник, осуществляющий приобретение или получение товара и заинтересованный в его подлинности.

Отличительной особенностью системы является использование инфраструктуры блокчейн с возможностью исполнения умных контрактов [4], поддерживающих неинтерактивные доказательства с нулевым разглашением [5, 6]. Реализация неинтерактивного доказательства с нулевым разглашением в умном контракте и защитной метке позволяет списывать средства за проверку подлинности товара в момент обращения потребителя товара за сервисом проверки подлинности. При этом обеспечивается невозможность проверки подлинности товара без запуска на исполнение умного контракта и невозможность запуска умного контракта потребителем, не взаимодействующим с подлинной защитной меткой. Указанное сочетание возможностей позволяет списывать средства со счета маркировщика товара только при проведении проверки подлинного товара. В этом случае отпадает необходимость со стороны маркировщика товара переводить на счет проверки подлинности средства за все выпущенные в оборот товары, а существует возможность пополнения этого счета по мере списания средств за ранее проверенные на подлинность товары.

Успешная реализация проекта позволит решить несколько задач: повысить защищенность товаров от подделки, снизить долю контрафактной продукции на рынке, защитить инвестиции производителей в выпускаемые товары, упростить процедуру проверки подлинности продукции со стороны пользователей. Конечными потребителями результатов проекта являются: покупатели товаров, заявители подлинности товаров (производители и поставщики товаров), розничные продавцы товаров. Экономическая модель проекта предполагает сравнимую с существующими системами стоимость проверки подлинности товаров для заявителей подлинности товаров, но при этом обеспечивается перенос необходимости оплаты услуг по проверке подлинности с момента регистрации товара в базе подлинных товаров на момент осуществления проверки подлинности товара. Подобное смещение оплаты позволит высвободить значительные финансовые средства у заявителей подлинности товаров по сравнению с традиционными системами проверки подлинности товаров, что сделает разрабатываемую систему более привлекательной.

#### **Используемые источники**

1. Эксперт: 40 % продаваемого в российских магазинах алкоголя - подделка [Электронный ресурс]. <https://life.ru/p/426537> (дата обращения: 01.06.2020).



2. Единая государственная автоматизированная информационная система - информационный портал [Электронный ресурс]. <http://egais.ru/> (дата обращения: 01.06.2020).
3. *Свои Мелани*. Блокчейн: схема новой экономики. М.: «Олимп-бизнес», 2017. 240 с.
4. *Акт Р.* Что такое Смарт-контракт. или Ethereum за час. 2017. 19 с.
5. *Goldreich O.* A Short Tutorial of Zero-Knowledge (англ.) // Secure Multi-Party Computation - Amsterdam, Berlin, Tokyo, Washington: IOS Press, 2013. 285 с.
6. Jens Groth Short Pairing-Based Non-interactive Zero-Knowledge Arguments, 2010.

**Экология больших городов - зеленая экономика планеты**

*С.А. Коробов, студент бакалавриата,  
М.А. Иванникова, студент бакалавриата, Департамент  
экономической теории,  
Финансовый университет при Правительстве РФ,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: semen1999@gmail.com; mar-log@mail.ru; 18111959@mail.ru*

**Ecology of big cities - the green economy of the planet**

*S.A. Korobov, undergraduate student,  
M.A. Ivannikova, undergraduate student,  
Department of Economic Theory,  
Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Природа разрушается и истощается с беспрецедентной скоростью. Мы находимся в центре глобального экологического кризиса. В статье рассматривается необходимость контроля над горами твердых отходов, производимых человечеством. Обсуждаются проблемы загрязнения воздуха, воды и почвы. Предлагаются меры по борьбе с загрязнением окружающей среды, подчеркивается необходимость в разработанной политике и регулировании на национальном уровне нашей экономики.

**Abstract**

Nature is destroyed and depleted at an unprecedented rate. We are at the center of the global environmental crisis. The article discusses the need for control over the mountains of solid waste produced by mankind. The problems of air, water and soil pollution are discussed. Measures are proposed to combat environmental pollution. The need for a developed policy and regulation at the national level of our economy is emphasized.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, мусор, контроль, переработка.

**Keywords:** environmental pollution, garbage, control, recycling.

Почему переработка отходов так важна сегодня? Стоит ли разделять отходы и тратить на это усилия и время? Если мы платим налоги, то зачем нам беспокоиться об утилизации отходов? Если я справлюсь со своими отходами, это поможет? Цель данной работы - разобраться с некоторыми из этих «детских» вопросов.

Бытовые отходы или мусор - это товары, которые утратили со временем потребительские свойства. Их количество растет с каждым годом примерно на 3 %. Вы когда-нибудь задумывались, что происходит, когда вы что-то выбрасываете? Как наш мусор влияет на всю планету, на людей, животных и окружающую среду. Когда мы собираем еду, пластик, бумагу и все остальное, оно должно куда-то идти, верно? Но часто это, то место, о котором мы решили не думать. Возможно, отходы отправляются на свалку или на предприятие по переработке отходов (скорее всего, на самом деле они не перерабатываются). Знаю, что бабушки в деревне компостируют пищевые отходы, чтобы превратить их в почву. Но, к сожалению, несмотря на то, что некоторые вещи собираются на свалку или на переработку, большинство наших отходов в конечном итоге распространяются по всему земному шару, переносясь ветром, водой или людьми; распадаются на более мелкие (даже микроскопические) части или разлагаются на его химические компоненты. И эти методы рассеивания наносят ущерб здоровью животных, людей и экосистем на этой планете.

Несомненно, некоторые из отходов являются случайными. Является ли это ураганом, который наносит ущерб городу и посылает обломки через океан, что и произошло в результате землетрясения и цунами в Японии в 2011 г., или продукты, падающие с транспортного контейнера в середине океана. Но большая часть проблемы заключается в корпоративной культуре, которая не несет ответственности за расточительность или проблемы с истекшим сроком службы для продуктов, и нашей потребности в постоянно более дешевых товарах, изготовленных из неустойчивых продуктов с коротким сроком службы.

Когда компании делают продукты, они не обязаны думать о том, как это закончит свою жизнь. Например, в производстве компьютеров, матрасов, обуви, рыболовных сетей и пластиковых бутылок с водой используются сотни химических веществ, но как только компания производит продукт и отправляет его на продажу, они не несут ответственности за его «окончание жизни». Это привело к тому, что компании стали создавать продукты с непроверенными химическими веществами, мало заботясь о последствиях химического бремени для организма (коллек-

ция повседневных химических веществ, которые наш организм поглощает в течение всей жизни). Многие из этих химических веществ считаются эндокринными нарушителями, которые могут нарушать репродукцию [1], имитируя или изменяя гормональную активность у животных и людей [2 - 3]. Кроме того, большинство продуктов, включая их химические компоненты, производятся в рамках планового устаревания, что означает, что оно предназначено для свалки, при этом мало заботятся о том, как это может повлиять на окружающую среду.

Так как же проявляется корпоративная безответственность? Есть десятки примеров того, как мусор и химикаты попадают в наши экосистемы. Все мы помним шокирующее фото большого Тихоокеанского мусорного пятна, с которым впервые встретился Чарльз Мур в транс-тихоокеанском парусном путешествии. Pacific Garbage Patch представляет собой скопление пластика, лесок и другого морского и наземного мусора, который охватывает сотни миль в середине Тихого океана. PGP является крупнейшим, но не единственным - на самом деле в Тихом океане имеется множество мусорных участков. Около 80 % мусора в Большом Тихоокеанском мусорном участке происходит от наземной деятельности в Северной Америке и Азии. Мусору с побережья Северной Америки нужно около шести лет, чтобы добраться до Большого Тихоокеанского мусорного участка, а мусору из Японии и других азиатских стран - около года.

Мы все любим пластиковые упаковки, потому как по сравнению с картонной, стеклянной и прочими, они легкие, дешевые, прочные и ...у них «относительно экологичное производство». А вот минус, пожалуй, только один - пластик никогда не разлагается полностью, он просто распадается на все более мелкие кусочки. Согласно ЕРА, каждый кусок пластика, который когда-либо был сделан, все еще существует!!!! National Geographic вещает, что морские черепахи - болваны часто принимают полиэтиленовые пакеты за медузу, свою любимую еду (рис.1 и 2). Началась информационная кампания против загрязнения экологии под названием «Planet or Plastic?» («Планета или Пластик?»). Альбатросы принимают пластмассовые шарики за яйца рыб и кормят их птенцами, которые умирают от голода или разорванных органов. Тюлени и другие морские млекопитающие особенно подвержены риску. Они могут запутаться в заброшенных пластиковых рыболовных сетях, которые выбрасываются из-за их низкой стоимости.



*Рис.1.* Июньский номер журнала National Geographic с обложкой, на которой полиэтиленовый пакет в море напоминает айсберг



*Рис.2.* Черепаха в пластиковой сетке

Вернемся на землю. Большинство продуктов, которые мы потребляем в нашей повседневной жизни, изготавливаются из нефтехимических пластиков. Фонд рака молочной железы опубликовал список только некоторых из химических веществ, найденных в пластике: Бисфенол А (БФА) - строительный блок из поликарбонатного пластика, который используется в тысячах потребительских товаров, включая упаковку для

пищевых продуктов; Фталаты - это группа химических веществ, разрушающих эндокринную систему, которые содержатся в ПВХ; Стирол может выщелачиваться из полистирола, содержится в лотках для пищевых продуктов, яичных коробках, одноразовых стаканчиках и непрозрачных пластиковых столовых приборах.

Промышленность и корпорации создали миллионы вещей, за которые нужно быть благодарными: компьютер, на котором я печатаю, подержанный диван, на котором я сижу, и транспорт, который приносит еду на мой стол. Но становится все более очевидным, что методы ведения бизнеса должны кардинально измениться. Отходы и химическая составляющая наших товаров стали слишком большими для нашей планеты, чтобы их можно было обработать, что мы можем видеть на участках мусора, переполненных свалках и в наших собственных телах.

Как обычно работает процесс сбора и обработки отходов? Куда идет наш мусор и переработка? Современная коллекция мусора и утилизации удобна и проста для частных лиц и предприятий. Когда наш мусор или вторсырье помещают на обочине, в мусорное ведро или спускают вниз по мусоропроводу, он «исчезает из виду». Все!! Его для нас нет. Но это только первый шаг в процессе обработки. Отходы не просто собирают мусор. По статистическим данным сторонников охраны окружающей среды, средний человек производит более 2-х килограммов мусора каждый день, что складывается для нашей страны в сотни миллионов тонн в год. Эта цифра включает только отходы домов, предприятий, школ и т.д., известные как твердые бытовые отходы (ТБО). Если вы добавите весь строительный мусор, промышленные отходы, такие как угольная зола, медицинские отходы и другие отходы, производимые у нас каждый год, это число будет значительно выше.

Правильное обращение с отходами и охрана окружающей среды жизненно важны. В январе 2019 г. президент РФ Владимир Путин подписал указ о создании компании по формированию комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами «Российский экологический оператор» [4].

Теперь давайте считать деньги. В программу по переработке мусора задействованы десятки тысяч мусоровозов, и большинство из них работают на дизельном топливе. Тем не менее, индустрия отходов инвестирует в альтернативные виды топлива, такие как чистый природный газ. Часть этого природного газа напрямую поступает из места захоронения газа. Грузовики экономят энергию и снижают эксплуатационные расходы. Фактически, мусоровозы стали самым быстрорастущим секто-

ром транспортных средств на природном газе в стране. Помимо использования меньшего количества топлива и снижения затрат, эти грузовики обычно выделяют меньше твердых частиц и оксида азота, что способствует улучшению качества воздуха.

Станции сбора мусора являются центрами для управления отходами. Твердые бытовые отходы выгружаются из транспортных средств для сбора на этих объектах и кратковременно хранятся перед тем, как загружаться в более крупные транспортные средства дальнего следования для отправки на свалки или в другие объекты обработки или удаления. Объединяя грузы нескольких мусоровозов в одну партию, можно сэкономить деньги на рабочей силе и эксплуатационных расходах по транспортировке отходов на удаленный полигон, также можно сократить общее количество поездок на место утилизации и обратно, снижая износ дороги.

Компостирование - любимый метод наших деревенских хозяев - метод утилизации органических продуктов питания и дворовых отходов домашних хозяйств и коммерческих предприятий. Добавление компоста способствует здоровой почве и растениям, сохраняя при этом вместимость свалок. Компостируемые материалы распадаются на почвоподобное вещество, которое является хорошим удобрением и почвенной добавкой для посадки. Компост также предлагает экономические выгоды, уменьшая потребность в воде, удобрениях и пестицидах.

Справились с мусором? Несмотря на наши усилия по сокращению, повторному использованию и переработке отходов, более половины мусора образуется на свалках. Свалки тщательно заполняются, контролируются и обслуживаются во время работы. Мониторинг продолжается еще долго после их закрытия. Разрешение на современную свалку обычно занимает годы, а иногда и десятилетие, что обходится в миллионы рублей из-за строгих требований к выбору площадки, инженерных и экологических требований, необходимых для демонстрации и обеспечения соответствия нормативным требованиям и требованиям безопасности. По мере разложения отходов на свалках образуется свалочный газ, который в основном состоит из метана и углекислого газа [5]. Теперь слово ученым. Собранный свалочный газ может быть использован в качестве «зеленой» энергии. Использование свалочного газа для производства энергии способствует достижению наших национальных целей в области энергетической безопасности за счет снижения зависимости от источников. Это также уменьшает влияние мусорной свалки на изменение климата, вытесняя использование ископаемого топлива.

Отходы могут напрямую использоваться в качестве источника возобновляемой и устойчивой энергии. Отходы для производства энергии сжигают мусор на электростанциях, оснащенных современным оборудованием для борьбы с загрязнением для контроля выбросов.

#### **Используемые источники**

1. Plastics Europe. Plastics - the facts 2016: an analysis of European plastics production, demand and waste data. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.plasticseurope.org>. (дата обращения: 15.04.2020 г.).

2. *Lebreton L., Slat B., Ferrari F., et.al.* Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic// Scientific Reports. 2018. V. 8. 4666.

3. *Зезин А.Б.* Полимеры и окружающая среда // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 2. С. 57-64.

4. Российский экологический оператор завершил регистрацию юр.лица и приступил к работе. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/6316608> (дата обращения: 05.05.2020 г.).

5. *Николайчук О.А.* Скопление мусора - острейшая проблема мегаполисов // Самоуправление. 2019. Т. 2. № 1. С. 272-275.



**Влияние акселерации инновационных проектов при вузах  
на инновационную деятельность по средствам малых  
инновационных предприятий**

*А.А. Цымбал, старший преподаватель Кафедры менеджмента  
инноваций,*

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»,*

*г. Москва, Россия,*

*А.Р. Бикметов, к.ф.-м.н., главный специалист отдела проектной  
деятельности,*

*ФГАНУ «Социоцентр»,*

*e-mail: acymbal@hse.ru, arbikmetov@edu.hse.ru*

**The impact of acceleration of innovative projects at universities on  
innovative means small innovative enterprises**

*A. Tsymbal, senior lecturer at the department of Innovation Management,  
National Research University Higher School of Economics,*

*Moscow, Russia,*

*A. Bikmetov, PhD chief specialist of the department of design activity  
FSASI «Sociocenter»,*

*Moscow, Russia*

**Аннотация**

В работе показана однородность или совпадение в среднем количества малых инновационных предприятий в вузах, имеющих в своей структуре бизнес-акселераторы и вузах, в которых такие бизнес-акселераторы отсутствуют. Однородность установлена применением статистического критерия Стьюдента на основе данных 290 вузов Российской Федерации

**Abstract**

The paper shows the uniformity or coincidence of the average number of small innovative enterprises in universities that have business accelerators in their structure and universities that do not have such business accelerators. Homogeneity was established using the student's statistical criterion based on data from 290 universities in the Russian Federation.

**Ключевые слова:** малое инновационное предприятие, вуз, инновация, инновационная деятельность, бизнес-инкубаторы, бизнес-

акселераторы, коммерциализация научных разработок, стартапы, критерий Стьюдента

**Keywords:** small innovative enterprise, university, innovation, innovative activity, business incubators, business accelerators, commercialization of scientific developments, startups, Student criterion.

Вопросам развития инновационной инфраструктуры вузов и создаваемых на их базе стартапов в виде малых инновационных предприятий (далее - МИП) в настоящее время уделяется повышенное внимание. Это связано, с надеждой создания в инновационной сфере страны, так называемого, «треугольника Лаврентьева» с вершинами «образование -наука -промышленность». Такая конструкция обеспечивает быстрое и эффективное появление и внедрение инновационной продукции в экономике страны. В этой конфигурации вузам и созданным при них МИП, представляющим одновременно образование, науку и, в некотором смысле, промышленность отводится решающая роль.

В работе рассматривается вопрос наличия/отсутствия влияния бизнес-акселераторов вузов и количества созданных при вузах МИП. Под акселератором или бизнес-акселератором понимается программа развития стартапов через оказание менторской, финансовой, экспертной поддержки обычно в обмен на долю в капитале стартапа. При этом длительность акселерационной программы составляет в среднем от 3 до 6 месяцев, что позволяет обеспечить быстрый выход стартапа на рынок [см., например, 1]. Отметим, в настоящей работе под стартапом понимается МИП - юридическое лицо, осуществляющее предпринимательскую деятельность, которая заключается в практическом применении (внедрении) результатов интеллектуальной деятельности и деятельность которого регулируется Федеральными законами № 217-ФЗ от 02.08.2009, № 272-ФЗ от 16.10.2010, № 310-ФЗ от 27.11.2010 и № 22-ФЗ от 01.03.2011. Напомним, одна из отличительных особенностей МИП - обязательное владение вузом доли в уставном капитале этого МИП или стартапа.

В настоящее время государство проявляет высокую заинтересованность в вовлечение вузов в инновационную деятельность, в том числе в рамках Национальных проектов «Наука» [2], приоритетного проекта «Вузы как центры пространства создания инноваций» [3]. Например, в федеральном проекте «Развитие научной и научно-производственной кооперации» Национального проекта «Наука» реализуется мероприятие по созданию научно-образовательных центров мирового уровня. Проект

предполагает воплощение модели «треугольника Лаврентьева» в целях обеспечения устойчивого заказа на исследования и разработки вузов со стороны предприятий реального сектора экономики. В проекте «Вузы как центры пространства создания инноваций» ставится задача по созданию и эффективному функционированию не менее 100 университетских центров инновационного, технологического и социального развития регионов. Предполагается, что вузы будут обеспечивать продвижение инновационных, научных разработок, которые будут способствовать импортозамещению в промышленности. На реализацию этих государственных программ выделяются солидные финансовые средства.

Отметим, финансирование сектора науки, начиная с 2007 г. резко увеличилось. По данным [4] ассигнования на гражданскую науку с 2000 г. по 2018 г. выросло примерно на 185 млрд руб. За последние десять лет доля ученых младше 39 лет выросла до 43,9 % в общей численности с 117 до 158 тысяч человек. Таким образом, сейчас в стране создана определенная система создания инноваций, а также имеются определенные финансовые возможности и кадровые ресурсы.

В [5] выделяют ключевой показатель эффективности такой системы, который можно представить в виде коммерческих сделок в трех основных формах: выполненной по заказу научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы, покупкой лицензии и созданием МИП.

Создание и продвижение МИП является одним из эффективных способов быстрой коммерциализации исследований и разработок. Функция продвижения МИП или быстрого вывода инновационной продукции на рынок принадлежит в том числе бизнес-акселераторам.

В соответствии с данными Ассоциации Акселераторов и Бизнес-инкубаторов России «Карта акселераторов и бизнес-инкубаторов РФ» (<http://www.oneur.ru/>), портала МИП «Учет и мониторинг малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы» Минобрнауки России и сведений Мониторинга эффективности деятельности организаций высшего образования (<http://indicators.miccedu.ru/monitoring/>), с одной стороны, выделены 9 вузов, имеющие в своей структуре бизнес-акселераторы и владеющие долей в уставном капитале не менее 1-го МИПа по состоянию на 01.01.2020 г. и имеющие в своей структуре бизнес-акселератор). Эти вузы представлены в табл.1.

Таблица 1

**Вузы, имеющие в своей структуре бизнес-акселератор и владеющие долей в уставном капитале не менее 1-го МИП по состоянию на 01.01.2020 г.**

Наименование вуза	Кол-во МИП (ед.)	Число студентов (прив-ный контин-гент)	Кол-во МИП на 1000 сту-дентов
Самарский государственный тех-нический университет	7	17 451	0,40
Петрозаводский государственный университет	31	9 169	3,38
Самарский национальный иссле-довательский университет имени академика С.П. Королева	15	14 283	1,05
Уральский федеральный универ-ситет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина	3	33 458	0,09
Томский государственный уни-верситет систем управления и радиоэлектроники	18	11 499	1,57
Национальный исследователь-ский университет ИТМО	49	12 127	4,04
Российский экономический уни-верситет имени Г.В. Плеханова	2	17 787	0,11
Российский государственный университет нефти и газа (нацио-нальный исследовательский уни-верситет) имени И.М. Губкина	16	9 204	1,74
Национальный исследователь-ский университет «Высшая шко-ла экономики»	6	28 755	0,21

С другой стороны, рассматриваются все остальные вузы страны, имеющие по состоянию на 01.01.2020 года в собственности долю в не менее чем в 1 МИПе и не имеющие в своей структуре бизнес-акселератор. Количество таких вузов - 281 единица. В отношении этих вузов построен аналогичный набор данных, приведенный в Таблице.

