

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

Ежемесячный научный журнал  
№ 2 (133)/2026 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

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

- **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

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

- **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

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

- **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

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

- **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

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

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

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

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

<i>Нгуен Тхи Хиен, Нгуен Фьонг Тхао</i> АНАЛИЗ АВТОКОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМАХ ТРОФИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОПУЛЯЦИЙ «ХИЩНИК– ЖЕРТВА» .....	3
--	---

## ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Болдырева Л.Б.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СВОЙСТВА ПОЛОСТНЫХ СТРУКТУР .....	7
<i>Борисов А.А., Борисов А.А., Камалов Т.Ф.</i> ВЛИЯНИЕ КВАНТОВОГО ЭФФЕКТА ЗЕНОНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ КУБИТОВ .....	18

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Гериханов Д.Т.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ПОТОКАХ СЕТЕВОГО ТРАФИКА .....	22
<i>Momot P., Shilin A.</i> ALGORITHM FOR DETERMINING THE ABSOLUTE POSITION OF THE SHAFT OF A MULTI-TURN REDUCER SENSOR .....	25
<i>Nguyen Tien Thai, Vu Son Ha, Vo Van Toan,</i> DESIGN AND PROOFING OF ULTRA NARROW PULSE GENERATION CIRCUIT FOR SMALL-SIZE UWB RADAR APPLICATIONS .....	31

**МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА**

УДК 517.9

**АНАЛИЗ АВТОКОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМАХ ТРОФИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПОПУЛЯЦИЙ «ХИЩНИК–ЖЕРТВА»****Нгуен Тхи Хиен<sup>(1)</sup>***доктор физико-математических наук,  
Ханойский промышленный университет,  
Вьетнам.***Нгуен Фьонг Тхао<sup>(2)</sup>***Магистр математики,  
Ханойский промышленный университет,  
Вьетнам.***ANALYSIS OF SELF-OSCILLATIONS IN A TROPHIC INTERACTION SYSTEM OF  
POPULATIONS “PREDATOR–PREY”****Nguyen Thi Hien<sup>(1)</sup>***Dr. of Physics and Mathematics sciences,  
Hanoi University of Industry,  
Vietnam.***Nguyen Phuong Thao<sup>(2)</sup>***Master of Mathematics,  
Hanoi University of Industry,  
Vietnam.*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2250

**АННОТАЦИЯ**

В работе исследуется обобщённая нелинейная система типа «хищник–жертва». Установлены достаточные условия существования и единственности орбитально устойчивого предельного цикла. Показано, что при выполнении этих условий система обладает автоколебательным режимом. Для анализа динамических свойств применяется гладкая аппроксимирующая модель. Приведены примеры приближённого нахождения предельного цикла. Полученные результаты демонстрируют эффективность предложенного подхода и могут быть использованы при исследовании широкого класса моделей межвидового взаимодействия.

**ABSTRACT**

This study investigates a generalized nonlinear “predator–prey” system. Sufficient conditions for the existence and uniqueness of an orbitally stable limit cycle are established. It is shown that, under these conditions, the system exhibits self-sustained oscillations. A smooth approximating model is employed to analyze the dynamical properties. Examples illustrating the approximate determination of the limit cycle are also provided. The obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed approach and can be applied to a broad class of interspecific interaction models.

**Key words:** self-oscillations, limit cycle, orbital stability, predator–prey system, trophic interaction.**Ключевые слова:** автоколебания, предельный цикл, орбитальная устойчивость, система «хищник–жертва», трофическое взаимодействие.

Постановка задачи.

Пусть  $Q$  - непустое замкнутое выпуклое множество в  $\mathbb{R}_+^2$  и  $x \in Q$ . Нормальный конус к множеству  $Q$  в точке  $x$  определяется следующим образом (см [1], [2])

$$N_Q x = \{z \in \mathbb{R}^n : \langle z, \xi - x \rangle \leq 0 \forall \xi \in Q\}. \quad (1)$$

Далее, касательный конус к  $Q$  в точке  $x$  определяется следующим образом

$$T_Q x = \{z \in \mathbb{R}^n : \langle z, y \rangle \leq 0 \forall y \in N_Q x\}. \quad (2)$$

Теперь, рассматривается система

$$\dot{x} = P(f(x) + \delta(x - \bar{x}), T_Q x). \quad (3)$$

Здесь:  $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$ ;  $x_1, x_2$  есть численность, соответственно «жертва» и «хищника»;

$P(f(x) + \delta(x - \bar{x}), T_Q x)$  есть проекция вектора  $f(x) + \delta(x - \bar{x})$  на касательный конус  $T_Q x$  к  $Q$  в точке  $x \in Q$ ;

$f(x) = \begin{pmatrix} (\varepsilon_1 - \gamma_1 x_2)x_1 \\ -(\varepsilon_2 - \gamma_2 x_1)x_2 \end{pmatrix}$  есть правая часть классической модели системы «хищник - жертва» (см [3]);

$\bar{x} = \begin{pmatrix} \varepsilon_2/\gamma_2 \\ \varepsilon_1/\gamma_1 \end{pmatrix}$  есть положение равновесия классической модели;  $\varepsilon_1, \gamma_1, \varepsilon_2, \gamma_2, \delta$  — неотрицательные параметры.

Ограничение  $x \in Q$  моделирует определенный способ искусственного регулирования численности видов; наличие слагаемого  $\delta(x - \bar{x})$  позволяет рассматривать некоторую комбинацию системы «хищник-жертва» и простейшей модели Мальтуса с постоянным коэффициентом прироста.

Если  $\delta = 0$  и  $Q = \mathbb{R}^2$ , то (3) представляет классическую модель системы «хищник-жертва»; в этом случае  $F(X) \in T_Q X$  для любого  $X \in \bar{Q}$ , так что  $P(F(X), T_Q X) = F(X)$ . Если  $\delta > 0$  и  $\varepsilon_1 = \gamma_1 = \varepsilon_2 = \gamma_2 = 0$  (и при этом  $\bar{X} = 0$ ), то (3) распадается на два простейших уравнения

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = \delta X_1, \\ \dot{X}_2 = \delta X_2. \end{cases}$$

В данной работе устанавливаются критерии автоколебательности рассматриваемой системы, а именно условия существования в ней единственного орбитально устойчивого (в усиленном смысле) предельного цикла. Для анализа поставленной задачи целесообразно ввести новые переменные.

$$x_1 = X_1 - \bar{X}_1, x_2 = X_2 - \bar{X}_2.$$

Заметим, что

$$N_Q X = N_{\bar{Q}-\bar{X}}(X - \bar{X}); T_Q X = T_{\bar{Q}-\bar{X}}(X - \bar{X}). \quad (4)$$

Действительно, первое соотношение из (4) вытекает из определения нормального конуса (см. (1)):

$$\begin{aligned} Y \in N_{\bar{Q}} X &\Leftrightarrow \forall (\xi \in \bar{Q}) [\langle Y, \xi - X \rangle \leq 0] \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \forall (\bar{\xi} = \xi - \bar{X} \in \bar{Q} - \bar{X}) [\langle Y, \bar{\xi} - (X - \bar{X}) \rangle = \langle Y, \bar{\xi} \rangle \leq 0] \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow Y \in N_{\bar{Q}-\bar{X}}(X - \bar{X}). \end{aligned}$$

Второе соотношение (4) непосредственно следует из первого. Тогда в новых переменных (4), система (3) принимает вид:

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = P \left( \begin{pmatrix} -\gamma_1 x_2 X_1 + \delta x_1 \\ \gamma_2 x_1 X_2 + \delta x_2 \end{pmatrix}, T_Q x \right) = P(f(x), T_Q x). \quad (5)$$

Ограничение  $X \in \bar{Q}$  в новых переменных имеет вид:

$$x \in \bar{Q} - \bar{X} =: Q. \quad (6)$$

Основным инструментом исследования будет следующая теорема из [4].

### 1. Анализ в системе трофического взаимодействия популяций

2.1. Теорема о существовании, единственности и орбитальной устойчивости замкнутой траектории. Теорема 1 (см [4]). *Рассматривается система*

$$\dot{x} = P(f(x), T_Q x), x \in Q. \quad (7)$$

*Предполагается, что:*

$$f: Q \rightarrow \mathbb{R}^2 \text{ — липшицева функция}; \quad (8)$$

$$Q \neq \mathbb{R}^2 \text{ — непустое выпуклое замкнутое множество в } \mathbb{R}^2; \quad (9)$$

$$0 \in \text{int } Q; \quad (10)$$

$$f(x) \notin N_Q x \text{ при } x \in Q, x \neq 0; \quad (11)$$

$$\langle Bx, f(x) \rangle \geq \mu(\|x\|); \quad (12)$$

$B$  – некоторая симметричная положительно определенная матрица;  $\mu(a) > 0$  при  $a > 0$ ;

$$\langle f(x), Cx \rangle \geq \nu_0 \|x\|^2; (13)$$

$$Cx = (-x_2, x_1), \nu_0 > 0.$$

Утверждается, что при выполнении перечисленных условий (8)-(13) система (7) имеет единственную орбитально устойчивую замкнутую траекторию, в которую вливаются все другие ненулевые траектории.

2.2. Теорема о автоколебании в обобщенной системе «хищник-жертва»

Теорема 2. Пусть выпуклое замкнутое непустое множество  $\bar{Q} \subset \mathbb{R}_+^2$  ограничено, а параметры системы (3) строго положительны и таковы, что для любого  $X \in \bar{Q}$  выполнены следующие неравенства:

$$X_2 < \frac{\varepsilon_1 + \delta}{\gamma_1}, X_1 < \frac{\varepsilon_2 - \delta}{\gamma_2}; (14)$$

$$\gamma_1 X_1 > 0, \gamma_2 X_2 > 0. (15)$$

Пусть,

$$\bar{X} \in \text{int } \bar{Q} (16)$$

и на границе  $\partial \bar{Q}$  множества  $\bar{Q}$  выполняется условие:

$$X \in \partial \bar{Q} \Rightarrow \exists (e \in T_Q X) [\langle e, F(X) + \delta(X - \bar{X}) \rangle > 0]. (17)$$

Тогда система (3) имеет единственную замкнутую траекторию, в которую вливаются все другие траектории, отличные от положения равновесия  $\bar{X}$ .

Доказательство. В начале проверим условия (12) и (13) будет выполнено при выполнении условий (14) и (15).