Таким образом, имеются две выборки  $X$ ,  $Y$  - это набор значений «Количество МИП на 1000 студентов» вузов, имеющих и не имеющих акселераторы, соответственно. Будем считать, что эти выборки незави-

симы. Применяя критерий Стьюдента [формула (7.6), 6] получаем значение критерия Стьюдента  $t_{эмп} = 2,04$  при уровне значимости 0,01 (с вероятностью 99 %). Табличное критическое значение этого критерия в соответствии с имеющимся числом степеней свободы выборок  $t_{эмп} = 2,59$ . В силу  $t_{эмп} = 2,04 < t_{эмп} = 2,59$  получаем справедливость нулевой гипотезы об однородности выборок  $X$ ,  $Y$ . То есть, о равенстве в среднем количества МИП в вузах, имеющих/не имеющих бизнес акселераторы в своей структуре.

#### **Выводы.**

В работе был проведён анализ влияния наличия бизнес-акселераторов вузов и количеством МИП при этих вузах. Показано отсутствие влияния бизнес-акселераторов на количество создаваемых МИП в вузах.

#### **Используемые источники**

1. *Авдошина Н.В.* Оценка предпринимателями условий для развития стартапов в России // Экономика и социология. 2017. № 1. С. 7-11.
2. Паспорт национального проекта «Наука». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 г. № 16.
3. Паспорт приоритетного проекта «Вузы как центры пространства создания инноваций». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 25 октября 2016 г. № 9).
4. Наука. Технологии. Инновации: 2020: краткий статистический сборник / *Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, Е.И. Евневич и др.*; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2020. 88 с.
5. Развитие инновационных экосистем вузов и научных центров, подготовленным. РВК, Ингрия. [https://www.rvc.ru/upload/iblock/06b/Innovation\\_ecosystem\\_analytical\\_report.pdf](https://www.rvc.ru/upload/iblock/06b/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf).
6. *Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н.* Прикладные методы анализа статистических данных: учебное пособие. М.: Издательский дом ВШЭ, 2012. 310 с.

**Подходы к решению проблемы интеграции прикладных решений на платформе «1С: Предприятие» со сторонними информационными системами**

*А.В. Анферов, магистрант Института СПИИТех,  
Н.Ю. Соколова, к.т.н., доцент Института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: avanferov@mail.ru, sokolovanat@yandex.ru*

**Approaches to solving the problem of integrating applications based on the 1C: Enterprise with third-party information systems**

*A. Anferov, graduate student of Institute SSEIT,  
N. Sokolova, Ph.D.Eng, Associate Professor of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В существующей ситуации на рынке для эффективной работы любой организации необходимо внедрение информационных систем для автоматизации деятельности предприятия. Самые часто внедряемые продукты на российском рынке разрабатываются на платформе «1С: Предприятие». В данной статье рассматривается проблема интеграции продуктов на основе платформы «1С: Предприятие» и сторонних информационных систем, и методы решения данной проблемы, а также приведен сравнительный анализ приведенных методов.

**Abstract**

In the current situation on the market for the effective work of any organization, it is necessary to introduce information systems to automate the activities of the enterprise. The most frequently introduced products on the Russian market are developed on the platform «1C: Enterprise». This article discusses the problem of integrating products based on the 1C: Enterprise platform and third-party information systems, and methods for solving this problem, as well as a comparative analysis of the above methods.

**Ключевые слова:** «1С: Предприятие»; методы обмена данными; XML; JSON; Веб-сервисы; HTML-сервисы; EnterpriseData.

**Keywords:** «1С: Enterprise»; data exchange methods; XML; JSON; HTML-services; Web-services; EnterpriseData.

Современный мир и технологический прогресс выставляют все больше требований к бизнесу. Одним из таких требований является автоматизация деятельности предприятия. Сегодня, как показывает практика, одни из самых популярных решений для автоматизации учета на предприятии разрабатываются на платформе «1С: Предприятие». Одной из особенностей данных решений является то, что они разрабатываются для автоматизации определенных сфер деятельности предприятия, поэтому компании часто применяют не одну систему для автоматизации предприятия. При отсутствии автоматизированного обмена данными между системами, данные приходится переносить вручную, поэтому возникают следующие проблемы:

- появляются ошибки в данных;
- увеличивается количество издержек;
- нарушается конфиденциальность данных и т.д.

По этой причине проблема интеграции данных существующих систем на предприятии встает на одно из ведущих мест.

Существующая платформа «1С: Предприятие» имеет встроенные библиотеки для реализации методов интеграции с другими информационными системами, среди которых часто используются следующие[1]:

- универсальный обмен данными;
- файловый обмен;
- веб-сервисы;
- HTTP-сервисы и HTTP-запросы;
- комбинированные.

Универсальный обмен данными - это готовое решение, представленное в виде обработки, поставляемой с готовыми продуктами от компании «1С», таких как «1С: Бухгалтерия предприятия». Реализуется данный метод через обмен XML-файлами между информационными системами. Для компоновки данных системы в XML-файлы используются правила обмена, представляющие из себя схему компоновки данных. Чтобы сделать этот метод универсальным была создана специальная конфигурация на платформе «1С: Предприятие» для создания правила обмена под названием «1С: Конвертация данных», где правила обмена создаются в полуавтоматическом режиме. Стоит отметить также, что данный метод для типовых продуктов компании «1С» выполнен с использованием EnterpriseData, представленный в виде XDTO-пакетов,

которые заменяют правила обмена и дополнительно проводят валидацию при загрузке и выгрузке данных. Это также можно использовать при реализации данного метода обмена. Стоит отметить, что скорость обмена, из-за создания локальных файлов, существенно уменьшается. Используется метод только в случаях обмена между системами на базе «1С: Предприятие», в других случаях использование невозможно [2].

Вторым методом интеграции систем является организация файлового обмена между системами. В данном случае не используются готовые решения и требуется разработка с нуля. Суть метода заключается в компоновке данных в виде файлов от обеих информационных систем и последовательная загрузка данных из этих файлов данных в информационные системы. При помощи встроенных библиотек платформы «1С: Предприятие» возможна организация обмена при помощи двух форматов: XML и JSON. В встроенных библиотеках имеется возможность компоновки данных системы в файлы данных форматов в автоматическом режиме, а также их обратное преобразование, что существенно упрощает разработку, но при этом можно отметить, что необходимо достаточно много времени для данных операций. Метод сводится к определению данных, необходимых для обмена, схемы компоновки и разработки соответствующих программных компонент для выполнения данных действий. Основным ограничением для применения данного метода являются те случаи, когда физически нет возможности организовать общий доступ к файлам для обеих информационных систем.

Третий способ, который часто используется, это создание веб-сервиса. Веб-сервис - это один из механизмов платформы, является средством поддержки SOAP - архитектуры, которая является современным стандартом интеграции приложений и информационных систем [3]. Метод подходит для интеграции любых приложений, но больше всего подходит при работе с информационными системами, реализованными на основе веб-интерфейсов. Для использования необходимо, чтобы решение на платформе «1С: Предприятие» имело клиент-серверное взаимодействие. При помощи библиотек платформы создается веб-интерфейс, который публикуется на сервере, и любая информационная система в сети может получить доступ к данным информационной системы. Разрабатывать в данном случае необходимо модуль, который скомпилирует данные в необходимый формат. Это самый сложный в реализации метод, так как требует реализации большого объема обработок событий. На основе данного метода основан один из главных сервисов компании «1С», а именно «1С: Фреш», позволяющий хранить систему



в облаке и получать доступ к ней через специальный сайт, доступный через любой браузер. Подобный сервис с расположением на сервере можно без труда реализовать самостоятельно в локальной сети организации при помощи стандартного функционала библиотеки создания веб-сервисов. Именно это преимущество метода и используется как критерий для его использования. То есть при использовании метода часто вся система переносится на веб-сервис и доступ пользователей организуется через него. В остальных случаях используется следующий способ.

Следующий способ связан с использованием HTTP-запросов и создание HTTP-сервиса для доступа к данным системы на платформе «1С: Предприятие». Метод отличается тем, что, если необходимо просто получать данные из других систем, необязательно иметь сервер. Стандартные библиотеки платформы «1С: Предприятие» предоставляют механизм для отправки REST-запросов напрямую из системы, а также принимать и обрабатывать ответы, полученные от других систем. Основное ограничение использование REST-запросов является то, что система, с которой необходимо произвести интеграцию, должна являться или иметь веб-интерфейс [4]. При использовании HTTP-сервиса можно обойти данное ограничение, но наличие сервера становится обязательным. В таком случае обращение из другой системы к системе на базе платформы «1С: Предприятие» будет происходить через HTTP-запросы, а обратное взаимодействие может быть организовано любым другим способом.

Существуют также и менее популярные способы интеграции, такие как использование прямого доступа к базе данных из системы на базе «1С: Предприятие» или использование текстовых файлов, или файлов MS Word и Excel. Данные методы находят применение только при локальных нечастых миграциях, и оправданы только при необходимости представления данных пользователю для проверки и внесения изменений.

Сравнительный анализ приведенных методов представлен в табл.1.

**Таблица 3**

Критерий	Универсальный обмен данными	Файловый обмен	Веб-сервисы	HTTP-сервисы
Интеграция с системами не на платформе «1С: Предприятие»	-	+	+	+

*Окончание*

Критерий	Универсальный обмен данными	Файловый обмен	Веб-сервисы	HTTP-сервисы
Необходимо создавать локальные файлы	+	+	-	-
Наличие встроенной валидации	+	-	-	-
Необходимо наличие сервера	-	-	+	+/-
Скорость обмена	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая
Простота реализации	+	+	-	+

Выбор метода интеграции напрямую зависит от ситуации, в которой необходимо выполнять взаимодействие систем. Каждый из представленных методов имеет свои ограничения при реализации, о которых необходимо помнить и правильно выбирать метод при интеграции системы на платформе «1С: Предприятие» с сторонними системами.

**Используемые источники**

1. Способы интеграции с 1С [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/1c/blog/308420/> (дата обращения: 27.05.2020).

2. Бояркин В.Э., Филатов А.И. 1С:Предприятие 8. Конвертация данных: обмен данными между прикладными решениями. М.: 1С, 2008. 14 с.

3. Архитектура платформы «1С: Предприятие» [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/platforma/web-servisy/> (дата обращения: 28.05.2020).

4. Хрусталева Е.Ю. Технологии интеграции 1С:Предприятие 8.3. М.: 1С-Паблишинг, 2020. 20 с.

**Проектирование информационных систем  
с помощью микросервисной архитектуры**

*Г.Р. Берайлик, магистрант,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: genrih95@mail.ru*

**Comparing approaches to the management of technological parameters  
of the room**

*G. Beraylik, graduate student,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Предложен метод разработки информационных систем для «Умного дома». Проведен сравнительный анализ архитектурных решений информационных систем для экосистемы интернета вещей. Предложено решение на основе микросервисной архитектуры и обоснована его эффективность при реализации сложных распределенных систем реального времени «Умного дома».

**Abstract**

A method for developing information systems for the «Smart Home» is proposed. A comparative analysis of the architectural solutions of information systems for the ecosystem of the Internet of things. A solution based on microservice architecture is proposed and its effectiveness is justified in the implementation of complex distributed real-time systems of «Smart Home».

**Ключевые слова:** умный дом; автоматизация; энергоресурсы; микросервис; интернет вещей; монолит; информационная система.

**Keywords:** smart home; automation; energy; microservice; internet of things; monolith; the information system.

С течением времени программные системы продолжают разрабатываться и увеличиваться в объеме, а их структура становится размытой. С ростом объема исходного кода, система начинает выглядеть громоздко, и становится трудной для понимания и изменения новым

разработчикам. Труднее выявляются побочные эффекты и зависимости, ухудшается качество и перегружается система разработки.

Интернет вещей имеет огромную экосистему развертывания, содержащую несколько серверов, приложений, датчиков и протоколов. Экосистема содержит множество конечных точек, таких, как приборное программное обеспечение, веб-браузеры, мобильные устройства и тестирование, которые требуют интенсивной интеграции между устройством, данными и приложениями. Всё это увеличивает время разработки и затраты даже используя гибкие методологии разработки, такие, как agile и scrum. В случае использования микросервисов функциональность систем разбивается на компоненты самого низкого уровня, в виде небольших, модульных, независимо развертываемых и слабо связанных служб, что снижает сложность интеграции, в отличие от монолитной архитектуры (рис.1).



Рис.1. Схематическое представление монолитной архитектуры

С помощью микросервисов разработчики могут легко создавать и поддерживать большие и сложные приложения (рис.2). Например, производитель устройств хочет обеспечить бесперебойное решение удо-

влетворяющее требованиям дизайна UX, точной функциональности и производительности. Поддержание этих требований влечёт частые изменения платформы, устройств и приложений. Внедрение DevOps для непрерывного развертывания, интеграции, тестирования и мониторинга пользовательского опыта, может помочь в достижении поставленных целей. Следующим шагом улучшения является использование микросервисов, поскольку они предоставляют большую гибкость. Монолитная архитектура, содержащая множество сложных зависимостей, требует больше времени, чем архитектура на основе микросервисов, для внесения даже небольшого изменения в приложение. Например, изменение интерфейса веб-приложения или мобильного приложения требует координации с командами промежуточного программного обеспечения, бэкенда и базы данных. Поэтому принятие микросервисов является лучшим вариантом для более быстрой разработки сложных распределённых систем реального времени.



Рис.2. Схематическое представление микросервисной архитектуры

Классический вариант реализации системы «Умного дома» подразумевает наличие единой системы, которая выполняет все функции для работы с приборами «Умного дома» (рис.3).



Рис.3. Вариант реализации системы «Умный дом»

В основе данной системы лежит монолитная архитектура. Основными её недостатками являются:

- сложность вносить изменения;
- отсутствие гибкости технологических решений;
- медленная скорость разработки при больших размерах системы;
- ограниченная производительность.

Распределенная система позволит разрабатывать отдельные сервисы для работы с приборами, не затрагивая основную часть системы, что позволит избежать ошибок и повысит скорость процессов разработки и внедрения. При расширении системы и добавлении поддержки новых приборов разработок третьих лиц, может возникнуть проблема несоответствия протоколов приборов с основной системой. Эту проблему можно решить созданием отдельного, промежуточного сервиса, который будет переводить сообщения понятные прибору к виду, понятному системе.

Применение принципов микросервисной архитектуры при проектировании и разработке систем «Умного дома», может революционизировать внедрение интернета вещей в нашу реальность. Архитектура микросервисов уже принесла бизнес-инновации, гибкость, масштабируемость, отказоустойчивость и другие преимущества в разрабатываемые информационные системы. Экосистема «Умного дома» может получить те же преимущества и даже больше, в плане независимости устройств, функциональной совместимости, повторного использования и т.д.

Предлагается использовать микросервисную архитектуру в разработках систем «Умного дома». Данный подход показал эффективность в разработке модулей информационно и функционально сложной системы реального времени «Умного дома».

#### **Используемые источники**

1. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2006.
2. Архипов В. Системы для «интеллектуального» здания // Строй Маркет, 1999 г.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.
4. Mihalache A. Wireless Home Automation System using IoT // Informatica Economica. 2017. Vol. 21. No. 2. P. 17 - 32. URL: <https://doaj.org/article/0301957e7d2b45cba83993a93865faa7>

**Подход к автоматизации веб-разработки средствами дизайн-систем**

*Ф.А. Большаков, магистрант института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: filippbolshakov@gmail.com,*

*В.Н. Маршалов, старший эксперт Научно-технического комитета  
развития вооружений,  
Москва, Россия,  
e-mail: tdutybq1971@mail.ru*

**Approach to web development automation by means of design systems**

*F.A. Bolshakov, graduate student of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia.*

*V.N. Marshalov, Senior Expert, Scientific and Technical Committee for Arms  
Development,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В данной статье будет рассмотрено понятие дизайн-системы, ее значимости в автоматизации рабочих процессов отделов разработки веб-проектов. Также будут рассмотрены и проанализированы инструменты для разработки дизайн-системы.

**Abstract**

In given article the concept of design-system, its importance in automation of working processes of departments of development of web projects will be considered. In addition, tools for design-system development will be considered and analyzed.

**Ключевые слова:** дизайн система, электронно-коммерческая система, web-сайт, фреймворк, React, Angular, Vue, средства разработки.

**Keywords:** design system, electronic commercial system, web site, framework, React, Angular, Vue, development tool.

В современных условиях каждый разработчик и каждая компания стремится к тому, чтобы их система могла охватить как можно больше



возможностей фронтэнд разработки, таких как динамичное получение данных, серверный рендеринг на клиентской части и так далее. А возможно и предугадать последующие потребности, такие как автоматическая интернационализация и создание прогрессивных веб приложений. Со стороны разработки, программисты стремятся максимально подробно описывать код, разбивая большие части на модули, тем самым позволяя работать с ним различным специалистам. Аналитики стараются охватить весь функционал и все возможные случаи для конкретного модуля и заложить возможности для улучшения/дополнения. Дизайнеры и проектировщики стараются описать/расположить интерфейс не только со стороны работоспособности, но и стороны анализа поведения человека для определенного взаимодействия. Специалисты отдела тестирования стараются описывать как можно больше возможных сценариев поведения системы, чтобы при любом изменении ее, было понятно насколько это критично.

Проблема, рассматриваемая в данной статье, состоит в значительном времени процесса разработки и отсутствия стандартных средств автоматизации этих процессов. Проекты начинаются с выполнения базовых долгих действий, отделы ожидают друг друга для продолжения работы. При увеличении функционала код становится все сложнее читать. Разработчики ошибаются при написании кода в простых вещах, которые влекут за собой большие проблемы.

Для устранения таких проблем в разных компаниях действуют по-разному. Многие компании задумываются о создании автоматизированной дизайн системы, которые будут включать в себя лучшие наработки последних лет, и использование наиболее эффективных подходов к разработке и созданию веб-проектов [1].

Дизайн системы - это набор компонентов многократного использования, руководствующиеся четкими стандартами, которые могут быть собраны вместе для создания любого количества приложений. Такие системы автоматизируют в основном работу таких отделов как дизайн и фронтэнд-разработки. Стандартизация таких аспектов, как соглашения об именах, требования доступности и структура файлов, поможет командам работать согласованно и предотвращать ошибки, а, следовательно, поддерживать такой код станет гораздо проще.

Компоненты являются частями повторно используемого кода в системе, и они служат основами интерфейса приложения. Компоненты варьируются по сложности. Сокращение компонентов до одной функции, например, кнопки или раскрывающегося списка, повышает гибкость,

делая их более пригодными для повторного использования. Более сложные компоненты, такие как таблицы для определенных типов данных, могут хорошо обслуживать их варианты использования, но эта сложность ограничивает число применимых сценариев. Чем больше компонентов можно использовать повторно, тем меньше нужно их обслуживать и тем проще становится масштабирование.

В данной статье мы рассмотрим отдел фронтэнда, так как именно в нем происходят самые большие изменения.

При разработке дизайн-системы наиболее важными аспектами являются выбора фреймворка и языка программирования, что связано с необходимостью обеспечения так гибкая и технической поддержки системы в течение длительного времени.

Несмотря на кажущуюся эффективность популярных фреймворков, существует ряд проблем, например, директивы Angular, прописанные напрямую в разметку HTML, а не виртуального DOM дерева заставляют усомниться в надежности и производительности, а тем более в поддержке такого кода, даже при разбивании на модули.

На данный момент лучшими фреймворками являются Vue и React, ввиду их высокого быстродействия и небольшого размера, кроме того в них используются одинаковые принципы при подходе к разработке веб-проектов [2].

Если посмотреть на статистику по скачиванием фреймворков React и Vue (рис.1), то станет очевидно, что готовых решений и примеров и в целом сообщество больше у React [3].

Следующим шагом при создании дизайн-системы является выбор автоматизированной библиотеки для документации, в частности для показа готовых компонентов, либо модулей.

Для анализа были выбраны две самых популярных библиотеки, это Docz и Storybook.

Docz предназначен для документирования компонентов и взаимодействия с ними через редактор кода. Для дизайн-систем редактирование кода в реальном времени и функциональность изменения состояний очень полезны. Docz помогает на этапе разработки компонента, потому что обеспечивается возможность моделирования данных и последующего их редактирования, что позволяет по сути объединить эти два этапа.

Storybook, с другой стороны, предназначен для визуальных тестов, таких как отображение компонентов и просмотр обработчиков взаимодействия событий на консоли в нижней части экрана, помогая на этапе разработки компонента, что намного полезнее для разработчиков.

## react vs vue

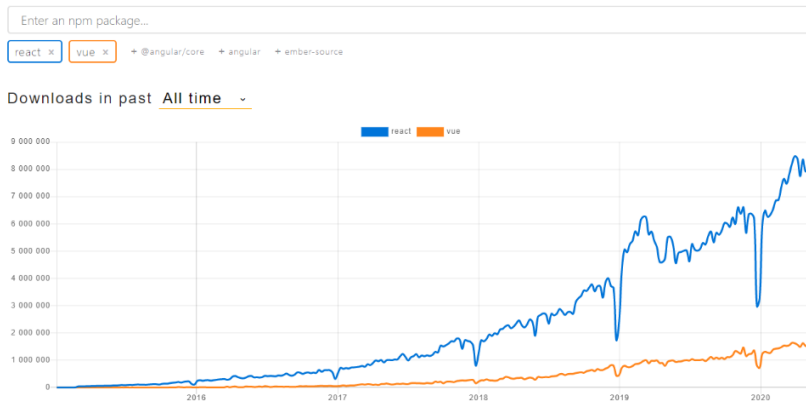


Рис.1. Сравнение по скачиваним фреймворков

Библиотеки очень похожи, однако можно выделить те функции, которые лучше выполняет та или иная библиотека, так, например, Docz лучше выполняет функции, такие как:

- написание простой документацию;
- изменение кода в режиме реального времени, при разработке компонентов;

- демонстрация компонентов.

Storybook в свою очередь лучше выполняет следующие функции:

- демонстрация журналов обработчиков событий, при разработке компонентов;
- демонстрация обратных вызовов;
- автоматическое тестирование демонстрационных компонентов;
- изменение предустановленных значений в режиме реального времени;
- демонстрация отображения для людей с нарушением зрения.

В Storybook есть возможность подключения плагинов, что добавляет новые функции данной библиотеки, например, дополнительные обработчики или вывод дополнительной информации, однако обучение работе со Storybook требует значительно больших временных затрат, чем для Docz [4]. Отрицательным моментом Storybook является то, что

он регистрирует все файлы в папке, поэтому при демонстрации компонентов могут произойти проблемы, поэтому рекомендуется эти библиотеки использовать только в качестве документации или демонстрации отдельного функционала компонентов. Рассмотрим статистику по количеству скачиваний для данных библиотек (рис.2), исходя из которой можно сделать вывод об их популярности и востребованности на рынке, как можно видеть из графика, Storybook имеет намного больше скачиваний, чем docz, что говорит о том, что сообщество разработчиков больше выбирает Storybook и готовых решений, и ответов будет найдено намного быстрее именно в этой библиотеке.



Рис.2. Сравнение количества скачиваний библиотек документации

Следующим этапом разработки дизайн-системы является согласование инструмента отдела дизайна, так как от него зависит, будет ли отдел дизайна помощником в работе отдела фронтэнда.

Наиболее очевидным выбором является Figma, поскольку это гигантский инструмент, который включает для фронтенд разработчика множество инструментов.

Данный инструмент, что он теперь убирает границы руководства по стилю лишь для одного отдела, но и привносит свои правила в отдел разработки, например, названия цветов, названия типографики, назва-

ния сетки, и так далее. Figma благодаря своим плагинам, позволяет настроить выгрузку так называемых дизайн токенов.

Дизайн токены - это набор стилей - цвета, типография и переменные размера, которые используются в продукте и могут быть преобразованы в формат для любой платформы, такой как iOS, Android, веб-приложения. Поэтому разработчики производят настройку по выгрузке дизайн-токенов, затем используют единые названия для вызова тех или иных цветов, или того или иного размера, и других параметров. Обеспечивается возможность получения только строки кода в виде css правил, а также целых файлов или svg иконок, однако для этого придется написать функции для преобразования информации и по динамическому вызову, после чего открывается возможность получения автогенерируемых файлов по дизайн-токенам. В итоге фронтенд занимается логикой, а стилями системы занимаются дизайнеры [5].

Для ускорения и предотвращения ошибок, в дизайн-систему целесообразно добавить следующие дополнительные инструменты, такие как линтеры (eslint - проверка кода на стандарт JS), формтеры (prettier - инструмент для автоматического исправления кода) и хаски (инструмент, предотвращающий сохранение изменения) для проверки на этапе сохранения изменений. После добавления этих инструментов, повышается правильность кода, поскольку написание кода осуществляется в едином стиле, а все попытки или ошибки исправляются, или дается четкое указание на их место.

Для того, чтобы избавиться от стандартной проблемы появления новых ошибок при устранении старых целесообразно ввести обязательные автотесты всех написанных компонентов и функций, в этом случае система автоматически уведомит в случае несоответствия измененного компонента требованиям системы.

В целом именно эти инструменты и правила обеспечивают создание дизайн-системы, которая обеспечивает написание грамотного кода, а также ускорение разработки на всех этапах создания проекта.

Такая дизайн система, позволяет мгновенно показывать результат заказчику/дизайнеру в промежуточном варианте, а тестировщикам стало удобнее тестировать, так как компоненты выводятся отдельно, не завися от других. Система предоставляет динамические элементы управления, которые автогенерируются в зависимости от данных которые заполнил разработчик, что уменьшает ошибку, связанную с человеческим фактором (рис.3).

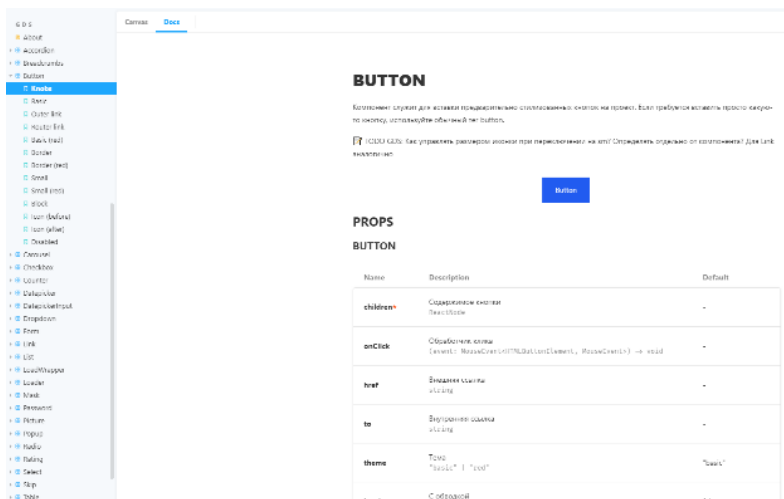


Рис.3. Пример работы дизайн-системы

Множество компаний испытывают трудности с тем, что разработка занимает большое количество времени, подобная дизайн-система может решить проблему автоматизации этого процесса.

Система ускорит работу не только в отделе разработки, но и в других отделах, что в целом повысит темп создания проекта, а также независимость отделов друг от друга. Уменьшается количество ошибок в программном коде и соответственно снижается общее время разработка. Указанные преимущества системы позволяют быстрее получить готовый продукт, нивелировать проблемы зависимостей отделов, что в итоге принесет выгоду компании.

#### Используемые источники

1. DESIGN SYSTEMS CLUB // DESIGN SYSTEMS CLUB URL: <http://designsystemsclub.ru/> (дата обращения: 20.03.2020).
2. *Angular vs. React vs. Vue: Сравнение 2017* // Seldon.News - агрегатор самых свежих, актуальных и качественных новостей URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/176317789> (дата обращения: 20.03.2020).
3. *react vs vue* // npm trends URL: <https://www.npmtrends.com/react-vs-vue> (дата обращения: 20.04.2020).

4. Docz vs Storybook // Medium - Get smarter about what matters to you. URL: <https://medium.com/rung-brasil/docz-vs-storybook-1a2812f5d51f> (дата обращения: 20.03.2020).

5. Инструмент: 10 причин отказаться от Sketch и перейти на Figma // vc.ru - бизнес, технологии, идеи, модели роста, стартапы URL: <https://vc.ru/flood/24139-stop-using-sketch> (дата обращения: 20.03.2020).

### **Сравнение прироста клиентов в компаниях с CRM-системой**

*П.Д. Большакова, магистрант Института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: polina.chaschina2014@yandex.ru*

### **Comparison of customer growth in companies with a CRM system**

*P. Bolshakova, graduate student of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

#### **Аннотация**

Выявлена актуальность применения CRM-систем в современном мире. Были разобраны все минусы и плюсы использования CRM-систем в современных компаниях и выявлен прирост постоянных клиентов в компаниях с CRM-системами, по сравнению с компаниями, не использующие ее. Выведены формулы расчета ценности клиентов.

#### **Abstract**

The relevance of CRM systems application in the modern world is revealed. All the pros and cons of using CRM systems in modern companies were analyzed, and the increase in regular customers in companies with CRM systems, compared to companies that do not use it, was revealed. Formulas for calculating customer value are derived.

**Ключевые слова:** CRM-системы, концепция, снижение эффективности работы, связь с клиентами, увеличение количества клиентов, повышение качества обратной связи.

**Keywords:** CRM systems, concept, reduced performance, communication with clients, increasing the number of clients, improving the quality of feedback.

В наше время слово автоматизация известно практически каждому человеку, ведь именно благодаря автоматизации, а именно автоматизированным системам и осуществляют свою работу каждая вторая организация. С каждым днем все труднее представить свою жизнь без автоматизированных систем, программ, обработок и т.п.



Возьмем к примеру бухгалтерский учет. Вместо множеств записей в разных книгах, достаточно ввести всего лишь необходимые данные в уже готовые поля, откуда и будет осуществляться автоматизация всего процесса (автоматическое создание отчета, бланка и т.д.) с помощью программного обеспечения.

Помимо автоматизации, нашу жизнь переполняет управление взаимоотношениями с клиентами. Взаимодействие с клиентами – это один из самых ключевых моментов в любом бизнесе, в любой компании, в любой корпорации, ведь если отсутствует связь «Оператор-Клиент» и «Клиент-Оператор», то ни о какой активной, четкой и слаженной работе не может быть и речи т.к., выпускаемый продукт фирмы должен удовлетворять все потребности заказчика в течение времени его изготовления. Должна осуществляться именно та связь, которая поможет покупателю донести свои пожелания и требования производителю, чтобы создать тот продукт, который покупатель сам захочет купить.

В связи с повышением роли маркетинга и изменениями подхода в работе с клиентами, с появлением все больших автоматизированных систем и технологий, появились CRM-системы.

В современном мире все чаще можно услышать такую аббревиатуру, как: CRM. CRM-системы стали востребованы в наше время по двум главным причинам: помощь в поиске, взаимодействия и приобретения новых клиентов, и улучшение взаимодействия с уже существующими клиентами [4].

Как говорилось выше, CRM-системы нужны в компаниях, с целью улучшения связи с клиентами, но все ли компании нуждаются в данной системе и в каких случаях ее стоит приобрести?

CRM-системы нужны любому бизнесу, в котором существует непосредственная связь с клиентами и стремление расширить количество покупателей. Возьмем к примеру интернет-магазин или салоны, ведь они не смогут эффективно работать без прямой связи с клиентами, а что бы пользовались их услугами, им приходится постоянно расширять клиентскую базу, выпускать разные скидочные карты постоянным клиентам, проводить различные акции и т.п. с целью привлечения внимания большего количества реальных покупателей. А вот розничный магазин никогда не будет прибегать к использованию CRM-системам, потому что лояльность клиентов основана на качестве продукции, товаров и обслуживания, а информацию по покупателям невозможно зафиксировать.

В реальности все оказывается в разы сложнее, потому что после того, как будет внедрена данная модель бизнес-планирования, выявится не одно, и даже не десяток, а огромное количество недостатков работы отдела продаж.

CRM нужна для того, чтобы:

- 1) не пропускать ни единого звонка и уведомления от заказчика, чтобы не потерять постоянных клиентов;
- 2) вся необходимая информация, данные находились в одной общей базе, для более удобного и наглядного использования;
- 3) использовать готовые решения, которые были ранее высчитаны разработчиками CRM-системы, ну или другими словами, существует большое количество готовых инструментов, которые позволяют перевести качество работы сотрудников на более высокий, новый уровень;
- 4) осуществлять контроль качества работы связи сотрудников с клиентами.

У каждой компании есть такая цель, как «Увеличение прибыльности». Пусть эта цель даже не будет главной, но она всегда присуща каждой компании. А если будут появляться новые возможности сбыта товаров и услуг, то вместе с этим возрастет и прибыльность предприятия.

Благодаря стремительному развитию современных компьютерных и информационных технологий человечество начинает стремиться к скорейшему обеспечению персонализации в массовых продажах.

Так же время идет, роль маркетинга стремительно растет, а вместе с этим изменяется и подход к работе с клиентами. Теперь компании прикладывают большое усилие как к увлечению большого количества клиентов, так и к их удержанию. Компаниям приходится тратить огромную часть бюджета на привлечение клиентов и им очень важно понимать, что все потраченные силы, средства и время не пропали даром. Поэтому требовались некая автоматизированная система, которая поможет улучшить скорость и качество работы отдела продаж.

Выходом из всех данных причин – это создание автоматизации и стандартизации управления отношений отделов продаж с клиентами. Так и появились CRM-системы.

Так зачем CRM нужна бизнесу? Существует множество факторов, которые наглядно показывают предназначение и потребность CRM-систем в бизнесе. Рассмотрим основные:

- В среднем, на привлечение нового клиента, тратить в 5 раз больше средств и усилий, чем на удержание постоянных клиентов.

- Примерно 50 % существующих клиентов не приносят прибыли компании из-за неэффективного взаимодействия с ними.

- Удовлетворенный клиент приведет за собой еще клиента, рассказав о компании положительные отзывы, в то время как неудовлетворенный отстранит 5 клиентов.

- Большая часть клиентов принесет больше прибыли компании уже после года постоянного обслуживания.

Все это говорит о том, что для большей прибыли компании, требуется более эффективная, быстрая и качественная работа с клиентской базой, что отлично предоставляет нам CRM-системы. Но, как и любых технологий, у CRM-системы есть свои как плюсы, так и минусы.

Преимущества:

- Система позволяет руководителям грамотно и четко управлять взаимоотношениями отделов кадров и клиентов, а также создавать эффективные решения развития компании.

- Система позволяет хранить всю информацию по клиентам в единой базе данных.

- CRM существует как платное, так и бесплатное использование.

- Благодаря данным системам, увеличиваются продажи компании и лояльность к ней, со стороны клиентов.

- Системы позволяют осуществлять не только контроль над всеми отделами продаж, а также и над каждым отдельным сотрудником.

- Данными системами можно пользоваться как стационарно, так и удаленно.

- Системы позволяют автоматизировать бизнес-процессы, которые непосредственно связаны с взаимодействием с клиентами.

Недостатки:

- В системы включены шаблоны оформления стандартных отчетов, а при создании отличных от них отчетов могут возникнуть проблемы, с решениями которых сможет помочь лишь найм специалистов.

- В системах содержатся излишние опции, с которыми персонал почти не имеет никакой работы, а избыточная информация заставляет менеджеров сталкиваться с трудностями использования CRM-систем.

- CRM-системы не обеспечены безопасностью, ведь с данными систем могут управлять целый отдел продаж.

Не смотря на ее главный, как мне кажется, минус - отсутствия обеспечения безопасности хранения и использования данных в CRM-

системах, системы быстро и верно завоевывают доверие у руководителей многих компаний.

Концепция CRM - это внутренние стандарты компании и бизнес-процессы по обслуживанию работы с клиентами, т.е., своими словами, это действия и правила компании, которые помогут обеспечить то или иное обслуживание клиентов. Для лучшего обслуживания необходимо: 1) наличие единого хранилища данных о клиенте, откуда доступна в любой момент информация о прошлом и будущем взаимодействии с клиентами, 2) использования всех каналов связи, таких как электронная почта, сотовый телефон, встречи, видеозвонки, регистрационные формы на веб-сайтах, рекламные ссылки и т.п., 3) постоянный анализ данных по клиентам, их значимости в компании.

В CRM-концепцию входят такие задачи, как: увеличение доходов компании, ее прибыльности и повышение удовлетворенности клиентов.

CRM-концепцией является ценность клиентов на все время его взаимодействия с компанией. Что же может повлиять на ее снижение? Одной из самых важных и распространенных причин является снижение эффективности работ отдела продаж. Что же может повлиять на снижение эффективности данных работ?

**Таблица 4**

**Распространенные причины снижения эффективности работы отделов продаж**

Проблема	Причины	Решение	Роль CRM-системы
Потеря входящих звонков	Менеджеры не спрашивают контактные данные	Протоколировать входящие звонки, сравнивать с отчетом менеджеров	Учет созданных контактов для сравнения с протоколом
Менеджеры забывают позвонить клиентам	Лень, большой объем работ, неудобный способ составления плана работ	Контролировать расписание контактов менеджеров, загрузку	Экономить время менеджера на планирование и руководителя на контроль <хвостов>
Хорошие менеджеры перестают передавать	невозможность вести более, чем 100 - 1500 контактов одновременно	Организовать прилив свежих контактов (изымать старые, добавлять новые)	Экономия времени руководителя на определение/изъятие <бесперспективных> контактов

*Окончание*

Проблема	Причины	Решение	Роль CRM-системы
Низкая эффективность исходящего телемаркетинга	Некачественная база, неквалифицированный продавец, плохой товар	Подобрать базу контактов, требовать отчет о причинах каждого отказа, выяснение условий заключений сделки	Экономить время менеджера на отчетность и упростить работу над ошибками для руководителя

CRM-системы нужны для записи и хранения всех контактов клиентов и компаний, с которыми сотрудничает данная фирма.

Основные принципы:

- Присутствие единого хранилища всей информации, в котором содержатся все контакты и информация по клиентам, взаимоотношения с ними и проделанная работа отделов продаж.
- Анализ всей собранной информации за последнее время о клиентах и принятие решений о дальнейшей работе и организационных моментов.
- Использование различных способов взаимодействия с клиентами: телефонные звонки, письма электронного и бумажного формата и т.п.

В компаниях, более высокого уровня, обычно делаются ставки на постоянных клиентов и на них тратится больше усилий, чем на остальных, так как данные клиенты смогут принести намного больше выручки, нежели новый клиент. У более малых компаний ситуация чуть иначе обстоит, так как им нужно наоборот закрепиться на рынке и уделять каждому клиенту должное внимание, чтобы привлечь и переманить на свою сторону клиентов и сделать у себя их постоянными. А для того, чтобы удержать такое количество клиентов, необходимо увеличить на один год среднюю доходность от клиента примерно на 10%, а для этого в свою очередь необходимо добиться роста показателя удержания клиентов. А для этого нужно создать для каждого типа клиентов свою модель удержания.

Как пример, выделим два сегмента компаний и их показатели:

1. Крупные компании с оборотом свыше 100 млн \$
  - Количество клиентов = 20
  - Затраты на привлечение одного клиента, тыс. \$ = 20
  - Общая прибыль за год, млн \$ = 2

- Среднее LTV, тыс. \$ = 200
  - Среднее LTP, тыс. \$ = 50
2. Средние компании с оборотом от 10 до 100 млн \$
- Количество клиентов = 400
  - Затраты на привлечение одного клиента, тыс. \$ = 5
  - Общая прибыль за год, млн \$ = 20
  - Среднее LTV, тыс. \$ = 100
  - Среднее LTP, тыс. \$ = 20

Здесь LTV/LTP (Lifetime Value, Lifetime Profit) - «пожизненная» ценность (клиента) - доход/прибыль, приносимые клиентом в течение периода (жизненного цикла) его покупательной активности. Данные показатели определяются следующим образом:

$$LTP = \frac{\text{Продолжительность отношений}}{\text{Средний промежуток времени между покупками}} * \text{Средняя прибыльность покупки} \quad (1)$$

$$LTV = \frac{\text{Продолжительность отношений}}{\text{Средний промежуток времени между покупками}} * \text{Средняя стоимость покупки} \quad (2)$$

Итак, из приведенных формул можно заметить, что для крупных компаний не так важно следить за всеми клиентами, так как потеряв даже большинство из них, они спокойно смогут окупиться только за счет своих постоянных. В то время, как средним компаниям необходимо следить за количеством всех клиентов и привлекать их в своих постоянных клиентов, а для этого будет выгодней использовать CRM-систему, в которой будут храниться структурно весь список всех клиентов. Можно увидеть частоту их покупок, средний чек покупок, предлагать каждому типу клиентов определенные купоны со скидками и так далее.

CRM-системы должны позволять просматривать и работать с клиентами, но и предоставлять возможность просматривать и фиксировать все действия работников отдела продаж. В некоторых CRM-системах заполнение данной информации автоматизировано по средствам записи телефонного звонка или же заполнения данных пунктов автоматически в течении разговора.