Условие (12) проверим для матрицы  $B = \begin{pmatrix} \frac{\gamma_2 \varepsilon_1}{\gamma_1} & 0 \\ 0 & \frac{\gamma_1 \varepsilon_2}{\gamma_2} \end{pmatrix}$  и

$$\begin{aligned} \langle Bx, f(x) \rangle &= \left( \frac{\gamma_2 \varepsilon_1}{\gamma_1} x_1^2 + \frac{\gamma_1 \varepsilon_2}{\gamma_2} x_2^2 \right) \delta + x_1 x_2 (\gamma_1 \varepsilon_2 x_2 - \gamma_2 \varepsilon_1 x_1) = \\ &= \left( \frac{\gamma_2 \varepsilon_1 \delta}{\gamma_1} - \gamma_2 \varepsilon_1 x_2 \right) x_1^2 + \left( \frac{\gamma_1 \varepsilon_2 \delta}{\gamma_2} + \gamma_1 \varepsilon_2 x_1 \right) x_2^2. \end{aligned}$$

Итак, нетрудно видеть, что **Error! Reference source not found.** будет выполнено, если выполнено **Error! Reference source not found.**

Проверим выполнение условия (13);

$$\langle f(x), Cx \rangle = \gamma_1 x_2^2 X_1 + \gamma_2 x_1^2 X_2;$$

поэтому для выполнения неравенства (13) достаточно, чтобы для любого  $X \in \bar{Q}$  были справедливы неравенства (15).

Далее, заметим, что для доказательства теоремы достаточно проверить, что заключение верно для преобразованной системы (5). Поскольку множество  $\bar{Q}$  (и, следовательно,  $Q$ ) ограничено и функция  $f$  непрерывно дифференцируема, она удовлетворяет условию Липшица. Условие (10) для (5), очевидно, эквивалентно требованию (16).

Наконец, для проверки условия (11) напомним определение нормального конуса (см. [5])

$$z \in N_Q x \Leftrightarrow \forall (y \in Q) [\langle y - x, z \rangle \leq 0].$$

В исходных обозначениях:

$$Z = F(X) + \delta(X - \bar{X}) \in N_Q x \Leftrightarrow \forall (Y \in \bar{Q}) [\langle Y - X, Z \rangle \leq 0].$$

Поэтому условие (11) означает, что

$$\forall (X \in \partial \bar{Q}) [Z \notin N_Q X].$$

В новых переменных:

$$\forall (x \in \partial Q) [z = f(x) \notin N_Q x].$$

Если же  $x \in \text{int } Q$ , то соотношение  $f(x) \in N_Q x = \{0\}$  означает, что

$$\begin{aligned} -\gamma_1 x_2 X_1 + \delta x_1 &= 0, \\ \gamma_2 x_1 X_2 + \delta x_2 &= 0. \end{aligned}$$

Умножим первое из этих равенств на  $x_1$ , второе на  $x_2$  и вычтем из второго первое:

$$\gamma_2 x_1^2 X_2 + \gamma_1 x_2^2 X_1 = 0.$$

Поскольку  $\gamma_1, \gamma_2, X_1, X_2$  строго положительны, это означает, что  $x_1 = x_2 = 0$ . Итак, все условия теоремы пункта 2 для системы (5) выполнены, и утверждение полностью доказано.

### 2. Прикладной пример

На приводимом ниже рисунке приведены фазовые траектории обобщенной системы «хищник-жертва». Для этого, множество  $Q$  задается неравенствами:

$$a \leq X_1 \leq a_1, b \leq X_2 \leq b_1;$$

параметры системы имеют значения:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = \gamma_1 = 1, \varepsilon_2 = \gamma_2 = 1, \delta = 0.25 \\ a = 0.8, b = 0.5, a_1 = 1.4, b_1 = 1.2. \end{aligned}$$

Нетрудно проверить, что все условия теоремы в данном случае выполнены.

Численный анализ в этом примере проведен с помощью *гладкой модели системы с диодной нелинейностью* (см. [6]) и программ Mathematica

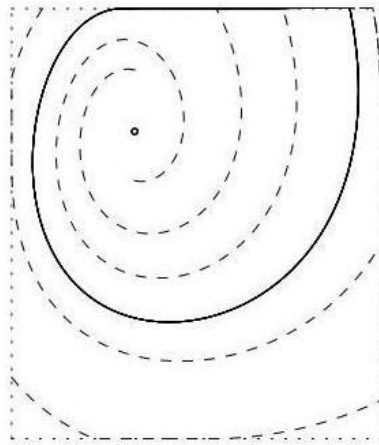


Рис. 1. Траектории обобщенной системы «хищник-жертва»

### 3. Заключение

В работе установлены условия существования единственного орбитально устойчивого предельного цикла в обобщенной системе «хищник-жертва». Приведён пример его приближённого нахождения с использованием гладкой аппроксимирующей модели системы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке научно обоснованных подходов к рациональному использованию экосистем и выработке своевременных мер, направленных на обеспечение устойчивого развития окружающей среды.

### Список литературы

1.Р.В. Нестеренко, О вынужденных колебаниях в двумерном конусе, Автом. и телемех., 2002, №2, с. 14-21.

2.Л.П. Петрова, Об одной модели идеального диодного преобразователя // Тр. мат. факультета №1 (новая серия). Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996

3.Вольтерра В., Математическая теория борьбы за существование, М.: Наука, 1976, 286 с.

4.О.А. Лобанова, О движении точки в ограниченном фазовом пространстве: Сборник статей аспирантов и студентов математического факультета ВГУ. – Воронеж, 1999, с. 88 – 92.

5.О.А. Лобанова, О двумерных динамических системах с ограничением, Дифф. Ур., 2007, том 43, №4, с. 449-456.

6.Нгуен Тхи Хиен. О точности гладкой модели системы с диодной нелинейностью, Вестник ВГУ, Серия: Физика, Математика, 2010, №2, с. 240 - 243.

# ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СВОЙСТВА ПОЛОСТНЫХ СТРУКТУР

---

*Болдырева Л.Б. к.тех.н.*

*Государственный Университет*

*Управления, Россия, Москва,*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2251

### АННОТАЦИЯ

Цель работы показать, что энергетические свойства полостных структур (влияние на технические приборы, на биологические системы, на другие полостные структуры) осуществляется сверхтекучим спиновым током. Сверхтекучий спиновый ток возникает между спинами виртуальных фотонов (спиновых вихрей), создаваемыми квантовыми объектами, составляющими полостные структуры. Концепция виртуальных фотонов была развита нобелевским лауреатом Р. Фейнманом в 1949 году. Одним из свойств виртуальных фотонов является возможность взаимодействия друг с другом посредством сверхтекучего спинового тока. Особым свойством полостной структуры является её последствие, то есть способность сохранения её свойств в течение нескольких часов и даже дней после удаления её из занимаемой области пространства. Это явление объясняется свойствами физического вакуума. Согласно исследованиям Планка, Эйнштейна и Штерна, физический вакуум, свободный от электрических и магнитных полей (без учёта гравитационных полей), рассматривается не как пустое пространство, а как состояние поля, состоящего из осцилляторов с “энергией нулевой точки”, называемых в данной работе квантовыми осцилляторами. Квантовые осцилляторы имеют прецессирующий спин, и сверхтекучий спиновый ток может возникать между ними, осуществляя таким образом последствие полостных структур.

### ABSTRACT

The aim of this article to prove that energetic properties of cavity structures (impact on technic devices, on biological systems, on other cavity structures) was carried out by spin supercurrent. The spin supercurrent arises between spins of virtual photons (spin vortices) created by quantum objects consisting of cavity structure. The concept of virtual photons was developed by Nobel Prize winner R. Feynman in 1949; one of the properties of virtual photons is their ability to interact with each other by spin supercurrent. By a significant feature of cavity structure is the conservation of properties of cavity structure, after removing it from any area of the physical vacuum, for several hours or even days. This phenomenon is explained by the properties of physical vacuum. According to investigation Planck, Einstein and Stern a physical vacuum free from magnetic and electric fields (without regard to gravitational energy) became defined not as an empty space but as state of a field that consists of some oscillators with “zero-point energy”. named, in this work, as quantum oscillators. The quantum oscillators have precessing spins and spin supercurrent may arise between their spins, and by such way to condition “residual effect” of cavity structures.

**Keywords:** cavity structure; virtual photon; spin vortex; superfluid spin current; physical vacuum.

**Ключевые слова:** полостная структура; виртуальный фотон; спиновые вихри; сверхтекучий спиновый ток; физический вакуум.

## ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим примеры наиболее известных полостных структур.

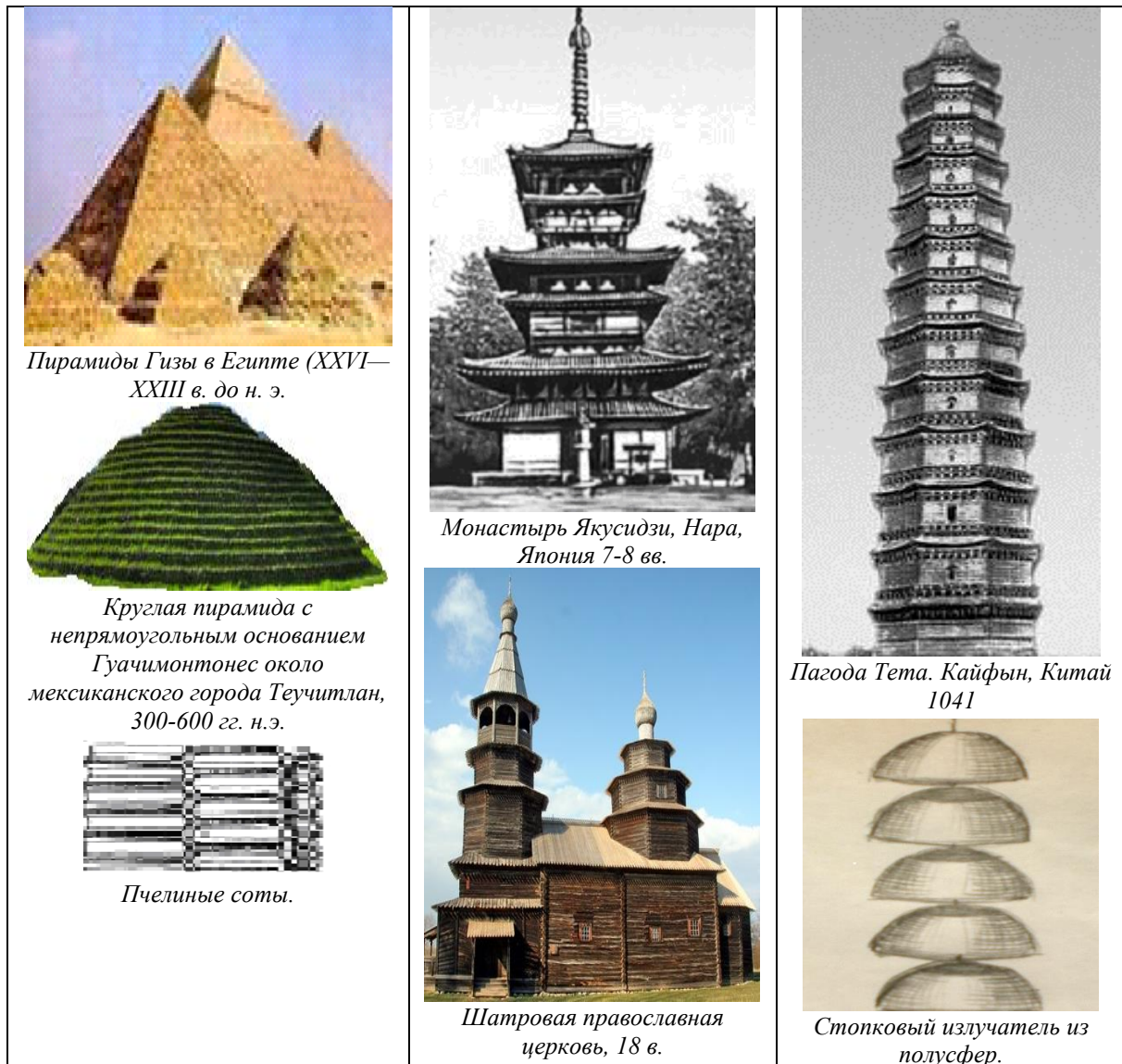


Рис. 1. Примеры полостных структур

Основными свойствами полостных структур являются следующие.

### 1. Энергетические свойства.

В 1965 исследователи полостных структур Леон Шомри и Андре де Белизаль для эффектов, связанных с полостными структурами, предложили термин “излучение формы” [1]. Однако результаты некоторых экспериментов не согласуются с этим определением. Пример: исследование лозоходцем подземной полости [2]. Эффективность поиска подземных полостей максимальна, когда лозоходец держит в руках образец вещества, находящегося в подземной полости: например, пробирку с нефтью, если ведётся поиск нефтяных подземных залежей, или кусочек дерева, если ведётся поиск деревянных подземных сооружений. Эти резонансные явления свидетельствуют о наличии частотной характеристики в энергии полостной структуры.

2. Свойство последствия. Например, после удаления пирамиды из какой-либо области

физического вакуума её свойства сохраняются в физическом вакууме ещё в течение нескольких часов и даже дней.

### 1. Свойства физического вакуума

В 1913 Эйнштейн и Штерн опубликовали статью [3], в которой, используя формулу, выведенную Планком [4] для энергии  $\varepsilon_0$  атомного осциллятора, вибрирующего с частотой  $\nu$ ,

$$\varepsilon_0 = h\nu/2 + h\nu / (\exp(h\nu/(kT)) - 1), (1)$$

пришли к выводу, что в квантовой теории поля физический вакуум в отсутствие электрического и магнитного полей (без учёта гравитационного поля) определяется не как пустое пространство, а как основное свойство поля, состоящего из так называемых “атомных осцилляторов” с энергией  $\varepsilon_0 = h\nu/2$  при  $T=0K$ . Эта энергия называется “остаточная энергия” или “энергия нулевой точки” (“zero point energy” – англ.). В данной работе (как и

в некоторых других) “атомный осциллятор” называется “квантовый осциллятор”.

**Свойства квантового осциллятора**

(1) Полный момент количества движения (J) фотона, излучаемого атомом, равен векторной сумме спинового (S) и орбитального (L) моментов:  $J = L + S$ . Однако, атом в энергетических переходах “передает” возникающему фотону

только орбитальный момент количества движения L. [5, 6]. Следовательно, спин фотона образован спинами квантовых осцилляторов:

$$S_{q0} \neq 0. (2)$$

(2) Образование спинового вихря в физическом вакууме.

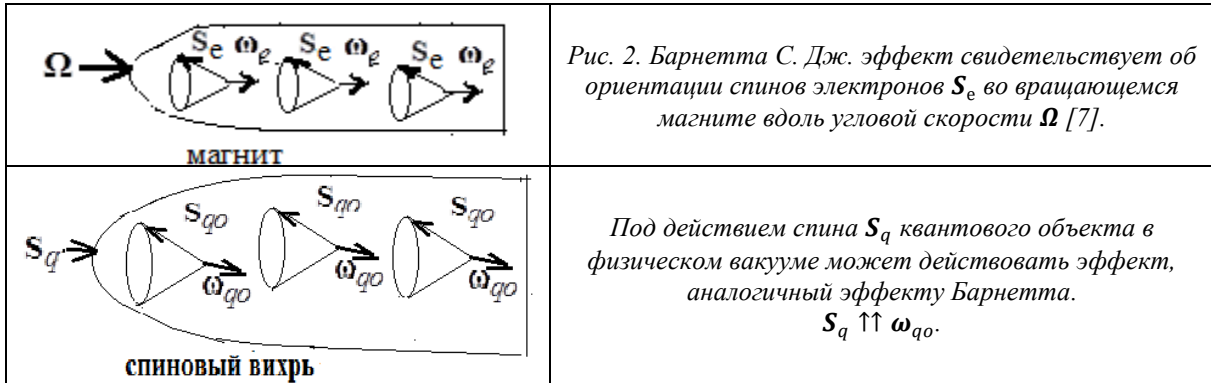


Рис. 2. Барнетта С. Дж. эффект свидетельствует об ориентации спинов электронов  $S_e$  во вращающемся магните вдоль угловой скорости  $\Omega$  [7].

Под действием спина  $S_q$  квантового объекта в физическом вакууме может действовать эффект, аналогичный эффекту Барнетта.  
 $S_q \uparrow \omega_{q0}$ .

Спины квантовых осцилляторов  $S_{q0}$  образуют спиновый вихрь: со спином,  $S_v = \sum S_{q0}$  прецессирующим с частотой  $\omega_v = \omega_{q0}$ . Из Рис. 2 следует:

$$S_q \uparrow \omega_v. (3)$$

(3) Электрическая поляризация физического вакуума может быть следствием существования электрического дипольного момента,  $d_{q0}$ , у квантового осциллятора, то есть  $d_{q0} \neq 0$ .

Следовательно, спиновый вихрь имеет электрический дипольный момент  $d_v = \sum d_{q0}$ . Как показано в [8] электрический дипольный  $d_v$  виртуального фотона связан с его спином  $S_v$  как:

$$S_v \uparrow d_v. (4)$$

Рассмотренные свойства спиновых вихрей совпадают со свойствами виртуальных фотонов, существование которых было предложено Фейнманом в 1949 году [9].

Схемы виртуальных фотонов, приведены на Рис.3.

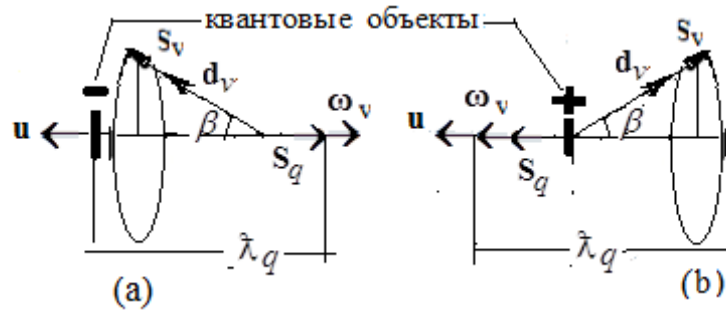


Рис.3. Схемы виртуальных фотонов, созданных отрицательно заряженным квантовым объектом (вариант (а)) и положительно заряженным квантовым объектом (вариант (б)).  $S_q$  и  $u$  - спины и скорости квантовых объектов;  $\omega_v$  - частоты прецессии спинов  $S_v$  виртуальных фотонов;  $\beta$  - углы дефлексии;  $z$  - ось;  $d_v$ -электрические дипольные моменты;  $\lambda_q$  длина волны волновой функции квантового объекта.

Угол дефлексии  $\beta$  определяется [8] скоростью  $u$  виртуального фотона (или, что тоже самое, скоростью квантового объекта, создавшего этот виртуальный фотон) и скоростью света.

$$\sin\beta = u/c. (5)$$

Из уравнения (5) следует, что при  $u=c$  виртуальный фотон превращается в реальный; существование эффекта Черенкова [10] доказывает состоятельность уравнения (5).

**4) Волновые свойства виртуального фотона.**

Согласно гипотезе Фейнмана размер виртуального фотона определяется длиной волны  $\lambda_q$  квантового объекта, создавшего виртуальный фотон. Следовательно, и другие характеристики виртуального фотона могут определяться волновыми характеристиками квантового объекта, создавшего этот виртуальный фотон [11]. Например, частота прецессии спина виртуального фотона  $\omega_v$  может определять частоту волновой функции квантового объекта и тогда, в

соответствии с уравнением Шредингера [12],  $\omega_v$  определяется энергией  $U_v$  квантового объекта:

$$\omega_v = U_v/\hbar, (6)$$

где  $U_v = m_q u^2/2 + \mu_q \mathbf{H} + k\Omega_q$ ;  $m_q$ ,  $u$  и  $\mu_q$  соответственно масса, скорость и магнитный дипольный момент квантового объекта;  $\mathbf{H}$  - внешнее магнитное поле;  $\Omega_q$  - угловая скорость внешнего вращения;  $k$  - коэффициент пропорциональности.

## II. Сверхтекучий спиновый ток

В 1876 Максвелл предположил существование процесса, осуществляющего бездиссипативную передачу углового момента [13]. В 2008 русские учёные Ю. Буньков, В. Дмитриев и И. Фомин были награждены премией Фриц Лондона за

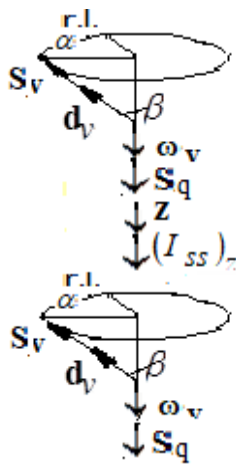


Рис. 4. Характеристики виртуальных фотонов, создаваемых квантовыми объектами со спинами  $S_q$ , направленными вдоль оси  $z$ .  $\omega_v$  - частоты прецессии спинов  $S_v$  виртуальных фотонов;  $\alpha$  - углы прецессии;  $\beta$  - углы дефлексии; r.l. - линии отсчёта;  $d_v$  - электрические дипольные моменты;  $(I_{ss})_z$  - сверхтекучий спиновый ток.

Уравнение (7), определяющее сверхтекучий спиновый ток, сопоставимо с уравнением, определяющим гравитационные взаимодействия  $G$ :

$$G = \phi_2 - \phi_1, (8)$$

где  $\phi_1$  и  $\phi_2$  - гравитационные потенциалы:

Тот факт, что процесс выравнивания угловых моментов (сверхтекучий спиновый ток) и гравитационные взаимодействия описываются одинаковыми по структуре уравнениями, свидетельствуют о том, что они могут функционировать на одном уровне физического вакуума. Подобное предположение было сделано Максвеллом в 1861 [13].