Большинство CRM-систем позволяет отправлять электронные письма клиентам прямо через программу, т.е. отправленные письма из CRM-систем автоматически фиксируются.

Администратор CRM-системы должен уметь правильно распределять роли сотрудникам, которые имеют доступ к CRM-системе. Группе и отдельным пользователям должна сопоставляться определенная именно для него роль (Менеджер, Администратор, Начальник, Отдел

продаж и т.п.) и в соответствии с ролью, которая выделена для данного сотрудника, «выделяется» доступ к CRM-системе.

Что касается видов CRM, так их всего три: операционные, аналитические и комбинированные. Ниже представлена таблица сравнения данных видов и их характеристики.

*Таблица 5*

**Виды CRM и их описание**

	Операционные	Аналитические	Комбинированные
Функции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• планирование и координация контактов с клиентами;</li> <li>• сбор и систематизация информации;</li> <li>• контроль над проведением сделок и анализ их этапов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• классификация информации о клиентах;</li> <li>• анализ ассортимента и цены;</li> <li>• анализ конкурентов;</li> <li>• анализ продаж;</li> <li>• взаимодействие с другими учетными системами</li> </ul>	<p>Совмещает в себе функции операционных и аналитических CRM-систем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• учет;</li> <li>• анализ</li> </ul>
Компании, которые используют	<p>Те, которые рассчитывают на долгосрочное сотрудничество, при котором будет задействовано несколько специалистов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• банки;</li> <li>• страховые компании;</li> <li>• финансовые учреждения</li> </ul>	<p>Те, которые совершают множество краткосрочных сделок:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• мелкий и крупный опт;</li> <li>• предоставление массовых услуг</li> </ul>	<p>Те, которые направление на массовое предоставление услуг, но при этом могут сотрудничать с клиентурой и на долгосрочной основе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• различные производители;</li> <li>• строительные компании;</li> <li>• рекламные агентства</li> </ul>

*Окончание*

	Операционные	Аналитические	Комбинированные
Особенности работы	<ul style="list-style-type: none"><li>• Индивидуальный подход, так как с клиентом необходимо наладить долгосрочное сотрудничество;</li><li>• строгое соблюдение условий и сроков договора;</li><li>• предоставление некоторых клиентам VIP-статуса;</li><li>• взаимодействие с другими системами учета</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Лояльность работы - поощрение бонусами или предоставление скидок;</li><li>• постоянное наличие товара;</li><li>• гибкая ценовая политика;</li><li>• глубокая интеграция с другими системами учета</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Постоянное наличие товаров на складе, а также работников, которые смогут предоставить услуги;</li><li>• согласование условий работы с клиентами;</li><li>• программы лояльности для постоянных потребителей</li></ul>
Популярные программы-представители	<ul style="list-style-type: none"><li>• Microsoft CRM;</li><li>• Sales Logic;</li><li>• Парус CRM</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Data Analyzer;</li><li>• Marketing Analytic;</li><li>• OROS Enterprise</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Использование двух программ - операционной и аналитической</li></ul>

Итак, в наше время, внедрение CRM-систем – это уже не прихоть, а необходимость компании, для увеличения количества постоянных клиентов, а вместе с ними и повышения прибыли. В современной реальности, заметно изменились принципы оценивания компании клиентами. Ведь если в прошлые годы клиент получал представление о компании только за счет выпускаемой ею продукции, то сейчас, свое мнение клиент строит на основании взаимодействия компании с ним, от телефонных звонков, от качества общения операторов компании и т.д.

CRM-системы позволяют сотрудникам компании, связанных с отделами продаж, повысить качество взаимоотношений с клиентами, увеличить число постоянных покупателей за счет удовлетворенности продуктами и услугами их клиентов. Данные системы помогают повысить эффективность и качество работы отдела продаж с клиентской базой.



### Используемые источники

1. Антонов А.В. Системный анализ. Методология. Построение модели: учеб. пособие. Обникс: ИАТЭ, 2001. 272 с.
2. Автоматизированные информационные технологии в экономике / Под ред. проф. Г.А. Титоренко. М.: Компьютер, ЮНИТИ, 1998. 400 с.
3. Меньов А.В. Теоретические основы автоматизированного управления: учеб. пособие. М.: МГУП, 2002. 176 с.
4. Независимый CRM-портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.crmonline.ru/>, свободный.
5. Гасаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. М.: Высш. ш., 2003. 431 с.

**О возможностях использования цифровых технологий  
при подготовке волейболистов**

*Н.Ю. Борисова, старший преподаватель кафедры Физического  
воспитания,*

*В.Л. Горбунов, д.т.н., профессор кафедры КИТус,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,*

*e-mail: n.y.borisova@mail.ru, nbia@mail.ru*

**On the possibilities of using digital technologies in the training  
of volleyball players**

*N. Borisova, senior lecturer at the Department Physical education,*

*V. Gorbunov, Dr.Sc.Eng., full Professor of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В настоящее время происходит стремительное развитие информационных технологий в спорте. Для достижения высоких результатов тренерам и спортсменам необходимо знать и уметь использовать современное программное обеспечение, которое предоставляет качественный и быстрый анализ результатов и статистических данных.

**Abstract**

Currently, there is a rapid development of information technology in sports. To achieve high results, coaches and athletes need to know and be able to use modern software that provides high-quality and quick analysis of results and statistical data.

**Ключевые слова:** спорт, волейбол, программное обеспечение, анализ, статистика, информационные технологии.

**Keywords:** sports, volleyball, software, analysis, statistics, information technology.

Сегодня, контроль за каждым спортсменом, за каждой игрой направлен по пути разработки программного обеспечения, где объеди-

нены знания специалистов в различных сферах и их накопленный опыт помогает лучше понять причины побед или поражений.

Основа для анализа игры - статистика. С ее помощью разбирается как отдельная игра команды, так и персональные показатели каждого волейболиста в любой момент матча. Современные статистические данные - это не просто цифры, но и синхронизация данных с видео.

Как говорит тренер сборной России по волейболу Туомаса Саммелвуо: ««Без статистики не обойтись, потому что анализ соперника очень важен. При этом нужно уметь из множества цифр выделить самые главные» [2].

Современные программы для учета статистики позволяют:

- редактировать, отправлять и получать данные статистики;
- корректировать действия команды по ходу встречи;
- анализировать действия волейболистов;
- сохранять историю встреч;
- проводить детальный анализ действий каждого игрока;
- формировать отчеты в формате PDF.

Проанализировав множество программ для учета статистики в волейболе, среди которых Data Volley, DakStats, Digital Scout и др., приходится констатировать тот факт, что все они имеют и ряд недостатков:

- эргономичность интерфейса оставляет желать лучшего, возникают проблемы с вводом данных, в результате чего появляются ошибки при разборе игровых эпизодов;
- для работы с программами, оператор (скаут) должен обучиться работе с ПО, уметь быстро работать с клавиатурой с латинской раскладкой;
- низкая скорость обработки данных, что не позволяет по ходу игры анализировать эпизод;
- высокая цена ПО, что делает их недоступными для клубов второй лиги и ниже;
- невозможность своевременного обновления программ и неслаженная работа приложений из-за того, что админресурс находится за границей.

В России есть собственная разработка для учета волейбольной статистики Volleyball Analyzer [2]. У программы есть мобильная версия, которая позволяет фиксировать действия волейболистов на площадке в течение игры, используя смартфон или планшет. После встречи, программа суммирует полученный результат и выставляет игрокам оценку

от 1 до 5 баллов. Данное ПО удобно в использовании и имеет русифицированный интерфейс, одна из управляющих форм которого представлена на рис.1.



Рис.1. Вид интерфейса для ведения игры

С помощью подобных программ возможно создавать и вести электронную базу спортсменов в спортивных организациях, детско-юношеских спортивных учреждениях и т.д. В программах могут быть отражены достижения каждого занимающегося. Использование программ может способствовать лучшей организации учебно-тренировочного процесса, а как следствие положительно влиять на рост спортивного мастерства, служить для обмена опытом работы среди тренеров.

Рассмотренные программы используются спортивными клубами, которые располагают ресурсами для оснащения специальной техникой, специальной подготовкой тренерского состава и выделенными и обученными работе с программами статистики специалистами. В спортивных школах, командах ветеранской лиги такие программы не используются, но использование статистических данных может существенно повысить результативность тренировочного процесса.

Простыми программами статистики можно отслеживать результативность выполнения волейбольных приемов и техник как результат выполнения тренировочных упражнений. Для спортивных школ важно наблюдать изменение со временем индивидуальных статистических по-

казателей. Во всех вариантах статистики можно и полезно использовать анализ индивидуальных показателей здоровья. Особенно это важно применять для команд ветеранской лиги, где допустимые нагрузки спортсменов должны регулярно контролироваться.

Команды разных возрастных категорий должны проводить тренировочные процессы с ориентиром на особенности подготовки в своем возрасте. В спортивных школах на начальных этапах тренировочный процесс ориентирован на освоение техник основных приемов, которые познаются в результате регулярного выполнения типовых приемов. В ветеранских командах чаще всего играют спортсмены с накопленным опытом и техникой и для них более актуальны тренировки, позволяющие поддержать достигнутый ранее уровень.

В связи с этим, планируется разработка и внедрение собственного программного обеспечения, которое позволит решить ряд задач:

- обеспечение своевременной и оперативной поддержки деятельности тренеров спортивных учреждений и организаций;
- повышение доступности информации в области физической культуры и спорта для спортивных учреждений и организаций;
- совершенствование системы управления в области физической культуры и спорта.

Таким образом, предполагается провести сбор и анализ научно-технической информации, изучить отечественный и зарубежный опыт по данной тематике, осуществить обработку результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.

Программное обеспечение может быть рекомендовано, в первую очередь, специалистам в области физической культуры и спорта, тренерам детских спортивных школ, тренерам-преподавателям. Программа может быть использована спортсменами, закончившими свою профессиональную карьеру, но продолжающими тренироваться и участвовать в соревнованиях.

С помощью программы вы сможете:

- планировать тренировочный процесс и анализировать достигнутые результаты;
- контролировать выполнение задач на тренировочной площадке или на спортивных матчах;
- просматривать статистику конкретного игрока и его игровые действия на диаграммах и графиках с полной детализацией;
- просматривать общую статистику команды для оценки эффективности работы всей команды;

- давать спортсменам обратную связь, мотивируя их на совершенствование спортивных навыков;
- загружать данные на компьютер в формате электронной таблицы для дальнейшего анализа.

**Используемые источники:**

1. *Лопин А.Н., Самбурский Р.В., Фадеева Е.И.* Информационно-аналитическое программное обеспечение для ведения тренировочного и соревновательного процессов в волейболе // Череповецкие научные чтения - 2016. В 3 ч. Ч. 2. 2017. С. 93-95.

2. Электронная спортивная газета «Спорт», [Электронный ресурс]. URL: <https://sport.business-gazeta.ru/article/250275>

**Сравнение гибких методологий разработки прикладного программного обеспечения ИТ-проектов**

*М.Е. Бурнышева, студент магистратуры института СПИИТех,*

*Н.Ю. Соколова, к.т.н., доцент института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,*

*e-mail: brnshvnr@gmail.com, dre@miee.ru*

**Comparison of Agile software development methodologies**

*M. Burnysheva, graduate student of Institute SSEIT,*

*N. Sokolova, Ph.D.Eng., Associate Professor of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Статья посвящена обзору и сравнению современных подходов к разработке. В настоящее время существует множество методологий разработки, что порой затрудняет принятие решения при выборе подходящей методологии для реализации проекта. Результаты сравнения показывают преимущества и недостатки каждого подхода. Данная информация поможет сделать выбор в пользу наиболее эффективной в конкретном случае методологии.

**Abstract**

The article is devoted to the review and comparison of modern approaches to software development. Currently, there are many development methodologies, which sometimes makes it difficult to make a decision when choosing a suitable methodology for project implementation. The results of comparison will show the effectiveness of choosing a particular method.

**Ключевые слова:** гибкие методологии, Agile, Scrum, Kanban, экстремальное программирование (XP), бережливая разработка Lean.

**Keywords:** Agile software development, Agile, Scrum, Kanban, XP, Lean Software Development.

Началом истории гибких методологий принято считать 2001 г., когда был опубликован Манифест гибкой разработки программного обес-

печения - Agile Manifesto [1]. Этот Манифест считает приоритетом в работе над проектами не документацию, процессы или инструменты, а готовый работающий продукт и людей.

Главная особенность гибких методологий разработки - метод работы в небольших командах (как правило, до 10 - 15 высококвалифицированных специалистов) и постоянное взаимодействие членов команды между собой. Гибкие методологии подразумевают частые корректировки требований, и, как следствие, итерационный подход к разработке. Итерации в основном длятся от 1 до 4 недель, и в результате каждой итерации должен выпускаться минимально жизнеспособный продукт с дальнейшим наращиванием его функционала [2].

В настоящий момент наиболее популярными гибкими методологиями считаются Scrum, Kanban, экстремальное программирование (XP), бережливая разработка Lean. Не менее популярными являются также и их комбинации, как, например, Scrumban или Scrum/XP. Каждая из них имеет свои особенности, которые влияют на возможность использования методологии в отдельно взятом проекте.

Методология Scrum - хорошо зарекомендовавшие себя в ИТ-проектах практики, которые базируются на принципах тайм-менеджмента. В центре этой методологии находятся Скрам-команды и связанные с ними роли, события, артефакты и правила. Обязательными ролями являются: Скрам-мастер, Владелец продукта и член Скрам-команды. Скрам-мастер (Scrum Master) - главное лицо в команде, которое руководит взаимодействиям внутри нее и поддерживает связи с заказчиками. Владелец продукта (Product Owner) несет ответственность за управление Бэклогом продукта и достижение максимальной ценности продукта. Скрам-команда (Scrum Team) работает над созданием готового продукта и несет ответственность за него перед Владельцем продукта [3].

При использовании методологии Scrum команда работает короткими циклами - спринтами, а в конце каждого из них на выходе должен появляться новый полезный функционал для заказчика. Структура спринта строго обозначена: он начинается с планирования ближайших работ и заканчивается обзором прошедшего спринта и ретроспективой, помимо этого проходят ежедневный короткие «планёрки» команды.

Методология Scrum ориентирована на заказчика и удовлетворение его требований. Помимо этого, её преимуществом является быстрая мобильность в условиях меняющихся требований или в случае частичного отсутствия таковых. Для обеспечения данных преимуществ необходима высокоорганизованная команда квалифицированных специалистов,



именно поэтому Scrum-проекты отличаются высокими затратами на подбор и обучение персонала. Кроме того, для обеспечения эффективного функционирования Scrum-процесса требуется значительный временной ресурс - по мнениям специалистов порядка трети времени проекта отдается ежедневным встречам команды и обзорам спринтов.

В методологии Kanban разделения на постоянные спринты не подразумевается, однако весь процесс делится на стадии выполнения задач, такие как «в разработке», «на тестировании» или «завершено». Весь жизненный цикл задачи отображается на специальной Kanban-доске, которая позволяет сделать рабочий процесс более прозрачным для его участников. Это считается первым важным принципом работы по Kanban.

Второй принцип - ограничение количества задач на этапе. Это необходимо для того, чтобы команда была сосредоточена на своих задачах, а их количество на каждом из этапов не скапливалось несоразмерно с другими этапами.

Третий и важнейший принцип - оптимизация процесса в зависимости от затрачиваемого времени на задачи. Результаты работы постоянно анализируются, что позволяет не допускать в процессе простоев или выполнения лишних задач.

Kanban отлично дополняет прочие гибкие методологии и существенно увеличивает скорость разработки. Однако к недостаткам можно отнести ограниченность размеров команды - обязательно до 5 человек, а также невозможность кросс-функциональности команды.

Методологии экстремального программирования или сокращенно XP (eXtreme Programming) ориентирована на разработку в условиях неопределенности. В основе данной методологии лежат 5 принципов: общение, простота, обратная связь, уважение и смелость [4]. Одними из особенностей XP являются парное программирование и разработка через тестирование, что хорошо себя зарекомендовало на практике при работе высококвалифицированных специалистов [5]. Применение методологии экстремального программирования предполагает итеративные и очень короткие частые выпуски, которые позволяют команде и заказчику получать более детальные данные о развитии проекта.

Высокие темп разработки и качество разрабатываемого программного продукта благодаря особенностям XP несомненно можно отнести к преимуществам данной методологии. Недостатком же является сильная зависимость от уровня профессионализма разработчиков.

Методология бережливой разработки Lean ставит своей целью повышение качества работы за счет сокращения потерь. Данная методология

направлена на борьбу с потерями во всех их проявлениях, учитывая при этом удобство и безопасность выполнения операций для персонала [6, 7].

«Бережливое производство» включает в себя большое количество инструментов и методик, которые направлены на длительную работу по совершенствованию качества и минимизацию потерь. Среди таких методик можно отметить:

- Кайдзен (kaizen) - основывается на непрерывном улучшении качества продукта;
- 5S - одна из составляющих частей Кайдзен, которая минимизирует потери за счет правильной организации рабочего места;
- KPI (Ключевые индикаторы производительности) - специальная система метрик для анализа эффективности деятельности как отдельных сотрудников, так и компании в целом;
- Poka-Yoke (Защита от ошибки) - направлена на предотвращение появления ошибок в процессе разработки.

Четкая упорядоченность процессов при применении Lean дает возможность избежать лишнего трат, а значит снижать общую стоимость проекта, сохраняя при этом его высокое качество. Однако недостатком методологии также можно назвать необходимость высокой квалификации специалистов и потребность в сопровождении ИТ-проектов мониторингов процессов.

Выбор подходящей гибкой методологии - один из главных шагов на пути к успешной реализации всего проекта. И среди многообразия выбора остановиться на одном варианте бывает достаточно сложно.

В первую очередь необходимо понимать, что гибкие методологии напрямую зависят от уровня квалификации и слаженности работы проектной команды. Также основой применения гибких методологий является необходимость участия заказчика в процессе работы (кроме методологии Scrum, где заказчика заменяет Владелец продукта).

Важно помнить, что не существует универсальной формулы для выбора наиболее оптимальной методологии. Каждый проект уникален в своих целях и работах, именно поэтому зачастую применяется смесь нескольких подходов. Определяться это должно в зависимости от целей, сроков, бюджета и ресурсов проекта.

На практике же применение гибких методологий хорошо зарекомендовало себя в небольших ИТ-проектах или проектах невысокой сложности. Часто Agile-методики применяются в ИТ-стартапах и новых уникальных разработках ИТ-компаний.

### Используемые источники

1. Agile-манифест разработки программного обеспечения // URL: <https://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html> (дата обращения: 21.05.2020).
2. Agile // URL: <https://www.bigdataschool.ru/wiki/agile> (дата обращения: 21.05.2020).
3. Руководство по Скраму. Исчерпывающее руководство по Скраму: Правила Игры // URL: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Russian.pdf> (дата обращения: 23.05.2020).
4. Extreme Programming: A gentle introduction // URL: <http://www.extremeprogramming.org/> (дата обращения: 23.05.2020).
5. Andrew Powell-Morse Extreme Programming: What Is It And How Do You Use It? // Airbrake Blog. - 2017. - 20.01.2017.
6. *Погребняк С.И.* Бережливое производство. Формула эффективности. М.: Триумф, 2013.
7. Применение современных управленческих инструментов при внедрении новаций на промышленных предприятиях / *А.Д. Бобрышев, Е.С. Панова.* М.; Берлин: Директ-Медиа, 2016. 152 с.

**Автоматизация процессов разработки и поддержки веб-порталов  
с помощью систем управления контентом**

*Т.Р. Вартанова, магистрант Института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
e-mail: tom.vartanowa1488@gmail.com*

**Automation of web portal development and support using content  
management systems**

*T. Vartanova, graduate student of Institute SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Рассмотрены вопросы автоматизации процессов разработки и поддержки веб-порталов на базе интеграции с системой Django CMS. Предложенный подход позволяет значительно сократить затраты на управления контентом и расширение функциональных возможностей встроенных сервисов портала.

**Abstract**

Issues of automation of processes of development and support of web portals based on integration with Django CMS system are discussed. The proposed approach significantly reduces the cost of content management and expands the functionality of embedded portal services.

**Ключевые слова:** система управления контентом, веб-портал, интеграция, информационное наполнение.

**Keywords:** content management system, web portal, integration, content.

С развитием Интернет технологий, возросли требования к созданию веб-порталов производителей продукции и услуг, включающие: удобный и интуитивно понятный интерфейс, богатый функционал, наличие фото и видео-контента. Чтобы поддерживать лидирующие позиции на рынке и производстве, необходимо постоянно отслеживать новые тенденции в технологии электронной коммерции и внедрять их в сервисы и контент портала. Наиболее эффективно осуществляется реинжиниринг портала с помощью систем CMS, которые в последнее

время широко представлены на рынке инструментальных средств для создания и поддержки веб-порталов.

Система CMS - набор инструментов по управлению контентом, дизайном и функционалом, интегрированных в единую систему. В ней реализована возможность в удобном интерфейсе настраивать метаданные отдельной страницы [1].

Интеграция системы управления контентом подразумевает привязку разработанного с нуля или уже используемого портала к системе CMS и его последующую настройку [2].

Выбор системы CMS зависит от бизнес-требований заказчика для модернизации веб-портала. Рассмотрим процесс интеграции CMS с порталом на примере модернизации портала компании «Baltik-company».

«Baltik-company» - российская компания, специализирующаяся на реализации систем кондиционирования, вентиляции, водоснабжения, отопления, очистки и увлажнения воздуха. В условиях развивающегося рынка с высокой конкуренцией, было принято решение о модернизации старого портала компании.

Был проведён совместный анализ требований компании и функциональных возможностей CMS систем: Joomla, WordPress, MODx, Django CMS [3]. Система CMS должна обеспечить многопользовательскую работу, совместимость с другими приложениями и позволять обновлять информационное наполнение страниц портала. В результате проведенного анализа была выбрана система Django CMS, которая наиболее соответствует требованиям «Заказчика».

Django CMS - это open-source система управления содержимым сайта, интегрируемая без существенных затрат ресурсов в существующий проект. Система позволяет создавать и обновлять необходимую для успешной индексации в поисковых системах «Карту сайта», предоставляет возможность редактирования и удобного вывода сниппета в поисковой выдаче [4, 5].

Административная панель Django CMS автоматически генерируется при создании приложения, что избавляет разработчика от необходимости ручного создания панели «Администратора».

Для гибкой работы с отображаемой информацией используется модульный вариант Django CMS, компоненты которой настраиваются под решаемые задачи.

Принцип работы Django CMS заключается в разделении портала на клиентскую и административную части. Клиентскую часть использует посетитель портала [6].

Внедрение системы управления контентом начинается с подключения к базовой конфигурации. Открытые и административные части CMS перепрограммируются, в соответствии поставленными задачами. CMS система позволяет создать мощное функциональное пространство, позволяющее управлять контентом посредством:

- создания, редактирования и модификации информационного наполнения;
- хранения контента в едином репозитории;
- упрощения ранжирования контента в административной панели портала.

На портале компании «Baltik-company» реализована возможность разных уровней доступа к управляющему аккаунту и соответствующие им разрешения «Администратор», «Контент-менеджер» и сформированы основные бизнес-процессы для внедрения нового проекта:

«Администратор» получает от «Заказчика» техническое задание на создание нового проекта.

Затем обрабатывается полученная документация. «Администратор» на странице с проектами создает новый блок, в который вносит название и сроки проведения работ на объекте. Создается новая информационная страница объекта.

После публикации новой страницы и авторизации «Контент-менеджер» наполняет контент страницы, добавляет фотографии объекта и описание проводимых работ. Модель данного бизнес-процесса представлена на рис.1.

На рис.2 представлена физическая модель реализованного портала компании «Baltik-company». Пользователь взаимодействует с веб-порталом через веб-браузер. Портал импортирует информацию с серверов системы Django CMS и Базы Данных на основе СУБД Oracle [7].

Внедрение системы управления контентом начинается с подключения к базовой конфигурации Django CMS после создания нового python-окружения.

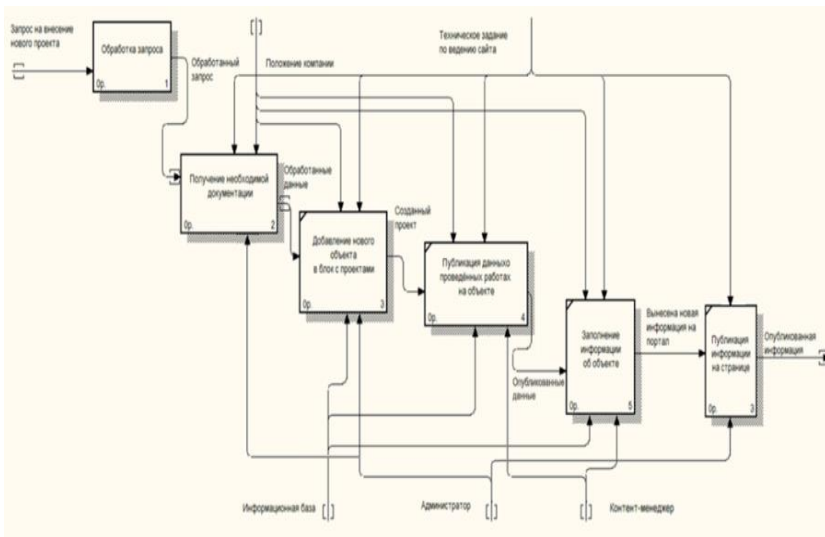


Рис.1. Модель бизнес-процесса «Внесение нового проекта»

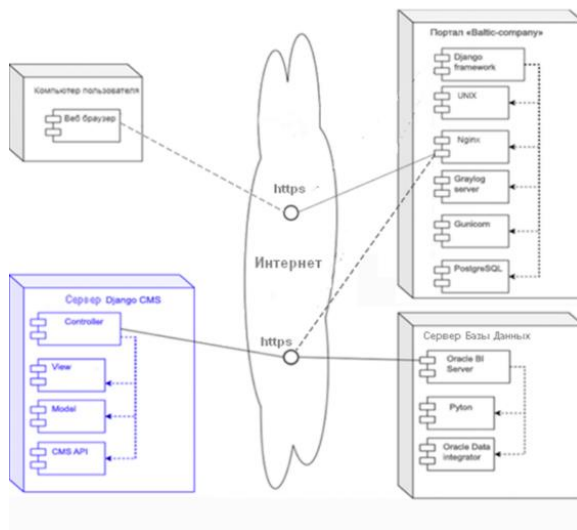


Рис.2. Физическая модель портала «Baltik-company»

В Django CMS части программного кода для реализации конкретной прикладной задачи (сервиса) представлены в виде готовых шаблонов. Шаблоны оформлены в виде HTML-файлов, с помощью которых отображается контент страницы. Дизайн-макеты позволяют настроить внешний вид портала и взаимодействие с сервисами. На рис.3 изображен вид дизайн-макета главной страницы портала «Baltik-company», созданной на основе пакета `django.template` с помощью подключённого модуля выбора шаблона `django.template.loader` из библиотеки шаблонов системы Django CMS [8, с. 63].

### Работаем под ключ

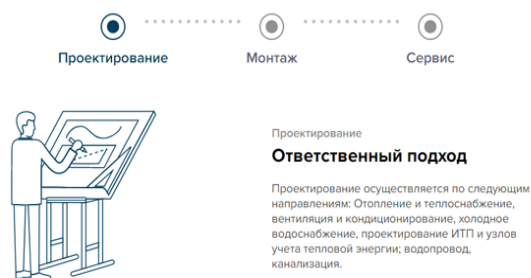


Рис.3. Скриншот дизайн-макета главной страницы портала «Baltik-company»

Выполненная интеграция Django CMS позволяет эффективно без существенных затрат временных ресурсов вносить «Администратору» новые проекты; вести учет пользователей и их ролей в административной панели портала; изменять и заполнять контент страниц объектов; вести новостную ленту на веб-портале.

Интеграция Django CMS с веб-порталом и последующая его эксплуатация «Заказчиком» подтвердили, что данное техническое решение позволяет разработчикам порталов создавать многофункциональные веб-страницы и выполнять эффективное управление содержимым портала.

### Используемые источники

1. Руководство по Django: Web Development Done Right [Текст] / А. Головатый, Д. Каплан-Мосс // Символ-Плюс - 2010. No. 2. С. 61-72.
2. Характеристики - Django CMS [Электронный ресурс] // URL: <https://www.django-cms.org/en/features/> (дата обращения: 1.06.2020).



3. Рейтинг бесплатных CMS [Электронный ресурс] // URL: <https://uguide.ru/sravnenie-besplatnyh-cms-wordpress-joomla-drupal> (дата обращения: 1.06.2020).

4. Django CMS documentation [Электронный ресурс] // URL: <http://docs.djangoproject.org/en/release-3.3.x/index.html> (дата обращения: 1.06.2020).

5. Placeholders outside the CMS [Электронный ресурс] // URL: [http://docs.djangoproject.org/en/release-3.3.x/how\\_to/placeholders.html](http://docs.djangoproject.org/en/release-3.3.x/how_to/placeholders.html) (дата обращения: 1.06.2020).

6. Документация Django 1.9 [Электронный ресурс] // URL: <https://djbook.ru/rel1.9/index.html> (дата обращения: 1.06.2020).

7. Внедрение, интеграция CMS [Электронный ресурс] // URL: [https://deaction.com/uslugi/programmirovanie\\_integraciya\\_cms/](https://deaction.com/uslugi/programmirovanie_integraciya_cms/) (дата обращения: 1.06.2020).

**Анализ экономических перспектив и рисков инвестиций  
в технологию искусственного интеллекта**

*А.И. Ворожцов, студент Института СПИНТех,  
В.Л. Горбунов, д.т.н., профессор Института СПИНТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: aivorozhtcov@gmail.com, nbia@mail.ru*

**Analysis of economic perspectives and risks of investing in the  
technology of artificial intelligence**

*A. Vorozhtsov, student of SSEIT,  
V. Gorbunov, Dr.Sc.Eng, professor at the Institute of SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

Проанализированы экономические перспективы и риски технологии искусственного интеллекта. На основании опыта работы различных компаний сделаны выводы о факторах, влияющих на успешность и риски проектов, основанных на данной технологии.

**Abstract**

Economic perspectives and risks of the artificial intelligence technology were analyzed. Based on the experiences of various companies, that have invested in this technology, drew conclusions on how to increase success rate and lower the risks of artificial intelligence projects

**Ключевые слова:** искусственный интеллект; экономика; бизнес-стратегия; инвестиции в кадры; трансформация бизнеса

**Keywords:** artificial intelligence; economy; business-strategy; HR investments; business transformation

Согласно определению, приведенному на портале Wikipedia, «искусственный интеллект (ИИ; англ. Artificial Intelligence, AI) - (1) наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ; (2) свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека». Компании по всему миру только начинают

изучать и применять доступные им знания в этой области, но уже сейчас имеется множество примеров внедрения искусственного интеллекта, на основании которых можно делать различные предположения о будущих перспективах этой технологии.

Один из главных вопросов - каковы экономические перспективы технологии искусственного интеллекта? В 2018 г. аналитическое агентство Gartner, провело исследование [4], показывающее, сколько денег компании по всему миру заработали благодаря использованию технологий искусственного интеллекта. Данная сумма вычислялась из дополнительной выручки, объема сокращенных расходов, а также доходов, полученных в результате повышения качества обслуживания клиентов благодаря внедрению таких технологий. Таким образом в 2017 г. компании по всему миру заработали около \$692 млрд благодаря технологии искусственного интеллекта. Авторы исследования заявляют, что к 2022 г. выгода будет составлять почти \$4 трлн. По прогнозам данного агентства доход на каждый инвестированный в искусственный интеллект доллар составит \$1,99 в течение следующих пяти лет и \$2,87 в течение десяти лет после этого.

Вице-президент по исследованиям аналитического агентства Gartner заявляет, что искусственный интеллект имеет потенциал стать наиболее прорывным сегментом технологий в ближайшее десятилетие в области вычислительной мощности, объемов, разнообразия и скорости увеличения данных, в частности в связи с прогрессом в области глубоких нейронных сетей.

Считается, что главным источником прибыли для предприятий от использования технологий ИИ является улучшения качества обслуживания клиентов, поскольку бизнесы уже видят положительное влияние подобных технологий на увеличение и удержание пользователей.

Помимо этого, компании ищут потенциальные варианты использования искусственного интеллекта также и для увеличения эффективности бизнес-процессов, с целью оптимизировать принятие решений и автоматизировать наибольшее возможное количество задач.

Наибольшее влияние технология ИИ окажет в следующих направлениях: технологии и телекоммуникации, коммерческие и профессиональные услуги, сфера обслуживания потребителей, сектор финансовых услуг и обрабатывающие отрасли и производство. Компании, уже инвестирующие в технологию искусственного интеллекта, собираются удвоить объем собственных инвестиций в течении ближайших пяти лет, а через 10 лет - утроить. При этом они высказывают опасения, что для

максимизации отдачи от этих инвестиций они будут вынуждены заняться переоценкой своих представлений о том, каким образом технология ИИ способна повлиять на все аспекты их деятельности, и создать соответствующую подходящую бизнес-стратегию по увеличению эффективности.

Спустя многие годы совершенствования, технология ИИ только недавно стала рассматриваться как ценный источник доходов многими компаниями. Согласно совместному исследованию Массачусетского технологического института и консалтинговой компании Boston Consulting Group (BCG) [1], 9 из 10 респондентов считают, что ИИ представляет собой возможность для роста их компании. При этом, большое число лидеров компаний также видят в ИИ стратегический риск: «Что, если конкуренты, в частности новые компании, овладеют технологией ИИ быстрее нас?» В 2019 г. 45 % опрошенных в той или иной степени видят в ИИ риск. Однако, не все так просто. Многие инициативы в области искусственного интеллекта проваливаются. 7 из 10 исследованных компаний докладывают минимальное или вообще нулевое влияние на свою компанию от ИИ-направления внутри нее. 90 % опрошенных компаний совершали те или иные инвестиции в ИИ, но менее 40 % из них докладывают о деловой выгоде от ИИ за последние три года. Если брать статистику только по компаниям, которые совершают серьезные инвестиции в ИИ, то доля компаний, получивших выгоду, увеличивается до 60 %. Но даже в этом случае выходит, что 40% серьезно инвестировавших компаний не отчитываются о выгоде от ИИ.

Проблема в том, что хоть некоторые компании и, очевидно, научились успешно работать с этой технологией, большинство компаний испытывают проблемы с тем, чтобы получать доходы от ИИ. В результате, многие руководители сталкиваются с реалиями ИИ: ИИ является источником еще нереализованных возможностей, из-за чего является глобальным риском, с которым сложно работать. Изучив различные источники, можно вывести следующие факторы, которые влияют на успешность работы с ИИ:

#### **Интеграция стратегии ИИ с бизнес-стратегией**

ИИ зачастую рассматривают только с точки зрения технологий, поскольку его возможности полагаются на технические инновации. В связи с этим, ИИ-направления многих компаний IT-центричны и изолированы от остальной политики компании. Данные подсказывают, что это неверный подход. Те компании, что извлекли выгоду из ИИ, рассматривают это направление основным элементом своей бизнес-

стратегии и плотно интегрируют свою ИИ-стратегию в свою общую бизнес-стратегию.

#### **Приоритезация повышения доходов перед снижением затрат**

Несмотря на то, что некоторые компании видят в ИИ только возможность урезать расходы и увеличить продуктивность, большая часть руководителей считают, что наибольшую пользу ИИ принесет за счет роста и прибыли. Компании, эффективно извлекающие выгоду из ИИ, в два раза чаще концентрируются на повышении доходов, а не только на сокращении убытков [1].

#### **Восприятие ИИ как важного этапа трансформации бизнеса**

ИИ не может процветать в вакууме. Компании, которые генерируют доходы от ИИ, рассматривают работу с ним как крупную инициативу по трансформации бизнеса, которая требует, чтобы разные части компании объединились вокруг нее и работали вместе, в то время, как другие компании рассматривают своё ИИ-направление в отрыве от остальных проектов компании, что негативно сказывается на перспективах этого направления в подобных компаниях.

#### **Инвестиции в кадры в сфере ИИ**

Большая часть компаний заявляет о недостатке кадров, разбирающихся в вопросе искусственного интеллекта. Как лидеры в направлении искусственного интеллекта справляются с данной проблемой? Их опыт указывает, что лучшей практикой является совмещение найма новых кадров, обучение существующего персонала умениям, необходимым для работы с ИИ, и обращение к внешним экспертам. 65 % организаций, инвестировавших во все три направления, почувствовали от ИИ положительные последствия для своей деятельности [1]. Компании, инвестировавшие в более чем одно направление улучшения качества кадров, в три раза чаще извлекают выгоду, чем компании, которые не занимались улучшением качества кадров.

Таким образом, стоит заключить, что экономический потенциал использования технологий искусственного интеллекта велик и уже используется некоторыми компаниями. При этом, учитывая новизну и сложность технологии, работа с ней крайне сложна и рискованность проектов с ее использованием очень высока. При этом, опираясь на опыт компаний, которым удается успешно использовать и работать с технологией ИИ, можно сделать вывод, что для минимизации рисков необходимо учитывать влияние ИИ-проектов на всю деятельность компании, осторожно подходить к выбору задач, для решения которых используется ИИ, и инвестировать в кадры.

### Используемые источники

1. How to win with Artificial Intellegence. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bcg.com/publications/2019/how-to-win-with-artificial-intelligence-ai.aspx> (дата обращения 29.05.2020).
2. Человек + машина: бизнес в эпоху искусственного интеллекта. Информационно-аналитическая система Росконгресс. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roscongress.org/sessions/spief-2019-chelovek-mashina-biznes-v-epokhu-iskusstvennogo-intellekta/translation> (дата обращения 29.05.2020).
3. *Избагова К.* Применение искусственного интеллекта в экономике // Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://scienceforum.ru/2019/article/2018016087> (дата обращения: 29.05.2020).
4. ИИ принес компаниям \$700 млрд - Gartner [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-04-25-gartner-says-global-artificial-intelligence-business-value-to-reach-1-point-2-trillion-in-2018> (дата обращения: 29.05.2020).

**Использование индексов пригодности процесса для принятия решения о его оптимизации**

*Е.М. Галахтина, магистрант кафедры КИТиС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: e-galakhtina@yandex.ru*

**Analysis of the suitability of the "agreement approval" process**

*E.M. Galakhtina, graduate student of CITaS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В данной работе произведена оценка пригодности процесса «Согласование договора», сформированы рекомендации по оптимизации данного процесса. На основе анализа определены функции участников процесса, произведен расчет показателей (индексов) пригодности процесса, сформулированы итоги и дальнейшие рекомендации к оптимизации.

**Abstract**

This paper evaluates the suitability of the "agreement Approval" process and provides recommendations for optimizing this process. Based on the analysis, the functions of the process participants were described, indicators (indexes) of the process suitability were calculated, results and further recommendations were derived.

**Ключевые слова:** анализ пригодности процесса, оптимизация, показатели пригодности, процесс согласования договора, реинжиниринг.

**Keywords:** analysis of the suitability of the process, optimization, indicators of suitability, the process of contract approval, reengineering.

Основанием для реинжиниринга или оптимизации бизнес-процесса, может послужить оценка пригодности процесса.

Для оценки эффективности процесса используют различные индикаторные показатели и в первую очередь - индексы пригодности процесса, которые характеризуют фактические возможности процесса удовлетворять установленным требованиям. Вычисление показателей (или индексов) пригодности позволяет дать ответ на важный для управленческого

звена вопрос (в рамках данного процесса): попадает ли текущее количество часов согласования договора под требования компании? Покажем это на примере расчета индексов пригодности процесса «Согласования договора» для логистической компании. Согласно данным на рис.1, составим таблицу функций участников данного процесса (табл.1).

Руководитель Инициатора	КРО	Бюджетный контроллер	Юрисконсульт	Бухгалтер
Проверка на необходимость согласования	Проверка суммы, необходимость в тендере	Проверка суммы в рамках бюджета	Проверка контрагента и условий заключения договора	Проверка условий заключения договора в бух. части

Рис.1. Согласующие и их деятельность в процессе «Согласование договора»

Таблица 1

**Функции участников процесса «Согласование договора»**

Участник процесса	Функция	Тип функции	Нежелательный эффект	Затраты времени (План)
Руководитель Инициатора	Проверка актуальности договора	Основная	Ошибки, человеческий фактор	15 мин
	Уточнение нюансов с подрядчиком	Вспомогательная	Возможны несоответствия пунктов	10 часов
КРО (Контрольно-реквизиционный отдел)	Проверка суммы	Основная	Ошибки, человеческий фактор	1 час
	Проведение тендера	Вспомогательная	+ 2 недели отбора	40 часов
Бюджетный контроллер	Проверка суммы в рамках бюджета	Основная	Ошибки, человеческий фактор	20 минут
Юрисконсульт	Проверка пунктов договора с юридической стороны	Основная	Ошибки, человеческий фактор	3 часа
	Разъяснение с подрядчиком нюансов	Вспомогательная	Отказ в договоре, возможна смена подрядчика	5 часов



### Окончание

Участник процесса	Функция	Тип функции	Нежелательный эффект	Затраты времени (План)
Бухгалтер	Проверка пунктов договора с бухгалтерской стороны	Основная	Отказ в договоре, смена подрядчика	2 часа
	Проверка контрагента	Вспомогательная	Подрядчик оказался неликвидным	2 часа

Из таблицы видно, что на один договор может уходить около 63 часов по плану (до оптимизации).