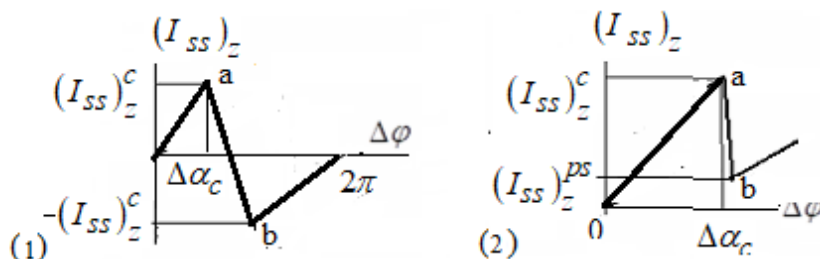


Рис. 5. Варианты (1) и (2) зависимости сверхтекучего спинного тока  $(I_{ss})_z$  между двумя виртуальными фотонами от гипотетической разности их углов прецессии,  $\Delta\varphi$ .  $(I_{ss})_z^c$  - критическое значение сверхтекучего спинного тока. Линия a-b соответствует изменению этого тока в процессе

исследование процесса распространения спиновой поляризации в сверхтекучем  $^3\text{He-B}$ . В результате проведённых исследований [14-17] были выявлены следующие свойства сверхтекучего спинового тока.

## Определение сверхтекучего спинного тока

Как показано в работе [15] сверхтекучий спиновый ток  $(I_{ss})_z$  между виртуальными фотонами с направленными вдоль оси  $z$  частотами прецессии (Рис. 6) определяется как:

$$(I_{ss})_z = -g_1 \partial\alpha/\partial z - g_2 \partial\beta/\partial z, (7)$$

где  $g_1$  и  $g_2$  - коэффициенты пропорциональности, зависящие от характеристик виртуальных фотонов, между которыми он возникает (в частности, от угла  $\beta$ ).

“проскальзывания фазы”,  $(I_{SS})_z^{ps}$  – остаточный ток,  $\Delta\alpha_c$  – разность фазы, при которой “проскальзывание фазы” имеет место.

Примечание. Явление “проскальзывание фазы сопоставимо с теорией академика АН СССР А. Д. Сахарова об упругости квантового вакуума: “Вакуумные квантовые флуктуации в искривлённом пространстве и теория тяготения” (1967).

Базируясь на приведённой выше зависимости сверхтекучего спинового тока  $(I_{SS})_z$ , от гипотетической разности углов прецессии их

спинов  $\Delta\varphi$  (Рис.5), рассмотрена зависимость  $(I_{SS})_z$  от  $\Delta\varphi$  в произвольном диапазоне  $\Delta\varphi$  (Рис.6).

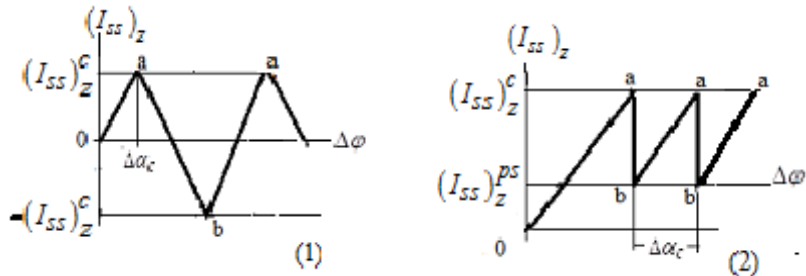


Рис .6. Варианты зависимости сверхтекучего спинового тока  $(I_{SS})_z$  от  $\Delta\varphi$  спинов в произвольном диапазоне  $\Delta\varphi$ .

III. Свойства полостной структуры

III.I. Полостные структуры, основу которых составляет прямоугольник.

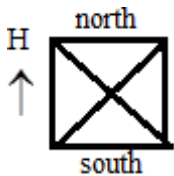


Рис. 7. Вид сверху на прямоугольное основание полостной структуры. Противоположные стороны полостной структуры с прямоугольным основанием ориентируются вдоль магнитного поля Земли H.

Блок-схема полостной структуры с указанием виртуальных фотонов, создаваемых квантовыми объектами полостной структуры дана на Рис. 8.

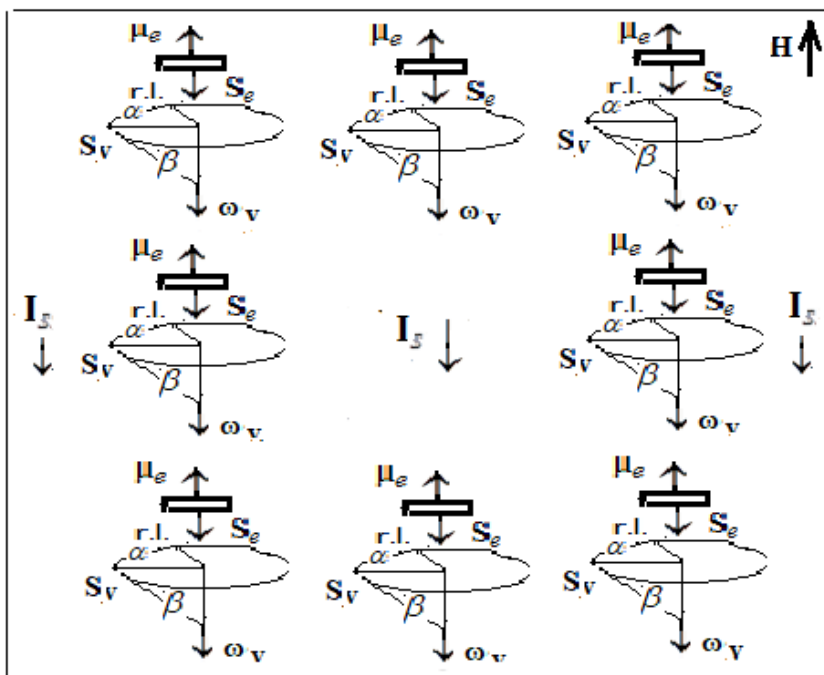


Рис. 8. Блок-схема полостной структуры.  $S_e$  и  $\mu_e$  соответственно спин и магнитный дипольный момент квантовых объектов (для электрона  $\mu_e$  равно магнетону Бора  $\mu_B$ );  $\omega_v$ - частоты прецессии спинов  $S_v$  виртуальных фотонов, создаваемых квантовыми объектами;  $\beta$  - углы дефлексии

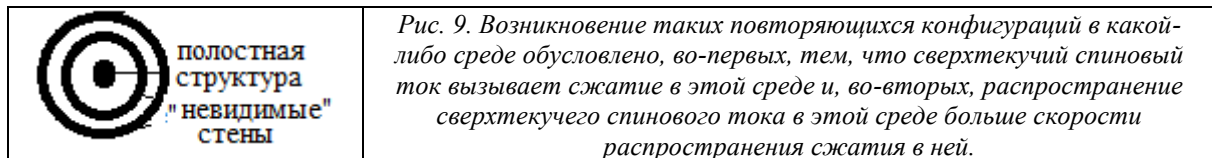
(отклонения);  $\alpha$  - углы прецессии;  $r.l.$  – линии отсчёта;  $I_{ss}$  - сверхтекучие спиновые токи между виртуальными фотонами, составляющими столбцы полостной структуры;  $H$  - напряжённость магнитного поля.

### Рассмотрим основные свойства полостных структур

1) Эксперименты Джо Парра с пирамидами (1977-1997) обнаружили создание пирамидой экранирующей области, названной Парром “bubble” (“пузырь”) [18]. Действие источников радиоактивных, электромагнитных и магнитных полей, помещённых в пирамиду, экранировалось этой областью. Объекты, находящиеся в области “bubble”, теряли в весе.

*Объяснение.* Согласно уравнениям (7) и (8) сверхтекучий спиновый ток и гравитационные взаимодействия могут функционировать на одном уровне физического вакуума.

2) Эксперименты, проведённые в НИИ “Графит” чл.-корр. РАН, проф. В. И. Костиковом



*Объяснение.* Как показано в работах Боровика-Романова и др. [14-17] скорость сверхтекучего спинового тока теоретически равна бесконечности. (В Теории Относительности ограничение скорости объектов до величины  $c$  распространяется только на инерциальные процессы.)

4) Эксперименты показали, что излучение полостной структуры не экранируется ни электромагнитными, ни молекулярными (например, кирпичными стенами) экранами [20]. Однако, возможно рассеяние излучения пирамиды на мелких хаотически ориентированных кристаллах [21]

*Объяснение.* Возможно исчезновение сверхтекучих спиновых токов при прохождении через вещества, содержащие значительное количество квантовых объектов с неспаренными спинами, например, металлов; в частности, экранирующее действие оказывает алюминиевая фольга.

5) Изменение ориентации сторон пирамиды относительно внешнего магнитного поля изменяет энергетические свойства пирамиды [21] вплоть до их исчезновения.

*Объяснение.* Магнитное поле, во-первых, влияет на ориентацию спинов квантовых объектов, составляющих пирамиду и, во-вторых, согласно уравнению (6), на частоту прецессии спинов виртуальных фотонов, создаваемых квантовыми объектами составляющими пирамиду.

6) Thomas Trawoeger из Австрии разработал способ получения электроэнергии, используя свойства пирамиды [22].

*Объяснение.* Вследствие того, что спин виртуального фотона связан с его электрическим дипольным моментом (уравнение (4)  $S_v \uparrow \uparrow d_v$ ),

и д.ф.-м.н. А.С. Катасоновым продемонстрировали что влияние пирамиды на электросопротивление углеродных материалов. При этом происходили временные изменения электросопротивления от +100% до -100% по синусоидальному закону [19].

*Объяснение.* Вследствие существования эффекта “проскальзывания фазы” значение сверхтекучего спинового тока может иметь синусоидальный характер (Рис.6).

3) В. С. Гребенников обнаружил, что пустые пчелиные соты окружены системой невидимых “стен”; они детектировались руками человека как области с повышенной плотностью воздуха [20] (Рис. 9).

ориентация этого спина в результате действия сверхтекучего спинового тока означает и электрическую поляризацию физического вакуума.

7) В 1952, чешский исследователь К. Дрбал обнаружил возможность заточки лезвия бритвы внутри пирамиды без использования внешней энергии. Он получил патент на это открытие [23].

*Объяснение.* Это явление могут быть вызвано энергетическими процессами, генерируемыми спиновой системой физического вакуума.

8) В. С. Гребенников наблюдал слабое свечение полостных структур в темноте [20].

*Объяснение.* Согласно уравнению (5)  $\sin\beta = u/c$ . при скорости квантового объекта, равной скорости света, виртуальный фотон, создаваемый этим объектом, превращается в излучаемый фотон.

9) Свойства вращающегося тела имеют много общего со свойствами полостных структур. Например, в книге Винсент Реддиш “Поле вращающихся масс” сообщается, что экранирование излучения вращающегося тела осуществляется таким же способом, как и экранирование действия сверхтекучего спинового тока: алюминиевой фольгой.