Общепотребительными индексами пригодности процесса являются индексы пригодности ( $C_p$  и  $C_{pk}$ ), т.к. они достаточно полно отражают отношения технически возможных отклонений (размаха процесса) к  $\pm 3$  сигма пределам от первоначальных требований (плана) [1].

Возьмем сроки согласования последних 10 договоров: 135 ч. 150 ч. 120 ч. 108 ч. 115 ч. 138 ч. 153 ч. 135 ч. 140 ч. 138 ч.

Вычисляем средний размах:

$$\mu = \frac{135+150+120+108+115+138+153+135+140+138}{10} = 133 \quad (1)$$

где  $\mu$  - средний размах.

Для вычислений нам потребуется стандартное отклонение Сигма. Вычисляем:

$$\sigma_{\text{процесса}} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n - 1}}, \quad \sigma_{\text{процесса}} = 1,4 \quad (2)$$

где  $\sigma$  - стандартное отклонение;  $x_i$  - каждое наблюдаемое значение признака;  $n$  - объем выборки.

Обычно технические условия задают некий диапазон допустимых значений. Разность между НГД и ВГД называется размахом допуска.

Он определяется как отношение размаха допуска к размаху процесса; при использовании границ  $\pm 3$  сигма данный показатель можно выразить в виде:

$$C_p = \frac{ВГД - НГД}{6 * \sigma_{\text{процесса}}} \quad (3)$$

где  $C_p$  - потенциальная пригодность;  $НГД$  - нижняя границы допуска;  $ВГД$  - верхняя границы допуска.

Данное отношение выражает долю размаха кривой (относительно сигма) нормального распределения, попадающую в границы допуска.

Построим график нормального распределения для процесса «Согласования договора» (рис.2).

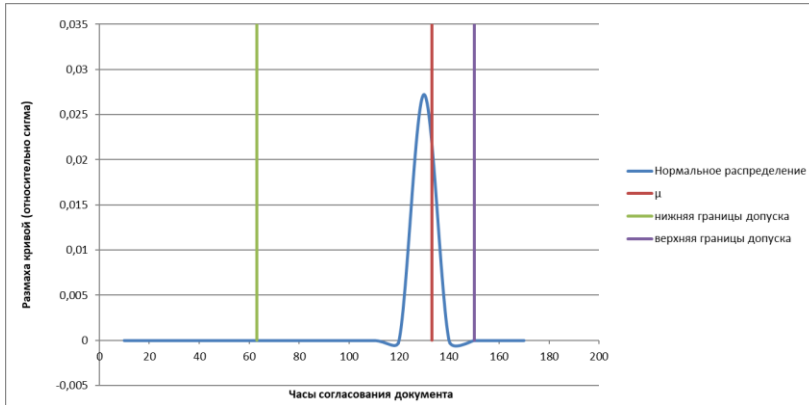


Рис.2. График нормального распределения процесса «Согласования договора»

Недостаток показателя  $C_p$  состоит в том, что он может дать неверную информацию о процессе в том случае, если процесс не центрирован, как в данном примере. Сначала можно вычислить верхний и нижний показатели пригодности, чтобы отразить отклонение наблюдаемого среднего процесса от НГД и ВГД. Приняв в качестве размаха процесса границы  $\pm 3$  сигма, вычислим следующие показатели:

$$C_{pl} = \frac{\mu - НГД}{3 * \sigma_{\text{процесса}}} \quad \text{и} \quad C_{pu} = \frac{ВГД - \mu}{3 * \sigma_{\text{процесса}}} \quad (4)$$

$$C_{pl} = 4 \quad \text{и} \quad C_{pu} = 4$$

где  $C_{pl}$  - оценка работоспособности процесса относительно нижней границы допуска;  $C_{pu}$  - оценка работоспособности процесса относительно верхней границы допуска.

Если процесс идеально центрирован, то  $Cpk$  равно  $Cp$ , но, при смещении процесса смещается от своего номинального значения,  $Cpk$  становится меньше  $Cp$ . Высокий  $Cpk$  будет только в том случае, когда цель достигнута при минимальном отклонении от среднего [1].

Так как график нецентрированный, необходимо найти индексы  $Cp$  и  $Cpk$ .

$$Cpk = \min\{Cpu; Cpl\} \quad (5)$$

где  $Cpk$  - подтвержденное качество.

$$Cp = \frac{150-63}{6*1,4} = 10,3 \quad (6)$$

$$Cpk = \min\{Cpu = \frac{150-133}{3*1,4} = 4; Cpl = \frac{133-63}{3*1,4} = 16,6\} = 4$$

Максимальное и минимальное время (план) на процесс согласования, указанное заказчиком, определяет допустимые пределы, вычисленные значения - результат процесса ( $Cpk$ ). Если результаты процесса больше, чем указанные пределы, то ошибка в плане или в поставленных условиях для реализации процесса [3].

Итоги вычислений  $Cpk = 4$  - значит результаты согласования документа не попадают в требуемые сроки (см. табл.1).

Таким образом, данный анализ показывает непригодность процесса «Согласование договора» и является основанием для дальнейшей оптимизации и реинжиниринга процесса. Одно из решений внедрение системы электронного документооборота (СЭД): автоматизация рутинных задач и работа в единой информационной среде, позволит сократить сроки согласования и повысить эффективность работы согласующих. Внедрение СЭД позволит улучшить индексы пригодности процесса. Сокращение средних сроков согласования позволит центрировать процесс, а автоматизация процесса позволит сделать его более устойчивым и контролируемым.

#### Используемые источники

1. Анализ производственных процессов [Электронный ресурс]. URL: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stprocan.html> (дата обращения: 10.05.2020 г.).
2. Оценка возможностей и пригодности процесса [Электронный ресурс]. URL: <https://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/2012\_1/4fbe224b5caec/sem6-7\_mod3\_ssk\_ssk\_up\_221400.62.pdf (дата обращения: 08.04.2020 г.).

3. *Розенберг Д., Скотт К.* Применение объектного моделирования с использованием UML и анализ прецедентов. М.: ДМК Пресс, 2016. С. 74-79.

**К вопросу о выборе средства реализации для автоматизации  
финансовой деятельности организации**

*Н.А. Горячева, магистрант Института СПИНТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: n.goryachevva@yandex.ru*

**Concerns on the selection of a way to automate organization's financial  
activities**

*N. Goryacheva, graduate student at the Institute of SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology (MIET),  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В работе проводится обзор решений по автоматизации бизнес-процессов в области финансовой деятельности организации, а также взаимосвязанных процессов управления организацией, для выявления наиболее оптимального базового набора требований к разрабатываемой системе для определенной организации, с учетом ее индивидуальных особенностей.

**Abstract**

This paper presents an overview of solutions that allow automating business processes in the field of financial and related organization management activities. The study aims to identify an optimal set of requirements to the developed information system, which would take the issues of the user organization into account.

**Ключевые слова:** Автоматизация финансовой деятельности; управление финансами; автоматизированные информационные системы управления.

**Keywords:** Automation of financial activities, finance management, automated management information systems.

Неотделимой, и крайне важной частью работы предприятия является финансовое управление. Оно способствует принятию стратегически важных управленческих решений, способных определить направление дальнейшего развития организации, исходя из чего автоматизацию

бизнес-процессов финансовой деятельности организации можно назвать востребованной и актуальной задачей, реализация которой позволит значительно повысить эффективность управления организацией в целом.

Для проведения работ по автоматизации финансово-экономического отдела предприятия, необходимо начать с теоретических аспектов сферы деятельности отдела.

Финансовые ресурсы организации – это совокупность собственных денежных доходов в наличной и безналичной форме и поступлений извне, аккумулируемых организацией и предназначенных для выполнения текущих затрат, и затрат, связанных с развитием производства[1].

Управление финансами предприятия производится с помощью финансового механизма. Финансовый механизм – это совокупность форм и методов управления финансами организации в целях достижения максимальной прибыли[1]. К методам управления финансами относят: учет, анализ, регулирование, планирование, контроль системы расчетов и т.д.

Для эффективного финансового управления важно, наличие взаимосвязи с общей системой управления предприятием, с учетом интересов всех подразделений, а также использование актуальных и результативных методов в работе.

Для того чтобы работы по управлению финансовой деятельностью предприятия проходили более эффективно, следует автоматизировать выполнение таких основных процессов как:

- составление планов развития предприятия, прогнозов;
- оценка финансового положения предприятия;
- составление отчетной документации, аналитике;
- проведение различных экономических расчетов;
- контроль формирования себестоимости продукции;
- контроль ценообразования;
- бюджетирование;
- и т.д.

После рассмотрения некоторых общих, теоретических аспектов предметной области, перейдем к рассмотрению работы финансово-экономического отдела предприятия с целью последующей автоматизации.

В качестве автоматизированных областей управления на предприятии можно выделить: управление финансами и административное управление, для которых используется система «1С: Бухгалтерия» и «1С: Управление производственным предприятием» («1С: УПП»). Остановимся подробнее на «1С: УПП», в рамках этой системы на пред-

приятии ведется учет договоров на поставку изделий, в которых содержится основная информация о заказе. Также система отражает информацию о состоянии укомплектованности заказа, о резервировании, закупке, входном контроле, поступлении, сертификации, перемещении, выдаче комплектующих для изготовления изделий в рамках заказа. Также на предприятии внедрена система «1С:Документооборот», в которой содержится входящая, исходящая и внутренняя документация, с возможностью распределения задач к исполнению. Исходя из общего анализа деятельности организации, можно сказать, что работа с информационной системой на предприятии обеспечивает фиксацию фактической информации, ведение учета различных данных, а также формирование некоторого перечня отчетов. Также стоит отметить, что решение некоторых профессиональных задач в настоящее время, все еще осуществляется средствами MS Excel.

Перейдем к рассмотрению существующих решений по автоматизации финансовой деятельности предприятия. Для этого рассмотрим системы автоматизации: «Галактика ERP», «Парус: Управление финансами», «PlanDesigner». Остановимся подробнее на каждой из систем.

«Галактика ERP» - это инструмент для решения текущих и стратегических управленческих задач современного предприятия. Функционал системы позволяет осуществлять оперативное и среднесрочное планирование и управление финансами предприятия, а также дает возможность решать задачи бюджетирования, ведения платежного календаря и финансового анализа [2].

Функциональные возможности системы «Галактика ERP»:

- управление финансами;
- бухгалтерский и налоговый учет;
- управление логистикой;
- управление производством;
- управление персоналом.

«Галактика ERP» позволяет автоматизировать управление финансовыми ресурсами на следующих этапах:

- Планирование бюджета и программное моделирование его вариантов.
- Согласование бюджета и его утверждение.
- Формирование плана и факта бюджета.
- Анализ соответствия плановых показателей фактическим.
- Корректировки бюджета.

Функционал управления логистикой в системе «Галактика ERP» объединяет ключевые функции логистики: управление заказами и закупками, снабжением и сбытом, управление запасами, складами, взаимоотношениями с поставщиками и получателями продукции и услуг, а также контроль взаиморасчетов[2]. Выделим основные функциональные возможности, которые можно связать с финансовой деятельностью предприятия:

- учет заключенных договоров, расчетов по договорам;
- заключение дополнительных соглашений;
- формирование календарных планов поставки;
- формирование отчетности и проведение окончательных расчетов;
- контроль взаиморасчетов;
- создание актов взаимозачетов и договоров уступки долга;
- ввод планов закупок и реализации;
- учет долгов, контроль взаиморасчетов с помощью отчетов.

Программное решение: «Управление финансами» от «Корпорация «Парус» позволяет управлять финансами, рисками, рентабельностью предприятия, вести позаказный учет затрат, калькулировать себестоимость заказов, управлять инвестициями [3].

Функционал рассматриваемого решения включает в себя следующие возможности:

- Текущее и долгосрочное финансовое планирование, которое подразумевает возможность планировать доходы, расходы, движение денежных средств, прогнозировать баланс, а также осуществление контроля исполнения планов, и проведения анализа соответствия фактических финансовых показателей плановым.

- Бюджетирование, включает в себя подготовку и объединение операционных бюджетов, формирование и соблюдение баланса сводного бюджета, формирование отчетности по исполнению бюджета, а также контроль его фактического исполнения.

- Управление кредиторско-дебиторской задолженностью.

- Оперативное планирование и управление платежами, включает в себя формирование платежного календаря, учет поступлений и платежей.

- Финансовый анализ, состоящий из формирования текущей отчетности о состоянии выполнения плана.

Система «PlanDesigner» – это система для решения среднесрочных задач и стратегического управления предприятием [4]. Модуль управ-



ления финансами в системе, является частью всех ее возможностей, среди которых выделим следующие:

- управление финансами;
- бюджетное планирование;
- управленческий учет;
- платежный календарь;
- управление заявками и денежными потоками, консолидация, автоматизация подготовки отчетности;
- экономическое моделирование;
- многомерный анализ данных: конструктор управленческой отчетности, план-фактный анализ, и т.д.;
- контроллинг показателей;
- система согласования.

В результате рассмотрения существующих решений по автоматизации финансовой деятельности предприятия отметим, что в системе «Галактика ERP» осуществляется одна из важных составляющих успешного управления предприятием в целом - взаимосвязь всех частей системы управления, в том числе с рассматриваемой более подробно финансовой деятельностью организации. В определенном формате каждая из систем способна решать задачу автоматизации финансовой деятельности предприятия, однако среди всех рассмотренных продуктов выделяется «Галактика ERP».

Анализ рассмотренных систем позволил выделить ключевые аспекты автоматизируемые, в системах, подобных разрабатываемой, что позволило сформировать общее представление о функционале систем управления финансовой деятельностью организаций, однако при окончательном принятии решения о выборе средства реализации необходимо учитывать:

- требование Заказчика;
- наличие функционирующих модулей системы на базе платформы;
- необходимость дополнительной разработки решений, ориентированных на задачи конкретного предприятия, с реализацией индивидуальных особенностей работы;
- знакомый сотрудникам предприятия интерфейс;
- наличие в штате работников на предприятии программистов, способных дорабатывать функционал системы.

### Используемые источники

1. Финансы организаций: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям, направлению подготовки «Финансы и кредит» / под ред. Н.В. Колчиной, О.В. Португаловой. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 399 с.
2. «Галактика ERP» // Корпорация «Галактика» URL: <https://galaktika.ru/erp> (дата обращения: 30.05.2020).
3. ООО «Корпорация «Парус» // Управление финансами URL: <https://citk-parus.com/catalog/resheniya-dlya-opk-i-biznesa/upravlenie-finansami/> (дата обращения: 30.05.2020).
4. Автоматизация бюджетирования предприятий // SoftProm - «СофтПром» - программы управления URL: <https://plan-designer.com/> (дата обращения: 30.05.2020).
5. Мазурина Т.Ю., Скамай Л.Г., Гроссу В.С. Финансы организаций (предприятий): учебник. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 528 с.

## Методика функционального тестирования дистанционного курса

*И.В. Жданова, старший преподаватель Института СПИНТех,  
Т.Ю. Крупкина, д.т.н., профессор кафедры ИЭМС,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: krupkina@dtd.miee.rul.com, zhdanovaiv@gmail.com*

### Methods of functional testing of a distance course

*I. Zhdanova, senior lecturer at Institute SSEIT,  
T. Krupkina, full Professor at the department of IEMS,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

#### Аннотация

Предложена методика тестирования разработанного дистанционного курса с использованием методов сплошного и фиксированного контроля по признаку объема контроля и методов прямого и косвенного контроля по способу взаимодействия с пользователем.

#### Abstract

A method of testing a distance course using methods of continuous and fixed control based on the volume of control and methods of direct and indirect control based on the method of interaction with the user is proposed.

**Ключевые слова:** тестирование программы, косвенный контроль тестирования, прямой контроль тестирования, фиксированный контроль, сплошной контроль тестирования

**Keywords:** program testing, indirect testing control, direct testing control, fixed control, continuous testing control

Тестируемый дистанционный (электронный) учебный курс (ЭУК) состоит из четырех основных разделов, каждый раздел содержит теоретическую часть, представленную в виде лекции и тест по материалам лекции. Кроме этого, в двух разделах присутствуют практические задания с проверкой в виде контрольных вопросов. Рассматривая дистанционный курс как компьютерную программу, выдвигаем реализацию заданных функций курса и удобство использования, как минимальные

требование к работе [1] и первое, что должно быть проверено. При тестировании ЭУК к разным частям курса применяются разные методы проверки функциональности.

Для контроля качества верстки курса по признаку объема контроля для проверки теоретических частей ЭУК используется сплошной контроль, это перебор всех возможных воздействий, подлежащих проверке. В методике испытания для тестовых частей ЭУК сплошной контроль не применяется ввиду невозможности перебора всех вариантов, а используется фиксированный, задается несколько воздействий и правил, на основании которых принимается решение о корректности функционирования [2].

С точки зрения взаимодействия с объектом контроля почти для всех частей ЭУК используются косвенные методы проверки, что предполагает эмуляцию действий пользователя (слушателя ЭУК) и проверку полученных откликов системы на соответствие ожидаемым результатам. Прямой контроль (контроль правильности реализации каждого элемента на уровне исходного программного кода) используется только для анализа текста служебных сообщений, выдаваемых ЭУК и подразумевает в случае текущего курса, который собирается при помощи инструментов iSpring, проверку настроек плеера, интерактивностей и тестов. Прямой контроль выбран, так как в этом случае это менее затратный по времени процесс, чем косвенный (табл.1).

**Таблица 1**

**Тестируемые части ЭУК**

Название частей ЭУК	Контроль по способу взаимодействия	Объем контроля
Лекция	Косвенный	Сплошной
Тест по материалам лекции	Косвенный	Выборочный фиксированный
Практическое занятие	Косвенный	Сплошной
Служебные сообщения	Прямой	Сплошной

Основными объектами тестирования в ЭУК являются:

1. Устойчивость загрузки страниц для распространённых ОС, в современных версиях браузеров, а также для соответствующих приложений мобильных устройств.

Критерием корректности работы является - полнота загрузки страницы и время (менее 10 с).

2. Корректная работа навигационных клавиш и корректность служебных сообщений.

Для данного объекта тестирования, для каждого теста перечислены необходимые воздействия тестировщика и соответствующие им правильные отклики ЭУК, которые являются примером корректной работы объекта тестирования.;

3. Корректное отображение статических текстовых элементов, графических элементов.

При этом корректность отображения текста включает в себя устранение грамматических и пунктуационных ошибок в элементах, опечаток, оговорок, идиоматических выражений и прочих элементов нелитературной речи. Для изображений критерием корректности является - единство стиля и читабельность, если они содержат текст.

4. Корректное воспроизведение и качество звукового сопровождения страниц курса.

Для данного объекта тестирования критерием корректности является правильная работа кнопок управления звуком: «Воспроизведение/пауза», «Повторное воспроизведение», «Настройка громкости». А также на всех страницах со звуковым сопровождением оценивается качество записи и исполнения озвучивания.

5. Корректные отображение и работа интерактивных элементов, внутренних и внешних ссылок, загрузки дополнительных материалов.

Данные объекты тестирования перечислены с указанием места расположения в ЭУК, критерием корректности является правильный отклик при проведении тестирования. Это открывание соответствующего документа в новом окне или скачивание файла для дальнейшей работы.

6. Корректность работы тестов и контрольных вопросов практических заданий.

Для тестовых частей ЭУК рекомендуется следующая процедура проведения контроля работы ЭУК: в соответствии, с ключом правильных ответов на контрольные вопросы и тесты, сначала дать все неправильные ответы и убедиться, что полученный результат 0% (0 баллов), затем дать часть правильных ответов и убедиться, что полученный результат составляет от 0 до 100 % (0 - 100 баллов), в заключение дать все правильные ответы и убедиться, что полученный результат составляет 100 % (100 баллов). Кроме этого, необходимо отслеживать, что если не удастся преодолеть порог успешного выполнения теста в 60 %, то изменится траектория прохождения курса (слушатель возвращается на теоретическую часть раздела курса).

7. Корректность передачи статистики обучения в систему дистанционного обучения (СДО). Должны быть зафиксированы следующие параметры ЭУК в СДО:

Статус прохождения раздела (Пройден/Не пройден)

Состояние прохождения раздела (Назначен/ В процессе/Завершен)

Дата активации (Дата первого открытия раздела)

Дата последнего посещения (Дата последнего открытия раздела)

Время раздела (Сколько всего времени был открыт раздел, суммируется время всех просмотров)

Прогресс изучения раздела (В процентах от общего объема курса)

Точка выхода (страница, на которой был завершен просмотр раздела в прошлый раз. С нее начинается просмотр при повторном открытии.)

Набранные баллы Общее количество баллов, набранных в текущем разделе с возможностью просмотра набранных баллов по видам оцениваемых мероприятий - тест, упражнение)

Количество попыток (Сколько раз обучаемый проходил контрольный тест, если прохождение теста несколько раз разрешено)

Перечисленные объекты проверяются в каждой операционной системе, в каждом браузере и в приложении мобильного устройства в соответствии с вариантами матрицы тестирования, представленной в табл.2.

*Таблице 2*

**Номера вариантов тестирования**

ОС/Веб-браузер	Internet Explorer	MS Edge	Mozilla FireFox	Chrome	Safari	iSpring-Play
Win 10	-	1	-	-	-	-
Win 7	2	-	3	4	-	-
Linux	-	-	5	6	-	-
Mac OS	-	-	7	8	9	-
Android	-	-	-	10	-	11
iOS	-	-	-	12	13	14

Тестирование ЭУК осуществляется специалистами тестировщиками в оговоренное с Заказчиком время и имеет срок начала и окончания работ. Результаты тестирования предоставляются Заказчику на бланках протокола

Методика была разработана, внедрена для тестирования разработанного дистанционного курса в рамках дополнительной профессио-

нальной образовательной программы повышения квалификации «Разработка микропроцессорных систем на кристалле на базе наноразмерной технологии проектирования и производства» по заказу Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО. Методика может быть использована сторонними разработчиками дистанционных курсов.

#### **Используемые источники**

1. *Плаксин М.А.* Тестирование и отладка программ для профессионалов будущих и настоящих. 4-е изд., электрон. М.: Лаборатория знаний, 2020. 170 с.
2. *Мерецков О.В.* Цифровые образовательные технологии: практика применения. LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2018.

**Соответствие новых программных модулей для распознавания текста, использующих искусственные нейронные сети, требованиям безопасности в госучреждениях**

***В.В. Лебедев***<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физической химии и электрохимии РАН (ИФХЭ РАН),*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,*

*г. Москва, Россия,*

*e-mail: glory.leb@gmail.com*

**Compliance of recently developed neural network-based software modules for character recognition to the security requirements of state institutions**

***V. Lebedev***<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of RAS (IPCE RAS),*

<sup>2</sup>*National Research University of Electronic Technology,*

*Moscow, Russia*

**Аннотация**

В работе описан основной алгоритм, используемый в программных средствах для распознавания текста с помощью искусственных нейронных сетей. Изучены сведения о российских средствах подобного класса, разработанных за последние пять лет. Сделан вывод о непригодности таких программ к использованию в ряде госучреждений из-за наличия закрытого или сложного для изучения кода.

**Abstract**

The paper outlines the main algorithm used in artificial neural network-based character recognition software. Alongside, the study summarizes certain data on Russian character-recognition software developed in the last five years. Aforementioned programs are shown to exhibit non-compliance with security requirements of certain state institutions due to source code being closed or complicated.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, распознавание символов, программный модуль.

**Keywords:** neural network, character recognition, software module.

В настоящее время в мире растёт потребность в распознавании текста. По данным Bloomberg, в период с 2020 по 2025 г. рынок про-



граммных средств класса OCR (англ. optical character recognition, оптическое распознавание символов) будет расти в среднем на 13,7 % ежегодно. OCR-технологии прошли длинный путь развития. Однако начиная приблизительно с конца 1990-х гг., для распознавания символов с изображений в основном используется такой класс математических моделей, как искусственные нейронные сети (ИНС).

С необходимостью распознавания текста с изображений столкнулись и государственные учреждения. Так, в 2015 - 2020 гг. Министерство обороны РФ оцифровало (отсканировало) большое количество текстовых документов периода Великой Отечественной войны. Следующим логическим шагом может стать перевод таких документов в редактируемый формат, для чего целесообразно применять технологии распознавания.

В силу специфики своей деятельности государственные учреждения не только предъявляют к программным продуктам для распознавания текста традиционные требования по части работы (быстродействие, качественный результат), но и принимают во внимание соображения безопасности. Под безопасностью в данном контексте понимается, в частности, исключение возможности возникновения неконтролируемого поведения программы.

Вслед за спросом появляется предложение. В последние годы идёт активная разработка программных модулей, реализующих алгоритмы распознавания текста с помощью ИНС. Перед выбором конкретного программного продукта государственным учреждениям приходится либо оценивать готовые модули по ранее описанным критериям, либо принимать решение о разработке собственной программы для распознавания.

В данной работе некоторые современные российские программные модули для распознавания текста, использующие ИНС, будут оценены на предмет соответствия требованиям государственных учреждений. Искусственные нейронные сети, служащие для распознавания символов, являются объектом работы, а реализация ИНС для распознавания текста в программном коде - предметом.

Как было сказано ранее, средства для распознавания текста существуют и развиваются уже достаточно долго. Первоначально процесс распознавания был полностью механическим и производился с помощью отражения света, шаблонов символов и др. С развитием ЭВМ и математических моделей на основе искусственных нейронных сетей раз-

личные исследователи начали предпринимать попытки использования ИНС для распознавания символов.

К концу XX в. такие попытки увенчались успехом. Один из классических алгоритмов распознавания символов с помощью ИНС был подробно описан в 1991 - 1992 гг. В работе [1] рассматривался пример с распознаванием букв латинского алфавита, цифр и знаков пунктуации. Вычислениям предшествует подготовительная работа по разбиению изображения на части и расчёту ряда характеристических параметров (например, векторов-касательных к 54 точкам на контуре символа, площадей незакрашенной внутренней области и т.д.) каждого эталонного символа. Такая подготовка осуществляется программным образом и названа авторами «предпроцессором». Затем параметры переводятся в векторный вид. Полученные векторы подаются на вход в искусственную нейронную сеть класса «многослойный перцептрон» для обучения такой сети. Выходом является одно число - уникальная последовательность, схожая с ASCII-кодом, - для каждого символа. Полученные числа ложатся в основу классификатора. В дальнейшем на вход можно подавать векторы параметров, рассчитанные предпроцессором для символов с настоящими изображениями. Суть алгоритма заключается в том, что характеристические параметры практически нечувствительны к шуму (т.е. отличию фактического начертания символа от образцового, напр., наклону и так далее) [9]. Это позволяет с помощью вычислений привести значения параметров к эталонным и получить цифровую последовательность, соответствующую оригинальному символу.

Хотя точность распознавания символов даже в работе 1992 г. составляла более 96 %, последующие исследования были, в основном, направлены на ещё большее улучшение результата распознавания, в том числе зашумлённых изображений. Современные работы показывают, что качество распознавания напрямую зависит от внутренней структуры используемой ИНС [2]. В частности, доля правильно распознанных символов растёт с увеличением числа внутренних (скрытых) слоёв в сети. Однако это же ведёт к большему количеству вычислений и, как следствие, к более долгому времени выполнения программы. В настоящее время высказываются предположения, что для повышения точности распознавания можно строить сети с большим числом слоёв, заменяя трудоёмкие вычисления в ряде нейронов относительно простыми [3]. Нетрудно заметить, что того же можно достичь и без лишнего усложнения алгоритма, предоставив пользователям возможность самим задавать желаемую относительную точность и «обменивать» качество на время

выполнения. В большинстве программных модулей такая возможность реализована: до начала работы программы пользователь способен задать число слоёв в ИНС, а иногда и число нейронов в одном слое [6].

Важным аспектом, влияющим на скорость работы программы распознавания символов с помощью ИНС, является выбор языка, на котором реализован алгоритм. За последние годы в России были запатентованы четыре программных модуля, использующие искусственные нейронные сети для распознавания текста. Все эти модули написаны на компилируемых языках программирования, в том числе один - на Pascal [4], два - на C#/C++ [5, 6] и ещё один - на MATLAB (в основе MATLAB лежат C-образные языки) [7]. Работы молодых учёных, направленные на изучение зависимости качества распознавания от структуры сети, также выполняются на ПО, написанном на компилируемых языках семейства C [2]. Выбор не случаен: согласно исследованию, проведённому IBM в 2014 г., при решении задач со сложными вычислениями компилируемые языки программирования по быстродействию превосходят интерпретируемые на несколько порядков [8]. При этом из десяти использованных в исследовании языков тестовые программы быстрее всего выполнялись именно на C и C++. Задачи, предполагающие использование нейронных сетей, относятся именно к категории «вычислительных». Хотя библиотеки, позволяющие создавать нейронные сети на интерпретируемых языках программирования, существуют, их использование для распознавания символов будет означать существенное увеличение времени работы программы по сравнению с языками компилируемыми.

Сделаем предварительный вывод о быстродействии и качестве работы современных российских OCR-модулей на основе ИНС. Все упомянутые модули реализуют, в сущности, один и тот же алгоритм распознавания. Если предположить, что в программах есть возможность задавать параметры структуры сети, то при одинаковых значениях параметров и входных данных модули должны распознавать одну и ту же долю символов за приблизительно равное время. При этом алгоритм будет выполняться незначительно быстрее на C, который в сравнительных тестах с Pascal показывает немного меньшее время работы при операциях с векторами/матрицами [10], и незначительно медленнее в среде MATLAB из-за необходимости отрисовки графического интерфейса последней.

Наконец, необходимо оценить современные решения для распознавания текста, использующие ИНС, с той точки зрения, с которой

OCR-средства обычно не рассматриваются. Речь идёт о безопасности для организации-пользователя. Как было отмечено во введении, главное, что важно для государственных учреждений в программном модуле с точки зрения безопасности – полное исключение возможности возникновения неконтролируемого поведения. Иными словами, программа ни при каких условиях не должна делать того, что не относится к её функционалу (например, собирать и отправлять «разработчику» какие-либо данные о конфигурации оборудования, и т.д.). Из-за этого использовать программные средства с закрытым кодом в государственных учреждениях, строго говоря, нельзя. Так как в таких средствах доступ к исходному коду не предусмотрен, определить, не ведёт ли программа вредоносную деятельность, бывает затруднительно. По схожим причинам крайне нежелательно использование в программном модуле, разрабатываемом для госучреждения, сторонних библиотек для языков программирования. Хотя к исходным файлам таких библиотек можно получить доступ, реализации функций могут быть запутанными. В идеальном случае любое ПО для государственных учреждений, в том числе и OCR на основе ИНС, должно разрабатываться только с использованием стандартных библиотек и встроенных функций языков программирования.

Для использования в тех государственных учреждениях, где вопросы информационной безопасности играют очень важную роль, рассмотренные ранее программные модули распознавания текста не подходят. На четыре из таких программ получен патент, что означает, что доступ к их коду, скорее всего, закрыт [4 - 7]. Другие современные разработки, о которых есть упоминание в литературе, используют сторонний функционал (например, пакет NNTRAININGTOOL для MATLAB) [3]. Некоторые авторы в своих работах не упоминают, как именно строится их нейронная сеть [9]; скорее всего, они также применяют внешние библиотеки, так как реализация ИНС в программном коде сама по себе является темой для научной статьи.

Подведём итог. Развитие ИНС для распознавания текста продолжается. Однако рассмотренные программные модули с таким функционалом, разработанные недавно, не соответствуют требованиям госучреждений в области безопасности. Конечно, не каждой государственной организации нужно иметь программное обеспечение «домашней» разработки. Однако структуры, от функционирования которых зависит жизнь каждого человека в стране, в наше время должны обладать собственным ПО для решения самых разных задач. Например, упомянутое

во введении Министерство обороны получило бы пользу от собственной программы распознавания текста, функционирующей с использованием нейронных сетей. В основе такой программы будет лежать алгоритм выделения и расчёта характеристических параметров символов. Важно, чтобы программа была написана на компилируемом Pascal или одном из языков семейства C и использовала только средства стандартной библиотеки и встроенные функции соответствующего языка. В перспективе целесообразно, руководствуясь теми же принципами, разрабатывать ПО и других классов для государственных учреждений и структур.

#### Используемые источники

1. *Sabourin M., Mitiche A.* Optical character recognition by a neural network // *Neural Networks*. 1992. Vol. 5, Issue 5. P. 843 - 852. Elsevier.

2. *Красновидов А.В., Алексеев А.С.* Распознавание зашумленных текстовых символов с помощью обучаемой нейронной сети // *Интеллектуальные технологии на транспорте*. 2018. № 2(14). С. 28 - 33. Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.

3. *Кураева Е.С.* Ключевые моменты в развитии сверточных нейронных сетей // *Молодой ученый*. 2019. № 50(288), ч. 1. С. 19 - 20. Казань: «Молодой ученый».

4. Программное обеспечение «Искусственная нейронная сеть, распознающая символы» : пат. 2019666550 Рос. Федерация / *Храмцов А.А.*; заявитель и патентообладатель Храмцов А.А. - № 2019665225; заявл. 26.11.2019; опубл. 11.12.2019, Бюл. № 12

5. Программа распознавания таблиц в образах финансовых документов : пат. 2019665307 Рос. Федерация / *Янишевский И.М.*; заявитель и патентообладатель Фед. гос. учр-е «ФИЦ ИУ РАН» - № 2019664385; заявл. 13.11.2019; опубл. 21.11.2019, Бюл. № 12.

6. Программа для обнаружения и распознавания символов на изображениях: пат. 2017613807 Рос. Федерация / *Емельянов В.А., Емельянова Н.Ю.*; заявитель и патентообладатель Фед. гос. авт-е образоват. учр-е высш. обр-я «КФУ им. В.И. Вернадского». - № 2016663217; заявл. 05.12.2016; опубл. 03.04.2017.

7. Программный комплекс «анализ экспериментальных данных на основе нейронных сетей» : пат. 2017617294 Рос. Федерация / *Харахинов В.А., Сосинская С.С.*; заявитель и патентообладатель Фед. гос. бюдж.

образоват. учр-е высш. обр-я ФГБОУ ВО «ИРНИТУ». - № 2017614163; заявл. 04.05.2017; опубл. 04.07.2017.

8. *Цилорик О.* Производительность языков программирования. Часть 1 [Электронный ресурс] // М.: IBM Восточная Европа/Азия, 2014.

9. *Shrivastava V., Sharma N.* Artificial Neural Network Based Optical Character Recognition // Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ). 2012. Vol. 3, Issue 5. P. 73 - 80. - AIRCC Publishing Corporation.

10. *Артемов М.А., Кочкин Д.Е., Крыжско И.Б.* Исследование производительности операций над матрицами в различных языках программирования // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: системный анализ и информационные технологии. 2007. № 1. С. 5 - 9. - Воронеж: Воронежский Государственный Университет.

**Концепция уровней цифрового развития университета**

*О.Д. Павличук, магистрант кафедры КИТиС,  
Г.Н. Брусникин, к.т.н., доцент института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
e-mail: oleg.pavlichuk@outlook.com, zelgnb@mail.ru*

**University Digital Development Level Concept**

*O. Pavlichuk, graduate student of CITaS,  
G. Brusnikin, Ph.D.Eng., associate Professor at the institute of SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology,  
Moscow, Russia*

**Аннотация**

В статье рассматривается понятие «Цифровой Университет», его отличия от терминов «Университет 3.0» и «Университет 4.0». Представлена концепция разных уровней цифрового развития университета.

**Abstract**

The article discusses the concept of "Digital University", its differences from the terms "University 3.0" and "University 4.0". The concept of different levels of digital development of the university is presented.

**Ключевые слова:** Цифровой университет, Университет 4.0, Информационные технологии, автоматизация, развитие образования.

**Keywords:** Digital University, University 4.0, Information Technology, Automation, Education Development.

В информационных ресурсах все больше и больше упоминается термин «цифрового университета» и его концепции. Как отметил специальный представитель Президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития Дмитрий Песков на пресс-конференции, состоявшейся 1 октября 2019 г. в рамках глобальной конференции по новым образовательным технологиям «#EdCrunch2019»: «Образование сегодня дает возможность получать доступ к огромному количеству технологий, которые позволяют оценивать эффективность каждой индивидуальной образовательной траектории». «Цифровой университет» - это вызов, стоящий перед университетами, состоящий в такой трансформации

учебного процесса, которая повлияет на качество итогового образовательного результата, через повышение мотивации студентов и преподавателей [1].

Благодаря чему университет можно назвать цифровым? Возможность удаленного обучения или онлайн-курсы еще не являются определяющим фактором цифрового университета, но могут быть одним из признаков. В сети Интернет встречается термин «Университет 4.0» - конечно возникает вопрос, а что он значит? Является ли Университет 4.0 цифровым?

Нариманова О.В. приводит [2] следующие определения. Если университет занимается только образовательной деятельностью, за ним закрепляется название «Университет 1.0». При выполнении двух миссий - обучающей и научно-исследовательской университет обретает название «Университет 2.0». «Университет 3.0» коммерциализирует знания и технологии.

В статье [3] Жук О.Л. указывает, что «Университет 4.0 в большей мере нацелен на реализацию в гармоничном единстве основных функций - социокультурной, образовательной, воспитательной, исследовательской, предпринимательской» и на более выраженную социальную миссию в сравнении с Университетом 3.0. Общая модель развития приведена на рис.1.

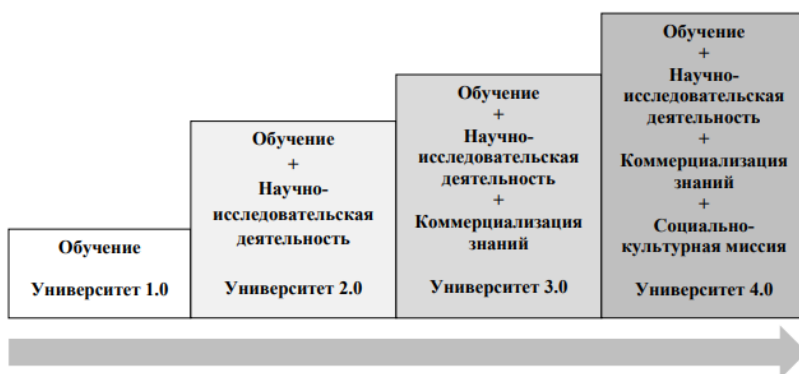


Рис.1. Модель развития университета

Рисунок выполнен на основе статей Жук О.Л. и Наримановой О.В. [2, 3]



Значит, Университет 4.0 нацелен на передовое обучение и развитие новых дисциплин, но он не обязан быть цифровым. Требования к цифровому университету кроются в другом.

Клочкова Т.В. описывает в своей статье [4] следующую концептуальную модель цифрового университета. Такую же модель использует и Григорий Сидоров, директор практики по оказанию услуг компаниям в области телекоммуникаций, ИТ и медиа PwC в России [5]. Она строится на пяти уровнях и «поддерживающей платформе»:

**Первый уровень** - это персонал, который готов пользоваться цифровыми технологиями: научно-педагогические работники, студенты, отраслевые и академические партнеры университета, выпускники и абитуриенты. Очевидно, что для того, чтобы университет был цифровым, его сотрудники должны иметь соответствующее мышление.

**Второй уровень** - базовые информационные сервисы, с помощью которых студенты и сотрудники университета смогут пользоваться цифровыми технологиями. К таким относится свободно используемый проводной и беспроводной интернет на всей территории, видеозэкраны, платформы для хранения и обмена данными и другие сервисы. Только имея базовые сервисы, можно построить высокоуровневые информационные сервисы.

**Третий уровень** - высокоуровневые сервисы, созданные для облегчения процессов обучения студентов и научных сотрудников. К таковым автор относит электронную библиотеку, доступ к которой можно получить всегда и из любого места, и сервис для цифровизации наукометрии. Цифровизация наукометрии заключается в автоматизированном отслеживании публикационной активности и цитируемости университета, а полученные данные после обработки помогут выявить перспективные направления для научно-исследовательской деятельности.

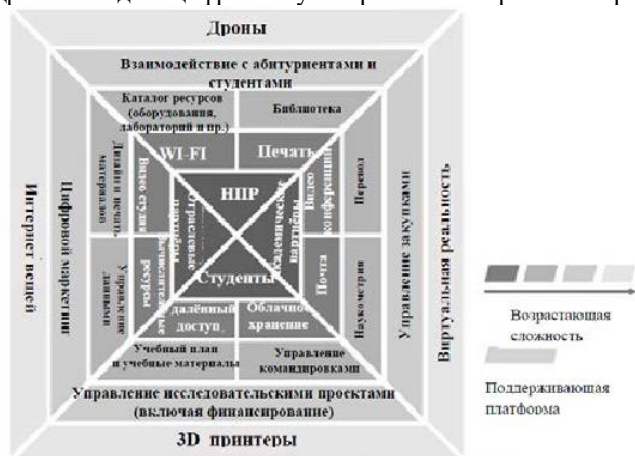
**Четвертый уровень** является самым ресурсоемким: внедрение цифрового маркетинга, управления закупками и исследовательскими проектами, взаимодействие с абитуриентами и студентами. В общем эти пункты можно объединить в единую информационную систему, которая действительно будет довольно ресурсоемкой с точки зрения разработки и внедрения, но в конце концов даст огромный выигрыш из-за автоматизации множества рабочих процессов.

**Пятым уровнем** автор указывает технологии, которые еще только начинают внедряться в университеты. Например, дроны. То есть университет должен быть первопроходцем в области внедрения новых

цифровых технологий. Например, можно внедрять удачный опыт стартапов по инновационным технологиям обучения.[6]

В качестве **поддерживающей платформы** служат мероприятия, поддерживающие и поощряющие информационную и цифровую грамотность студентов и сотрудников университета, то есть такая платформа должна поддерживать основной, первый уровень.