1. *Объяснение.* Согласно уравнению (6), частота прецессии  $\omega_v$  спина виртуального фотона, создаваемого квантовым объектом, пропорциональна частоте внешнего вращения  $\Omega_q$  этого объекта, следовательно, уравнение (7), определяющее сверхтекучий спиновый ток, генерируемый вращающейся полостной структурой справедливо и в этом случае.

10) Скорятин М. В. (псевдоним “ENEL”) указал, что излучение, аналогичное излучению пирамиды, хотя и имеет неэлектромагнитную

природу, всегда сопровождается электрический ток [24].

*Объяснение.* На Рис. 10 приведена схема, на которой представлены характеристики электрического тока  $I$ , создаваемого отрицательно заряженными квантовыми объектами со спинами  $S_q$ . Эти квантовые объекты создают виртуальные фотоны со спинами  $S_v$ , прецессирующими с частотой  $\omega_v$ . Согласно уравнению (6)  $\omega_v$  определяется следующим уравнением:  $\omega_v = (m_q u^2 / 2 + \mu_q H + k\Omega_q) / \hbar$ . В отсутствии магнитного поля ( $H=0$ ) и внешнего вращения ( $\Omega_q=0$ ) частота  $\omega_v$

может быть выражена через линейную плотность  $q$  заряда движущихся заряженных квантовых объектов и созданного этими зарядами электрического тока  $I$ :  $\omega_v = m_q I^2 / (2q^2 \hbar)$ . Между виртуальными фотонами и, следовательно, между создавшими их движущимися квантовыми объектами действует сила притяжения вследствие электрического диполь-дипольного взаимодействия. Эта сила может компенсировать кулоновскую силу отталкивания между движущимися зарядами одного знака.

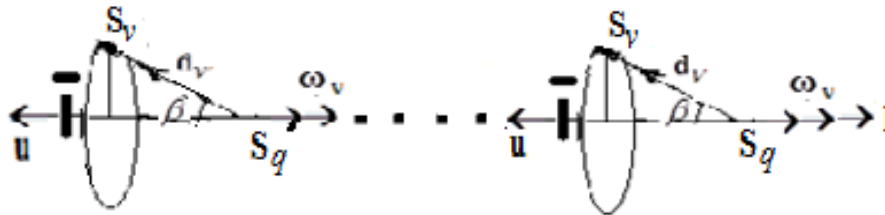


Рис. 10. Виртуальные фотоны, создаваемые, отрицательно заряженными квантовыми объектами, со спинами  $S_q$ , двигающимися со скоростью  $u$ .  $\omega_v$ -частоты прецессии спинов  $S_v$  виртуальных фотонов.  $d_v$  - электрические дипольные моменты;  $\beta$  - углы дефлексии.  $I$  – электрический ток.

11) Было обнаружено последствие полостной структуры в течение нескольких часов и даже дней после удаления её из рассматриваемой точки пространства, что свидетельствует о том, что

действие полостной структуры осуществляется не испусканием каких-либо частиц, а излучением, влияющим на свойства физического вакуума.

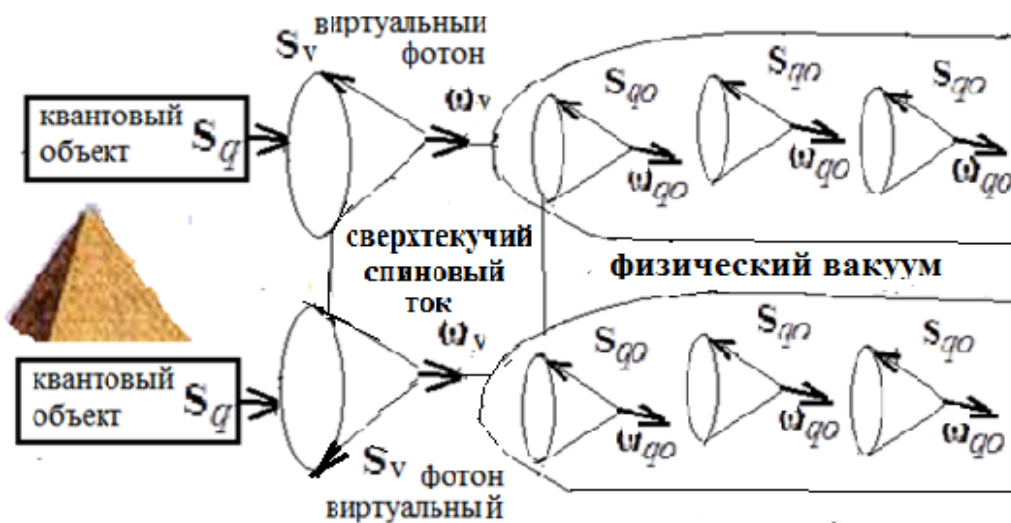


Рис. 11. Схематическое изображение объектов, определяющих свойства пирамиды, включая последствие.  $S_q$  - спины квантовых объектов, составляющих пирамиду.  $S_v$ -спины виртуальных фотонов, создаваемые квантовыми объектами.  $\omega_v$  - частота прецессии спинов  $S_v$  виртуальных фотонов;  $\omega_{qo}$ - частота прецессии спинов квантовых осцилляторов  $S_{qo}$ , заполняющих вакуум. Между виртуальными фотонами, создаваемыми квантовыми объектами, и между квантовыми осцилляторами, существующими в физическом вакууме, возникает сверхтекучий спиновый ток, который и осуществляет действие полостной структуры на окружающие объекты.

Кроме того, задержка начала работы полостной структуры и её последствие свидетельствуют об инерционных свойствах полостной структуры, что согласуется с существованием прецессионного движения спинов виртуальных фотонов [26].

### 13. Энергетические свойства пирамид с непрямоугольным основанием.

(1). Полостная структура основание которой имеет непрямоугольную форму. Например, круглая пирамида с непрямоугольным основанием Гуачимонтонес (Рис. 1) и (Рис. 12).

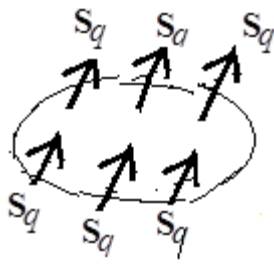


Рис. 12. Спины  $S_q$  квантовых объектов, составляющие основание круговой пирамиды. Ориентация  $S_q$  определяется спин-орбитальным взаимодействием спинов квантовых объектов.

Энергия пирамиды возникает за счёт действия сверхтекучего спинового тока, возникающего между виртуальными фотонами, создаваемыми квантовыми объектами.

(2) Стопковый излучатель - стопка полусфер, расположенных соосно (Рис. 13). Иногда такую

батарею называют стопковой или стопковым излучателем.

Рассмотрим физические особенности материала, составляющего полусферы.



Рис. 13. Стопковый излучатель, состоящий из полусфер. Он выполняется из субстанции, имеющей "полярность", в частности, из дерева с анизотропной сердцевиной, то есть имеющей структуру. В противном случае энергия этой батареей не излучается, хотя её внешние формы сохраняется.

**IV. Действие полостных структур на биологические системы**

Эксперименты с животными [21, 27] Patric Kelly. Проводилось сравнение веса и роста

кроликов, помещённых в клетки разной формы: форма пирамиды (красный цвет), форма прямоугольной призмы (чёрный цвет) (Рис.14).

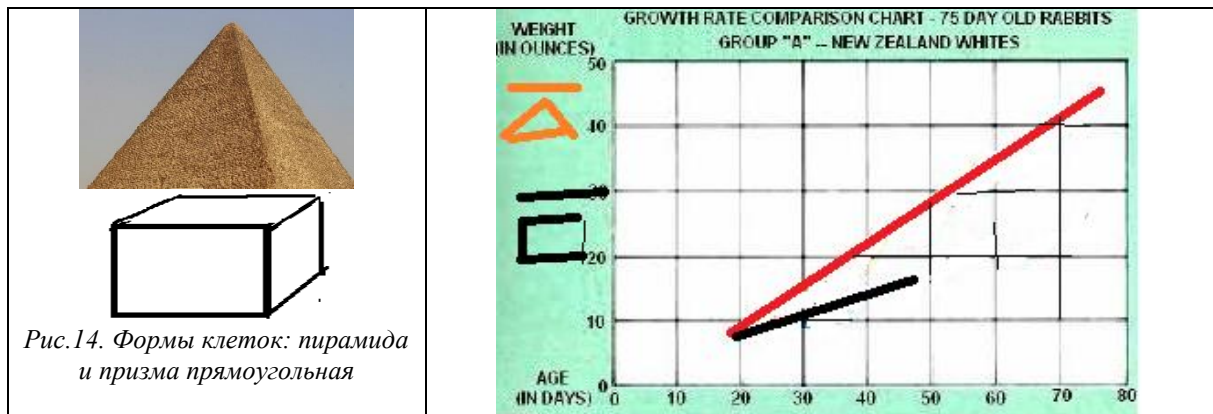


Рис.14. Формы клеток: пирамида и призма прямоугольная

Не исключено, что изначально ожерелье, браслеты, головные уборы, кольца и величальные хороводы (Рис. 15) использовались в лечебных целях.

Рис. 15.



Ожерелье

Браслеты

Клобук священника

Кольцо  
Величальный хоровод  
δ ⇒

На Рис.16 приведены примеры полостных структур, используемых в лечебных целях.

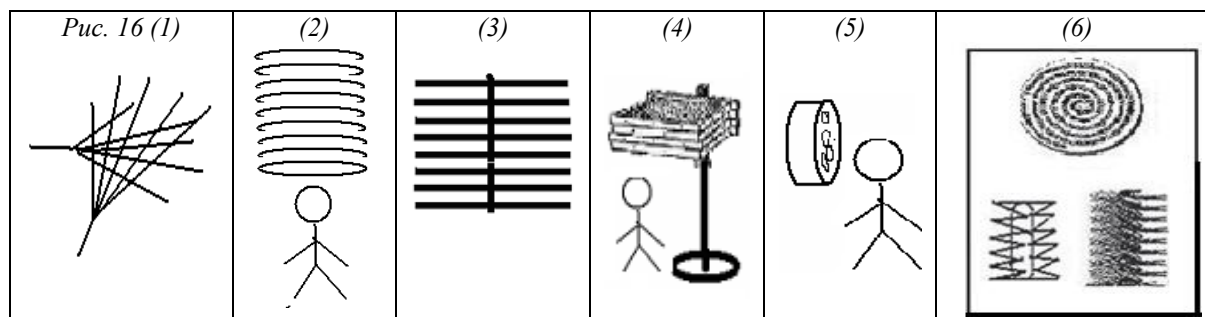


Рис. 16. Особенности применения выше перечисленных (16(1) - 16(6)) полостных структур в лечебных целях. (1) Известное с древних времён лечение “возложением рук” может осуществляться с помощью особого образом скрещенных пальцев рук. (2) У народов Нижнего Амура существовал обычный лечения детей и беременных женщин обручем, составленным из 9 колец, сделанных из прутьев [28]; обручи «наназывали» на больного. (3) У китайских врачей, борющихся с эпидемией чумы в Манчжурии в 1910-1911 гг., считалось, что приведённая форма лицевой маски, значительно снижает вероятность заражения чумой. (4) Лечение пчелиными сотами. Русский учёный Виктор Гребенников впервые стал широко применять пчелиные соты в медицинских целях [20]. (5) В России в течение столетий головную боль лечили ситами. Их держали над головой или перед лицом [20]. (6) Полостные структуры, изготовленные немецким учёным Коршельтом, получившим первый патент в Европе на применение специально изготовленных полостных структур в медицине [31]: железный цилиндр с припаянными цинковыми или стальными зубьями и полостная структура, прикреплённая к потолку.

#### Рельеф местности как полостная структура.

Рельеф местности (например, Кавказские горы (Рис. 20а) влияет на состояние находящихся в этой местности биологических объектов. Мишель Паулайн (Michel Poulain) и другие в начале 21 века обнаружили так называемые “Голубые зоны”, где

было самое большое количество жителей старше 90 лет [31,32]. “Голубые зоны” имеют гористый рельеф; например, на Рис. 19б -19д приведены ландшафты Голубых зон: Никоя, полуостров, Коста –Рики; Сардиния, Италии (Рис. 19в); Икария, Греция (Рис.19г); Окинава, Япония (Рис. 19д).



Рис.17а.  
Кавказские горы

Рис.17б. Никоя,  
полуостров,  
Коста –Рики.

Рис.17в.  
Сардиния,  
Италия.

Рис.17г. Икария,  
Греция

Рис.17д Окинава,  
Япония

#### V. Взаимодействие полостных структур

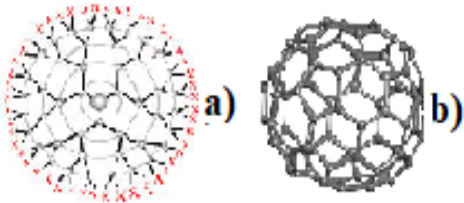

##### Действие наночастиц на ДНК [33].

Взаимодействие полостных структур наиболее эффективно, когда они имеют подобные формы. Экспериментально доказано, что 3D НЧ, имеющие спиральную форму, деформируют и даже развивают спираль при проникновении в ДНА молекулу.

Например, дендримеры 3D и более высокой генерации влияют на ДНА и РНА, когда их форма подобна сферической.

Другим примером являются фуллерены. Компьютерное моделирование показало, что фуллерены, а именно сферические C60 молекулы, являются потенциально опасными для ДНА молекулы.

Схематическое изображение молекул приведено на Рис. 17.

	<p>Рис. 16. Схематическое изображение металлических наночастиц. а) молекула дендримера; б) молекула фуллерена.</p>
	<p>(а) ДНА молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты. (б) РНА – молекула рибонуклеиновая кислоты.</p>

Мимикрия формы  
Рис. 17.

	<p>Муравей <i>Tetraponera ophthalmica</i> и <i>Myrmarachne ichneumon</i>, мимикрирующий под него наук <a href="http://naurok.com.ua">naurok.com.ua</a>.</p>		<p>Ящерица с плоским хвостом на растении Мадагаскара <i>Phelsuma serraticauda</i> (<a href="http://photoshtab.ru">http://photoshtab.ru</a>).</p>
---	---	--	--

### Заключение

1. Энергетические свойства полостных структур обусловлены действием сверхтекучего спинового тока.

2. Сверхтекучий спиновый ток возникает между спинами виртуальных фотонов (спиновых вихрей), создаваемых квантовыми объектами; он выравнивает углы, связанные со спинами квантовых объектов (углы дефлексии и углы прецессии).

3. “Остаточный эффект” (последствие) полостной структуры: сохранение свойств полостной структуры в какой-либо области физического вакуума в течение нескольких часов и даже дней после её удаления из этой области свойствами физического вакуума. Физический вакуум характеризуется внутренним моментом количества движения - это квантовые осцилляторы, имеющие прецессирующие спины между которыми может возникнуть сверхтекучий спиновый ток; подобно тому как он возникает между спинами виртуальных фотонов, создаваемых квантовыми объектами, составляющими полостные структуры. Вакуум с такими свойствами обладает и инерциальными свойствами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. De. Belizal A. et P.A. Morel. Physique microvibratoire et forces invisibles. Edition Desforges. Paris 1965.

2. Бондаренко Е.Г. 2003. Биолокация. //Сб. Физики в Парапсихологии. Под ред. Болдыревой

Л.Б. и Сотиной Н.Б. Москва, Летний сад: С. 59-65. ISBN 5-94381-096-X.

3. Einstein A., Stern O. Einige Argumente für die Annahme einer molekularen Agitation beim [absoluten Nullpunkt. Ann. Phys., 1913, v.345(3), pp.551-560, doi:10.1002/andp.19133450309.

4. Planck M. Über die Begründung des Gesetzes der schwarzen Strahlung. Ann. Phys., 1912, v.2(4), pp.642-656.

5. Barnett S.M. Rotation of Electromagnetic Fields and the Nature of Optical Angular Momentum. J. Mod. Opt.; 57(14-15): pp. 1339-1343.

6. Kidd R., Ardini J. and Anton A. 1989. Evolution of the modern photon. //Am. J. Phys.; 57(1): pp. 27-35.

7. Barnett S.J. Magnetization by Rotation. Phys. Rev. 1915, 6, pp. 239-270.

8. Болдырева Л.Б. Теория спиновых вихрей в физическом вакууме, состоящем из квантовых осцилляторов.“ М. ЛЕНАНД 2022, ISBN 978-5-9710-9460-9, ББК 22.3щ 22.313 22.314 22.336 22.6 28.071.URSS

9. Feynman R. Space-time approach to quantum electrodynamics. Phys. Rev., v.76, pp.769-789.

10. Черенков П.А.. Видимое свечение чистых жидкостей под действием  $\gamma$ -радиации. //Доклады Академии наук СССР; 1934, 2(8). С. 451.

11. Boldyreva Л.Б. From property of virtual photon to wave-particles duality. Journal of Physics & Optics Sciences, vol.6(9), 13.9.2024. DOI.ORG/10.47363/JPSOS/2024(6)267 ISSN2753-4753

12. Вихман Э. Квантовая физика. Берклеевский курс физики. т. IV; 1977, Москва, Наука: 416 с.

13. Maxwell J.C. On Physical Lines of Force. Part II: The Theory of Molecular Vortices Applied to Electric Currents. *Philosophical Magazine*; 1861, v. 21 & 23, Series 4.
14. Боровик-Романов А.С., Буньков Ю.М., Де Ваард А., Дмитриев В.В., Макроциева В., Мухарский Ю.М. и Сергацков Д.А. Наблюдение аналога эффекта Джозефсона на спиновом токе. //Письма в Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики; 1988, 47(8). С. 400-403.
15. Дмитриев В.В. Спиновая сверхтекучесть в  $^3\text{He}$ . //Успехи физических наук (УФН), 2005, т. 175, №1, С. 85–92.
16. Dmitriev V.V. and Fomin I.A. Homogeneously Precessing Domain in  $^3\text{He-B}$ : Formation and Properties”. *J. Phys. Condens. Matter*; 21(16): 164202 (9 pp).
17. Bunkov Y.M. 2009. Spin Superfluidity and Coherent Spin Precession”. *J. Phys. Condens. Matter*; 21(16): 164201 (6 pp).
18. Parr J. 1980-81. Tests Prove Pyramid Affects Gamma Rays. *Pyramid Guide Journal*, 1980, issue. 47-53.
19. Научные протоколы “Научные учреждения, принимавшие участие в исследованиях воздействия поля пирамиды на объекты живой и неживой природы.” ООМИЦУФИ ≈2017.
20. Гребенников В.С. Секрет пчелиного гнезда. //Техника молодёжи, 1984. №6, стр.39-41.
21. Степанов И.Н. Энергия формы. Состояние проблемы. Обзор. //Сознание и физическая реальность, 2011, т.16(10). С. 25–38.
22. Trawoeger T. Power Pyramid Version 12 - C.1. Maxwhy | Post: 321552 - Date: 21.08.11(14:17).
23. Drbal K. Method of Maintaining Razor Blades and the Shape of Straight Razors. Republic of Czechoslovakia, Office for Patents and Inventions, Patent File Number 91304, Patent valid from 1 April, 1952, Published (15 August 1959).
24. Vincent C. Reddish. The field of Rotating Masses, Scotland, 2010.
25. Skoryatin M.V. alias “ENEL” Traitement à distance par radiations. Dangles, 1929.
26. Boldyreva L.B. The First Law of Newton. Formula and Consequences. Changes in Weight and Forward Motion of Rotating Bodies. //Journal of Physics & Optics Sciences, 12 июня 2024, v.6(6), doi.org/10.47363/JPSOS/2024(6)250, ISSN: 2754-4753, www.onlinescientificresearch.com.
27. Kelly P.J. A practical Guide to Free Energy Devices. 2010.
28. Смоляк А.В. 1991. Шаман, личность, функции, мировоззрение (народы Нижнего Амура), 1991, Москва, Наука.
29. Korschelt O. 1921. Die Nutzbarmachung der lebendigen Kraft des Äthers in der Heilkunst, Landwirtschaft und Technik Ed. 2, Verlag F.E. Baumann, 1921.
30. Boldyreva L.B. The cavity structure effect in medicine: the physical aspect. //Forschende Komplementärmedizin / Research in Complementary Medicine, 2013, v. 20, pp. 322-326.
31. Poulain M., Pes, G., Grasland, C., Carru, C., Ferrucci, L., et al. Identification of a geographic area characterized by extreme longevity in the Sardinia island: the AKEA study. *Exp. Gerontol*, 2004, 39(9), 1423–1429. doi:10.1016/j.exger.06.016. PMID 15489066.
32. Boldyreva L.B. Physical Process Defining the Properties of Cavity Structures with Taking into Account the Properties of Physical Vacuum., vol.8, issue 3. DOI: [https://doi.org/10.47363/JPSOS/2026\(8\)363](https://doi.org/10.47363/JPSOS/2026(8)363).
33. Boldyreva L.B. The Physical Process Determining the Action of Some Metal Nanoparticles on DNA and RNA of Biological System. 6<sup>th</sup> of World Nanotechnology Conference April 24-26 2023 Orlando, Florida, USA.