Подробнее модель цифрового университета изображена на рис.2 [5].



Оказание поддержки НПР, задающим тенденции в области развития цифровых навыков и занимающая разработкой инновационных методик преподавания в целях продвижения цифровой грамотности в академической среде в целом

Разработка факультативных или обязательных модулей в рамках программ обучения, направленных на повышение цифровой грамотности среди студентов

Поощрение продвинутого использования обучающих платформ со стороны НПР, с тем чтобы обеспечить более высокие результаты учебы студентов и повысить эффективность работы университета в целом, а также осуществлять сбор ценных данных об учебном процессе для использования в целях аналитики

Оказание помощи тем НПР, которые обладают менее продвнутыми навыками использования цифровых технологий

Рис.2. Модель цифрового университета

Примерно такого же мнения о концепции цифрового университета придерживается и Жмудь В.А., заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. В своей статье [7] он не приходит к каким-то однозначным определениям, но указывает на те же принципы автоматизации и цифровизации: автоматизировать максимальное количество рабочих процессов, внедрить единую информационную систему на все уровни процессов в университете и интегрировать её с остальными системами - системой безопасности, учета и другими.

В интервью Коммерсанту проректор по учебной работе Нижегородского государственного университета им. Н. Лобачевского Ольга Петрова, подразумевает под Цифровым университетом лишь некоторую интегрирующую платформу, которая оптимизирует бизнес-процессы университета [8].

Цифровой университет - это способ организации обучения в современных условиях. Сумма методологических подходов, инфраструктуры и цифровых технологий, которая трансформирует форму и содержание учебного процесса и будет в состоянии поддерживать образование, научную и административно-управленческую деятельность в соответствии с условиями электронной экономики [9].

Таким образом, цифровой университет должен не только автоматизировать свои рабочие процессы, но и предоставлять всем своим сотрудникам и студентам единую и удобную цифровую среду для обучения и научно-исследовательской деятельности, а в дополнение к этому должен искать способы внедрить новые цифровые технологии в учебный и рабочий процесс.

При выполнении описанных выше условий университет может считаться цифровым.

#### **Используемые источники**

1. *Евсюков Д.Ю.* Реализация концепции «Цифровой университет» в аграрном образовании на примере проекта «Электронный вуз» // Новые информационные технологии в образовании: сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции / Под общей редакцией Д.В. Чистова. М.: Общество с ограниченной ответственностью «ИС-Публишинг», 2020. С. 56-58 / Elibrary.ru: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41858561>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).

2. *Нариманова О.В.* Университет 3.0: перспективы реализации в России в условиях новой технологической революции // *Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие.* 2019. № 2(25). С. 350 - 363 / Киберленка: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontsepsiya-universitet-3-0-perspektivy-realizatsii-v-rossii-v-usloviyah-novoy-tehnologicheskoy-revolyutsii>, свободный (дата обращения: 15.05.2020). - DOI 10.23888/humJ20192350-363

3. *Жук О.Л.* Высшее образование в условиях цифровой трансформации: от университета 3.0 к университету 4.0 // *ВЫСШАЯ ШКОЛА: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ* материалы XII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. Российский университет дружбы народов. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2019 / Elibrary.ru: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38529578>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).

4. *Клочкова Т.В.* Конкурентность высшего учебного заведения в условиях цифровой экономики // *Вестник МФЮА.* 2017. № 4. С. 233 - 240 / Киберленка: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentosposobnost-vysshego-uchebnogo-zavedeniya-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).

5. *Цифровой университет: применение цифровых технологий в современных образовательных учреждениях* // *itweek.ru* URL: <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=192831> (дата обращения: 15.05.2020).

6. 10 European EdTech startups changing the face of education in 2020 // *EU-startups* URL: <https://www.eu-startups.com/2020/02/10-european-edtech-startups-changing-the-face-of-education/> (дата обращения: 15.05.2020).

7. *Жмудь В.А.* К концепции «Умного университета» // *Автоматика и программная инженерия*, издательство: Новосибирский институт программных систем (Новосибирск). 2019. № 3(29). С. 69-78 / Elibrary.ru: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41248334>, свободный (дата обращения: 15.05.2020). – ISSN 2312-4997

8. Большая перемена // Коммерсант URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4033337> (дата обращения: 15.05.2020).

9. Цифровой университет: новое образование для новой экономики // ЛиБиИнформ URL: <http://libinform.ru/read/articles/TCifrovoj-universitet-novoe-obrazovanie-dlya-novoj/> (дата обращения: 15.05.2020).

**Сравнение решений для автоматизации учета данных образовательных процессов Центра НТИ «Сенсорика»**

*Е.В. Харитонов, магистрант Института СПИИТех,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
г. Москва, Россия,  
e-mail: zhekahar@rambler.ru*

**Comparison of solutions to data accounting of education processes of the Technical Research Center "Sensorika"**

*Kharitonov E., graduate student at the Institute of SSEIT,  
National Research University of Electronic Technology*

**Аннотация**

Рынок наполнен программными продуктами для автоматизации бизнес-процессов и у всех свои преимущества и недостатки, поэтому данная работа посвящена сравнению предлагаемых информационной системы для автоматизации процессов Центра НТИ «Сенсорика» в области образования на учебной базе НИУ МИЭТ. Приводится сравнение систем по выбранным критериям и выбор наиболее подходящей под требования Центра.

**Abstract**

The market is full of software products for automating business processes and all have their own advantages and disadvantages; therefore, this work is devoted to comparing the proposed information system for automating the processes of the Technical Research Center "Sensorika" in the field of education at the educational base of MIET. Comparison of systems according to the selected criteria and the selection of the most suitable for the requirements of the Center are given.

**Ключевые слова:** ИС; образование; модуль обучения; программа обучения; система для образовательных учреждений.

**Keywords:** information system; education; module; training programme; education IT-system.

Сейчас в НИУ МИЭТ используются две информационные системы: ОРИОКС, как система функциональных возможностей, связанных с учебными процессами и отчасти с общеорганизационным процессом, и 1С: Университет ПРОФ, как учетную систему со всей информацией по университету. Вместе они организуют единое информационное пространство университета, полностью покрывая его информационные потребности.

Однако после создания Центра НТИ на базе МИЭТ, встает вопрос информационного сопровождения образовательной деятельности Центра, к которой предъявляются определенные требования, как например версияность данных. Из этого вытекают следующие вопросы - дорабатывать существующие системы МИЭТ, приобретать стороннюю систему только для нужд Центра или разрабатывать отдельную систему с возможностью интеграцией данных из существующих. [1]

Отвечая на первый вопрос, ОРИОКС не подойдет потому, что для выполнения требований Центра нужно будет разрабатывать с нуля достаточно сложный и не совсем подходящий для структуры ОРИОКС модуль. Учетная система 1С: Университет ПРОФ не подходит по тем же причинам: неподходящая конфигурация подсистемы и структура данных. Поэтому остается либо разрабатывать отдельную систему, либо искать подходящие на рынке. [2]

Цель данной работы - сравнить различные информационные системы по выдвинутым критериям и выбрать подходящее решение.

Образовательные программы Центра обширны и направлены на подготовку кадров по различным видам научно-технической деятельности Центра и Консорциума «Сенсорика», которые затрагивают почти все бакалаврские и магистерские технические направления обучения МИЭТ, что означает - каждый выпускник или студент магистратуры МИЭТ с техническим образованием может обучаться в Центре, так как обладает необходимыми знаниями и умениями.

Так как Центр - это организация, созданная недавно, ее бизнес-процессы не автоматизированы, включая и рассматриваемый. Поэтому руководством Центра сразу после создания была поставлена задача - автоматизировать процесс учета образовательной деятельности, разработав информационную систему для Центра с тем условием, что обучение будет происходить на научно-технической базе МИЭТ. Наибольший интерес для разработчика ИС «Сенсорика» представляет образовательные модули и программы, так как данная система обучения наглядно

показывает структуры хранения данных в информационной системе «Сенсорика».

В соответствии с перечнем учета объекта, к системе выдвигаются следующие требования:

T1. Хранение и учет метаданных об образовательных курсах в соответствии с разработанной структурой;

T2. Обеспечение независимости данных, определенной структурой;

T3. Обеспечение включения одних видов элементов в состав другого, на чем и основана модульная система образования;

T4. Поддержка версии данных;

T5. Генерация отчетов о проведении образовательной деятельности.

Рассмотрим несколько решений на наличие функционала для реализации требований и стоимости разработки на рассматриваемой платформе:

1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения. Разработка компании 1С-Битрикс, построена на платформе 1С-Битрикс24: Корпоративный портал. Включает в себя две части: интранет - для сотрудников и администрации, и экстранет - для учащихся, а также для всесторонней поддержки образовательного процесса.

Все требования, выдвинутые к ИС «Сенсорика» выполняются, но их реализация сложна и требуется специалист в области web-дизайна, так как потребуются вносить дополнения в программный код. Хотя данное программное решение подходит под платформу для ИС «Сенсорика», однако оно не рассчитано под учет данных и офлайн-работу с системой. Преимуществом является однократное приобретение копии решения для всей организации. [3]

Интерфейс 1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения приведен на рис.1.

Google Документы. Разработка Google для совместной онлайн-работы над документами. Хотя данное программное решение и не является информационной системой и представляет собой онлайн-версию продуктов пакета MS Office, Google Таблицы смогут выполнять некоторые основные требования к ИС «Сенсорика», но на большее они не способны. Интерфейс представлен на рис.2 [4].



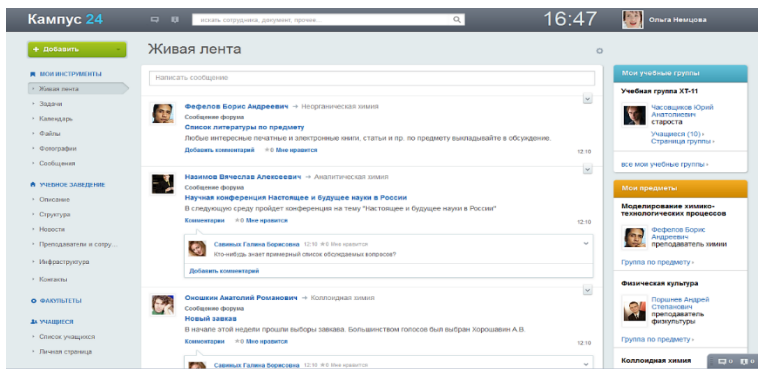


Рис.1. Интерфейс 1С-Битрикс

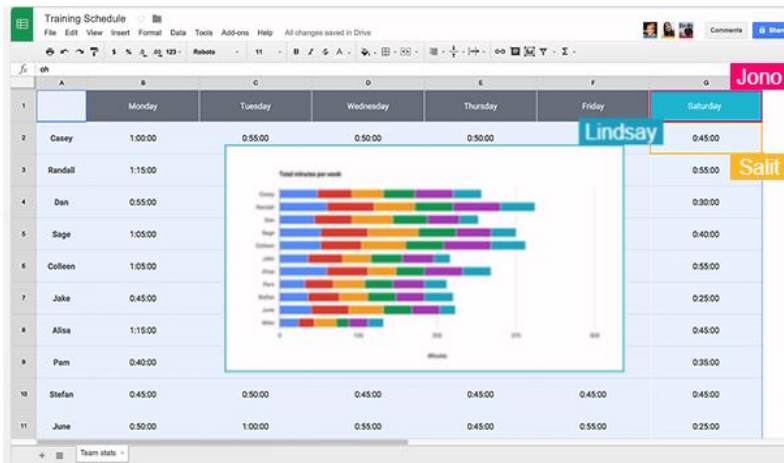


Рис.2. Интерфейс Google Таблицы

Разработка собственного решения. В случае если разрабатывать ИС «Сенсорика» без опоры на какую-либо платформу, то все выявленные требования будут выполнены, а интерфейс будет понятен и удобен. Однако данные плюсы не сопоставимы с теми затратами ресурсов, которые будут вложены в эту разработку, как человеческих, так и финансовых. Помимо затрат, к системе не почти не будет документации и дальнейшая ее поддержка не гарантируется. Поэтому встает вопрос о целесообразности такого подхода.

1С: PDM. Программный продукт 1С: PDM разработан компанией APPIUS и относится к разряду PDM-систем (product data management) и предназначен для автоматизации конструкторско-технических процессов производства организации. Ключевые возможности 1С: PDM, необходимые для реализации ИС «Сенсорика»:

- управление электронной структурой изделия;
- управление документацией изделия;
- ведение учета бумажного архива;
- поддержка версий данных с извещением об ее изменении версии;
- интеграция с решениями на платформе 1С:Предприятие 8.

В нашем случае под изделием понимаются образовательная программа или модуль, то есть тот вид элемента, который может быть включен в состав другого или такой, который можно разделить на составляющие. Возможность интеграции 1С: PDM с другими системами на платформе 1С: Предприятие 8 необходима для интеграции с университетской 1С: Университет ПРОФ, откуда будет браться часть данных. На рис.3 изображен основной интерфейс, с которым будет работать пользователь данной конфигурации [5].

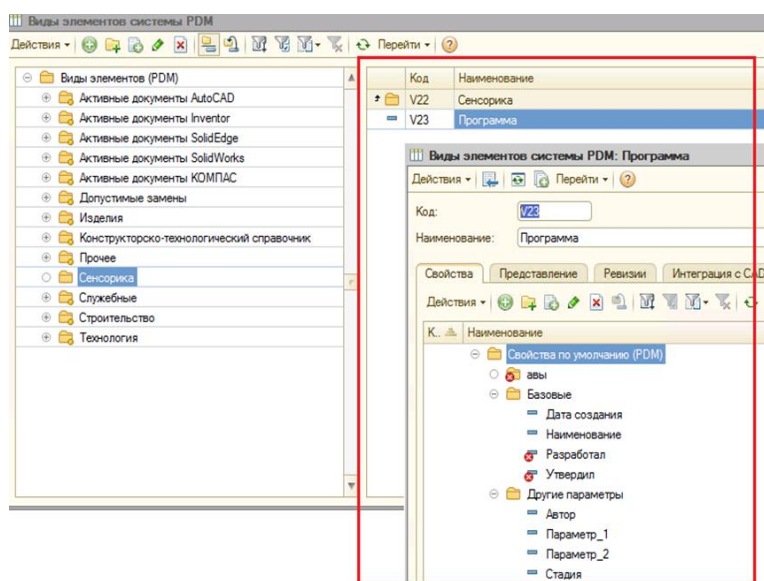


Рис.3. Интерфейс 1С:PDM

Сравнение программных решений, описанных выше, по возможностям выполнения требований для реализации ИС «Сенсорика» и другим выбранным критериям приведён в табл.1.

**Таблица 1**

**Результаты сравнения решений для реализации ИС «Сенсорика»**

Решение Требование	1С- Битрикс	Google	Собств. разработка	1С: PDM
T1	+-	-	+	+
T2	+-	+-	+	+
T3	+-	-	+	+
T4	-	-	+	+
T5	+	-	+	+
Экспорт данных в другие системы	+-	+-	+	+
Интеграция с 1С: Университет ПРОФ	+-	-	-	+
Стоимость, руб.	59.000	0	Неизвестно	10.000 р/м
Официальная под- держка	+	+	-	+
Документация	+	+	-	+

На основе анализа результатов делаем вывод о том, что целесообразно использовать решение 1С: PDM, как платформу под ИС «Сенсорика». Научная новизна состоит в использовании системы, предназначенной для управления данными продукта, в сфере образования. Но если структура данных платформы подходит под требования Центра, то использование данного решения оправдано.

**Используемые источники**

1. *Игнатова И.Г.* Корпоративные электронные информационные среды поддержки научно-образовательной деятельности на основе процессно-ролевого подхода: дис. д-р. техн. наук: 05.13.01. М., 2005.

2. *Крюков В.В., Шахгельдян К.И.* Корпоративная информационная среда ВУЗа: методология, модели, решения: Монография. - Владивосток: Дальнаука, 2007.

3. *Худякова Д.М.* 1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения + "1С:Университет ПРОФ" - Эффективное решение для вуза // Новые информационные технологии в образовании. - М.: ООО "1С-Публишинг", 2019.

4. Петрова Т.М., Смыковская Т.К., Машевская Ю.А. Использование Google-документов при конструировании индивидуальных образовательных траекторий // Известия волгоградского государственного технического университета. 2018. № 8. С. 73-78.

5. *Нужный А.М., Барабанов А.В., Сафронов В.В., Подвальный С.Л.* Создание электронного архива в корпоративной информационной системе на базе 1С: PDM // Известия самарского научного центра российской академии наук. 2016. № 4-3. - С. 655-662.

## Авторский указатель

<b>А</b>	<i>Анферов А.В.</i>	182
	<i>Ахмедов Ш.Д.</i>	130
<b>Б</b>	<i>Баендуева С.А.,</i>	62
	<i>Берайлик Г.Р.</i>	187
	<i>Бессонов А.Д.</i>	146
	<i>Бикметов А.Р.</i>	177
	<i>Бодневич К.С.</i>	70
	<i>Боев Л.Р.</i>	118
	<i>Бойко А.Н.</i>	130
	<i>Большаков Ф.А.</i>	192
	<i>Большакова П.Д.</i>	200
	<i>Борисова Н.Ю.</i>	210
	<i>Брусникин Г.Н.</i>	255
	<i>Буленков П.Д.</i>	137
	<i>Бурнышева М.Е.</i>	215
<b>В</b>	<i>Вартанова Т.Р.</i>	220
	<i>Вертянов Д.В.</i>	104
	<i>Ворожцов А.И.</i>	226
<b>Г</b>	<i>Галахтина Е.М.</i>	231
	<i>Галкин А.А.</i>	118
	<i>Горбунов В.Л.</i>	210, 226
	<i>Горячева Н.А.</i>	237
<b>Е</b>	<i>Елин А.Ю.</i>	7
	<i>Ермакова А.С.</i>	70

<b>З</b>	<i>Жданова И.В.</i>	243
<b>З</b>	<i>Забодаева Н.Н.</i>	62
	<i>Золотарев Ю.В.</i>	97
	<i>Зубченко А.П.</i>	51
<b>И</b>	<i>Иванникова М.А.</i>	170
	<i>Иванова О.А.</i>	76
<b>К</b>	<i>Кретинин И.А.</i>	125
	<i>Калугин В.В.</i>	90
	<i>Комаров Н.В.</i>	70, 125
	<i>Коробов С.А.</i>	170
	<i>Коробова Н.Е.</i>	76, 83
	<i>Косолапова Г.В.</i>	62
	<i>Кривонос И.В.</i>	90
<b>Л</b>	<i>Лебедев В.В.</i>	248
	<i>Лобков М.А.</i>	37, 137
<b>М</b>	<i>Маршалов В.Н.</i>	192
	<i>Марышев А.С.</i>	151
	<i>Махонин Н.С.</i>	97
	<i>Морозов Д.Н.</i>	14
	<i>Мусаткин А.С.</i>	118
<b>Н</b>	<i>Нагорнов А.Ю.</i>	19
	<i>Немченко Д.И.</i>	58
	<i>Нестеров М.Ю.</i>	104
<b>О</b>	<i>Орлов О.М.</i>	142

<b>П</b>	<i>Павличук О.Д.</i>	255
	<i>Петрова Н.А.</i>	118
	<i>Пожидает А.И.</i>	70
	<i>Поликарпова Л.В.</i>	62
	<i>Пузиков В.В.</i>	118
	<i>Пшеничнова М.П.</i>	83
<b>Р</b>	<i>Разживалов П.Н.</i>	97
<b>С</b>	<i>Сеньченко Н.С.</i>	137
	<i>Соколов М.А.</i>	157
	<i>Соколова Н.Ю.</i>	182
	<i>Спирidonов И.В.</i>	118
	<i>Суэтинов В.И.</i>	44
<b>Т</b>	<i>Тимошенков А.С.</i>	118
	<i>Тимошенков В.П.</i>	19
	<i>Тимошенков С.П.</i>	104
	<i>Тотьмянин А.Н.</i>	24
	<i>Тулуш А.В.</i>	118
<b>Х</b>	<i>Халирбагинов Р.И.</i>	29
	<i>Харитонов Е.В.</i>	262
<b>Ц</b>	<i>Цымбал А.А.</i>	177
<b>Ш</b>	<i>Шарамок А.В.</i>	146
	<i>Швецов Д.И.</i>	125
	<i>Шканакина М.Д.</i>	37
	<i>Шомахмадов Д.П.</i>	44
<b>Э</b>	<i>Эзенкин А.А.</i>	164

Сборник трудов

**Международная конференция «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем»**

Тексты печатаются в авторской редакции.

Подписано в печать с оригинал-макета 20.08.2020. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 9,28. Уч.-изд. л. 15,78. Тираж 60 экз. Заказ 29.

Отпечатано в типографии ИПК МИЭТ.

124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, МИЭТ