УДК 530.145

**ВЛИЯНИЕ КВАНТОВОГО ЭФФЕКТА ЗЕНОНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ КУБИТОВ****Борисов А.А.***аспирант кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии  
SPIN-код 6902-6891***Борисов А.А.***аспирант кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии,  
SPIN-код 7469-2476***Камалов Т.Ф.***кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии,  
SPIN- код 5044-2504**Государственный университет просвещения,  
г. Москва, Россия***INFLUENCE OF THE QUANTUM ZENO EFFECT ON THE STABILITY OF QUBITS****A.A. Borisov***Postgraduate student at the Department of Fundamental Physics and Nanotechnology,  
SPIN-code 6902-6891***A.A. Borisov***Postgraduate student at the Department of Fundamental Physics and Nanotechnology,  
SPIN-code 7469-2476***T.F. Kamalov***Ph.D. Phys.-Math,  
Associate Professor of the Department of Fundamental Physics and Nanotechnology,  
SPIN- code 5044-2504**Federal State University of Education,  
Moscow, Russia*DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2252**АННОТАЦИЯ**

Точность, с которой сейчас работают квантовые компьютеры ограничена временем жизни энергетических уровней. Один из механизмов подавления эволюции квантовой системы является квантовый эффект Зенона, возникающий при частых измерениях состояния квантовой системы. В результате, вероятность перехода кубита между квантовыми состояниями существенно снижается. Кубит рассматривается как двухуровневая квантовая система с базисными состояниями  $|0\rangle$  (основное) и  $|1\rangle$  (возбужденное). Цель работы заключается в теоретическом определении характерных пространственных параметров кубита на основе квантовой точки в основном и возбужденном состоянии, а также возможности использования этих параметров в качестве количественной меры влияния частых измерений. В настоящей работе кубит реализован на основе электрона, локализованного в квантовой точке. Изменение состояния электрона осуществляется с применением методов сканирующей зондовой микроскопии. Частые измерения состояния приводят к подавлению переходов между энергетическими уровнями электрона, что соответствует проявлению квантового эффекта Зенона. В работе получена вероятность обнаружения кубита в состоянии  $|1\rangle$  и  $|0\rangle$ . Расчёты показывают, что эффективный радиус локализации электрона в возбужденном состоянии квантовой точки увеличивается по сравнению с эффективным радиусом локализации в основном состоянии. На основе квантовых точек полученные соотношения позволяют количественно оценить влияние частых измерений на вероятность сохранения квантового состояния методами сканирующей зондовой микроскопии.

**ABSTRACT**

The precision with which quantum computers currently operate is limited by the lifetime of energy levels. One of the mechanisms for suppressing the evolution of a quantum system is the quantum Zeno effect, which occurs with frequent measurements of the state of a quantum system. In this case, the probability of a qubit transition between quantum states is significantly reduced. The qubit is considered as a two-level quantum system with basis states  $|0\rangle$  (ground) and  $|1\rangle$  (excited). The aim of this work is to theoretically determine the characteristic spatial parameters of a quantum dot-based qubit in the ground and excited states, as well as the possibility of using these parameters as a quantitative measure of the influence of frequent measurements. In this work, a qubit is implemented based on an electron localized in a quantum dot. The change in the state of an electron is achieved using scanning probe microscopy methods. Frequent measurements of the state lead to the suppression of transitions between the energy levels of the electron, which corresponds to the manifestation of the quantum Zeno effect. In this work, the probability of detection a qubit in the state  $|1\rangle$  and  $|0\rangle$  is obtained. Calculations show that the effective localization radius of an electron in the excited state of a quantum dot increases compared to the

effective localization radius in the ground state. Based on quantum dots, the obtained relationships allow us to quantitatively estimate the influence of frequent measurements on the probability of maintaining a quantum state using scanning probe microscopy methods.

**Ключевые слова:** частые измерения, квантовый эффект Зенона, кубит, возбужденное состояние, зондовая микроскопия, энергетические уровни

**Keywords:** frequent measurements, quantum Zeno effect, qubit, excited state, probe microscopy, energy levels

**Введение**

Ключевая проблема в квантовых вычислениях является ограниченное время когерентности квантовых состояний. Один из механизмов подавления эволюции квантовой системы является Квантовый эффект Зенона [1], проявляющийся при частых измерениях состояния системы. Данный эффект был теоретически предсказан в работах Халфина [2], а впоследствии подробно рассмотрен Мисрой и Сударшаном [3], которые ввели термин «квантовый эффект Зенона» для описания этого эффекта. Позднее теоретические исследования были дополнены экспериментальными [4] работами, в которых была продемонстрирована возможность подавления переходов между квантовыми состояниями при частых последовательных измерениях системы.

Исследование квантового эффекта Зенона в наноструктурах, в частности в системах на основе [5, 6] квантовых точек представляет интерес. Квантовые точки рассматриваются как перспективная физическая платформа для реализации кубитов в квантовых вычислительных устройствах.

В настоящей работе проведен теоретический анализ влияния квантового эффекта Зенона на пространственную локализацию электронного состояния в квантовой точке, предложен подход к экспериментальной проверке данного эффекта с использованием методов сканирующей зондовой микроскопии.

**Основная часть**

Исследование динамики квантовой системы в коротковременной области эволюции [7] показывает, что при частых наблюдениях проявляется квантовый эффект Зенона. Если измерения состояния системы выполняются последовательно через интервалы времени  $\tau$ , то вероятность сохранения исходного состояния в течение времени наблюдения  $t$ , обозначаемая как  $W(t)$ , математически описывается соотношением [1]:

$$W(t) \approx \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_z} t\right) \text{ при } \tau \rightarrow 0, \quad (1)$$

где  $\tau_z$  – время Зенона, определяющееся разбросом энергии начального [1] состояния:

$$\tau_z \equiv [\langle \psi_0 | H^2 | \psi_0 \rangle - \langle \psi_0 | H | \psi_0 \rangle^2]^{-1/2}, (2)$$

где  $\Psi_0$  – исходное квантовое состояние,  $H$  – гамильтониан.

В настоящей работе рассматривается возможность использования квантового эффекта Зенона для устойчивого состояния кубита, находящегося в возбужденном состоянии  $|1\rangle$ , и

предотвращения его перехода в основное состояние  $|0\rangle$ . Реализация данного подхода предполагает проведение измерений состояния системы с временным интервалом, значительно меньшим характерного времени декогеренции, что позволяет существенно снизить вероятность перехода между квантовыми состояниями.

Актуальным является анализ возможного влияния квантового эффекта Зенона на корреляционные свойства многокубитных квантовых систем.

Такие системы используются в задачах квантовой криптографии, а также лежат в основе работы ряда квантовых алгоритмов: Дойча–Йожи [8], Гровера [9] и Шора [10].

Состояние кубита  $\Psi$  может быть представлено [11, 12] следующим образом:

$$\psi = \psi_{1/2} Q_{1/2} + \psi_{-1/2} Q_{-1/2}, (3)$$

где  $\Psi_{\pm 1/2}$  – квантовое состояние кубита,  $Q_{\pm 1/2}$  – комплексные числа.

Одна из физических реализаций кубита является структура на основе квантовой точки. Квантовое состояние электрона описывается волновой функцией  $\psi$ , пространственное распределение которой определяет область локализации электрона.

Рассмотрим электрон в сферически-симметричном параболическом потенциале (трёхмерный гармонический осциллятор):

$$U(r) = \frac{1}{2} m_{eff} \omega^2 r^2, (4)$$

где  $m_{eff}$  – эффективная масса электрона,  $\omega$  – циклическая частота осциллятора,  $r$  – радиальная координата в сферической системе координат.

Уравнение Шредингера [13] имеет вид:

$$-\frac{\hbar^2}{2m_{eff}} \nabla^2 \Psi + \frac{1}{2} m_{eff} \omega^2 r^2 \Psi = E \Psi, (5)$$

где  $\nabla^2$  – оператор Лапласа,  $E$  – полная энергия. Для каждого набора квантовых чисел  $(n, l)$  существует точное нормированное решение для волновой функции, которое записывается в виде произведения:

$$\Psi_{nl}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r) Y_l(\theta, \varphi), (6)$$

где  $R_{nl}(r)$  – радиальная волновая функция,  $Y_l(\theta, \varphi)$  – сферическая гармоника, обеспечивающая угловую зависимость.

Для трёхмерного гармонического осциллятора радиальная волновая функция имеет общий вид [14]:

$$R_{nl}(r) \approx \sqrt{\frac{2n!}{\Gamma(n+l+\frac{3}{2})}} \left(\frac{1}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{r}{a}\right)^l L_n^{l+\frac{1}{2}}\left(\frac{r^2}{a^2}\right) e^{-\frac{r^2}{2a^2}}, (7)$$

где  $L_n^{l+\frac{1}{2}}$  – обобщённые полиномы Лагерра [15],  $a = \sqrt{\frac{\hbar}{\omega m_{eff}}}$  – характерная длина осциллятора,  $\Gamma$  – гамма-функция.

Сферические гармоники удовлетворяют условию нормировки:

$$\int |Y_l|^2 d\Omega = 1, (8)$$

где  $d\Omega$  – элемент телесного угла.

Для основного состояния  $|0\rangle$  считаем, что  $n=0$  и  $l=0$ , тогда радиальная волновая функция соответствует следующему выражению:

$$R_{00}(r) \approx \sqrt{\frac{2}{\Gamma(\frac{3}{2})}} \sqrt{\left(\frac{1}{a^3}\right)} L_0^{1/2}\left(\frac{r^2}{a^2}\right) e^{-\frac{r^2}{2a^2}} \approx \sqrt{\frac{4}{\pi^2 a^3}} e^{-\frac{r^2}{2a^2}}, (9)$$

$$\text{где } \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) \approx \frac{\sqrt{\pi}}{2}; L_0^{1/2}\left(\frac{r^2}{a^2}\right) \approx 1.$$

Значение сферической гармоники  $Y_0(\theta, \phi)$  определяется из уравнения (8), тогда:

$$\int |Y_0|^2 d\Omega = |Y_0|^2 \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^\pi \sin \theta d\theta = 1. (10)$$

Из уравнения (10) следует, что величина  $Y_0$  соответствует:

$$Y_0 = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}. (11)$$

Таким образом, для основного состояния волновая функция выглядит следующим образом:

$$\Psi_{00}(r) \approx \sqrt{\frac{4}{\pi^2 a^3}} \frac{1}{\sqrt{4\pi}} e^{-\frac{r^2}{2a^2}} \approx \sqrt{\frac{1}{\pi^2 a^3}} e^{-\frac{r^2}{2a^2}}. (12)$$

Для состояния  $|1\rangle$  считаем,  $n=0$  и  $l=1$ , что соответствует первому возбужденному состоянию, тогда радиальная волновая функция соответствует следующему выражению:

$$R_{01}(r) \approx \sqrt{\frac{2}{\Gamma(\frac{3}{2})}} \sqrt{\left(\frac{1}{a^3}\right)} L_0^{3/2}\left(\frac{r^2}{a^2}\right) e^{-\frac{r^2}{2a^2}} \approx \sqrt{\frac{8}{3\pi^2 a^5}} e^{-\frac{r^2}{2a^2}}, (13)$$

$$\text{где } \Gamma\left(\frac{5}{2}\right) \approx \frac{3\sqrt{\pi}}{4}; L_0^{3/2}\left(\frac{r^2}{a^2}\right) \approx 1.$$

Для состояния  $|1\rangle$  сферическая гармоника имеет вид [15]:

$$Y_1(\theta) = C \cos \theta, (14)$$

где  $C$  – константа.

Из условия нормировки (8), следует что величина  $Y_1$  соответствует:

$$Y_1(\theta) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta. (15)$$

Для состояния  $|1\rangle$  волновая функция выглядит следующим образом:

$$\Psi_{01}(r) \approx \sqrt{\frac{8}{3\pi^2 a^5}} r \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta e^{-\frac{r^2}{2a^2}} \approx \sqrt{\frac{2}{\pi^2 a^5}} r \cos \theta e^{-\frac{r^2}{2a^2}}. (16)$$

Среднее значение квадрата расстояния электрона от центра квантовой точки определяется согласно вероятностной интерпретации волновой функции. Электронная плотность (плотность вероятности) нахождения частицы в точке пространства равна  $|\Psi(r)|^2$ , тогда среднее значение величины  $r^2$  вычисляется по формуле:

$$\langle r^2 \rangle = \int r^2 |\Psi(r)|^2 d^3r, (17)$$

где  $d^3r = r^2 \sin \theta d\phi d\theta dr$  – элемент объёма трёхмерного пространства.

Согласно формуле (17) средний квадрат расстояния для состояния  $|1\rangle$  вычисляется:

$$\langle r^2 \rangle_{|1\rangle} = \int r^2 |\Psi_{01}(r)|^2 d^3r = \int_0^\infty \int_0^\pi \int_0^{2\pi} r^2 |\Psi_{01}(r)|^2 r^2 \sin \theta d\phi d\theta dr. (18)$$

Аналогичный интеграл (18) следует и для состояния  $|0\rangle$ . Введём эффективный радиус  $r_{eff}$  для оценки характерного размера области локализации:

$$r_{eff} = \sqrt{\langle r^2 \rangle}. (19)$$

Таким образом, после решения уравнения (18) и подстановки полученного результата в выражение (19) выражение для эффективного радиуса как для основного, так и для возбужденного состояния выражается:

$$r_{eff(0)} = \sqrt{\frac{3}{2}} a; \quad r_{eff(1)} = \sqrt{\frac{5}{2}} a. (20)$$

Переход электрона из состояния  $|0\rangle$  в  $|1\rangle$  приводит к увеличению пространственного распределения электронной плотности и, соответственно, к росту эффективного радиуса:

$$r_{eff(1)} > r_{eff(0)}. (21)$$

Тогда эффективный диаметр области локализации в основном состоянии  $D_{|0\rangle}$  и в возбужденном состоянии  $D_{|1\rangle}$  определяются как:

$$D_{|0\rangle} \approx 2r_{eff(0)}; \quad D_{|1\rangle} \approx 2r_{eff(1)}. (22)$$

Полученные оценки характерных размеров областей локализации электрона позволяют

перейти к рассмотрению экспериментальных методов, способных регистрировать распределение электронной плотности.

Сканирующая зондовая микроскопия, представляет собой совокупность методов исследования поверхности с использованием зонда, взаимодействующего с образцом на атомном уровне. Одной из наиболее распространённых реализаций данного подхода является сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).

СТМ осуществляет измерения эквипотенциальных поверхностей взаимодействия между острием зонда и исследуемой поверхностью, что позволяет получать высокоточные пространственные карты рельефа поверхности.

Её методы позволяют измерять пространственное распределение электронной плотности через туннельный ток  $I$ :

$$I \propto |\Psi(r)|^2. (23)$$

В результате отношение наблюдаемых диаметров соотносится как:

$$\frac{D_{|1\rangle}}{D_{|0\rangle}} \simeq \frac{r_{eff(1)}}{r_{eff(0)}} \simeq 1,3. (24)$$

Полученное отношение эффективных диаметров может быть использовано в качестве количественной меры влияния квантового эффекта Зенона на устойчивость кубита в состоянии  $|1\rangle$ .

Измерительное воздействие должно быть проективным, при этом не нарушало бы физическую целостность квантовой точки. Это достигается при соблюдении условия:

$$\tau z_{int} (25)$$

где  $\tau_{int}$  – длительность измерительного импульса.

#### Заключительная часть

Рассмотрена динамика двухуровневой квантовой системы, соответствующей кубиту. Получены вероятностные выражения обнаружения системы в квантовых состояниях. Показано, что на малых временах вероятность перехода между состояниями имеет квадратичную зависимость от времени, что является основой для проявления квантового эффекта Зенона.

Полученные результаты позволяют количественно проанализировать влияние частых измерений на вероятность сохранения квантового состояния кубита на основе квантовой точки, а также рассмотреть возможность экспериментального исследования с использованием методов сканирующей зондовой микроскопии.

#### Список литературы

- 1.Sokolovski D., Pons M., Kamalov T. Anomalous Zeno effect for sharply localized atomic states // Phys. Rev. A. 2012. Vol. 86. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.86.022110>
- 2.Халфин Л.А. Феноменологическая теория  $K^0$ -мезонов и неэкспоненциальность закона распада // ЖЭТФ. 1968. Т.8. №2. С.106-109. [Khalfin L.A. Phenomenological theory  $K^0$ -mesons and the non-exponentiality of the decay law // JETP. 1968; 8(2):106-109 (in Russ.).]
- 3.Misra B., Sudarshan E.G.G. The Zeno's paradox in quantum theory // J. Math. Physics. 1977. Vol. 18. P. 756-763. <https://doi.org/10.1063/1.523304>
- 4.Itano W.M., Heinzen D.J., Bollinger J.J., et al. Quantum Zeno effect // Phys. Rev. A. 1991. Vol. 41. P. 2295-2300. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.41.2295>
- 5.Thomas S., Das P., Ganguly S. Quantum Dots Based Nanocomposites. Engineering Materials. Springer. 2024.
- 6.Al-Douri Y. Quantum Dots: Synthesis, Characterization, and Optical Investigations. Institute of Physics. 2024.
- 7.Streed E.W., Mun J., Boyd M., et al. Continuous and Pulsed Quantum Zeno Effect // Phys. Rev. Letters. 2006. Vol. 97. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.97.260402>
- 8.Deutsch D., Jozsa R. Rapid Solution of Problems by Quantum Computation // Proc. A. 1992. Vol. 439. P. 553-558. <https://doi.org/10.1098/rspa.1992.0167>
- 9.Grover L.K. A fast quantum mechanical algorithm for database search // STOC. 1996. P. 212-219. <https://doi.org/10.1145/237814.237866>
- 10.Shor P.W. Polynomial-time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer // SIAM. 1999. Vol. 41. No 2. P. 303-332. <https://doi.org/10.1137/S0097539795293172>
- 11.Ribeiro P., Mosseri R. Entanglement in the Symmetric Sector of n Qubits // Phys. Rev. Letters. 2011. Vol. 106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.106.180502>
- 12.Majorana E. Oriented Atoms in Variable Magnetic Field // II Nuovo Cimento. 1932. Vol. 9. P. 43-50.
- 13.Schrödinger E. Quantisierung als Eigenwertproblem // Annalen der Physik. 1926. Vol. 385. P. 437-490. <https://doi.org/10.1002/andp.19263851302>
- 14.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М. : Гостехиздат. 1948. [Landau L.D., Lifshitz E.M. Quantum Mechanics. Non-Relativistic Theory. Moscow: Gostekhizdat. 1948. (in Russ.).]
- 15.Szego G. Orthogonal Polynomials. American Mathematical Society. 1939.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.056.53:004.7

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ПОТОКАХ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

*Гериханов Д.Т.**Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Россия, г. Грозный*

### INTELLIGENT METHODS FOR ANOMALY DETECTION IN NETWORK TRAFFIC STREAMS

*D.T. Gerikhanov**Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Russia, Grozny*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2253

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается задача обнаружения аномалий в потоках сетевого трафика на основе интеллектуальных методов анализа данных. Актуальность исследования связана с ростом объема сетевых взаимодействий, усложнением структуры трафика и недостаточной эффективностью статических сигнатурных подходов в условиях изменяющихся сетевых сценариев. Цель работы состоит в разработке модели выявления аномальных состояний сетевого трафика, объединяющей статистическое описание потоков, поведенческие признаки и алгоритмы машинного обучения. В работе предложена многоэтапная схема обработки NetFlow- и packet-данных, включающая предварительную фильтрацию, извлечение информативных признаков, построение ансамблевой модели классификации и интегральную оценку риска сетевой аномалии. В качестве основных методов использованы градиентный бустинг, метод случайного леса и алгоритм локального обнаружения выбросов. Представленный подход позволяет повысить точность выявления аномалий, сократить число ложных срабатываний и адаптировать процедуру анализа к изменяющемуся профилю сетевой нагрузки. Практическая значимость статьи определяется возможностью использования предложенной модели в системах мониторинга, в центрах обработки данных и в корпоративных телекоммуникационных инфраструктурах.

#### ABSTRACT

The paper considers the problem of anomaly detection in network traffic streams using intelligent data analysis methods. The relevance of the study is determined by the growth of network interactions, the increasing complexity of traffic structure and the limited efficiency of static signature-based approaches under dynamically changing network scenarios. The purpose of the research is to develop a model for detecting anomalous network traffic states that combines statistical flow description, behavioral features and machine learning algorithms. A multi-stage processing scheme for NetFlow and packet data is proposed, including pre-filtering, informative feature extraction, ensemble classification and integrated anomaly risk estimation. Gradient boosting, random forest and local outlier factor are used as the core analytical methods. The proposed approach improves anomaly detection accuracy, reduces false positives and adapts the analysis procedure to changing traffic profiles. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the model in monitoring systems, data centers and corporate telecommunication infrastructures.

**Ключевые слова:** сетевой трафик, обнаружение аномалий, машинное обучение, телекоммуникации, потоковые данные, кибербезопасность, интеллектуальный анализ.

**Keywords:** network traffic, anomaly detection, machine learning, telecommunications, data streams, cybersecurity, intelligent analysis.

#### Введение

Современные телекоммуникационные и информационные системы формируют непрерывные потоки сетевого трафика, содержащие сведения о взаимодействии пользователей, приложений, сетевых сервисов и аппаратных средств. В условиях цифровой трансформации, роста облачных платформ, систем удаленного доступа и промышленного интернета вещей объем передаваемых данных увеличивается не только количественно, но и качественно: возрастают разнообразие сетевых сценариев, доля зашифрованного трафика, интенсивность

кратковременных всплесков нагрузки и число распределенных взаимодействий. На этом фоне традиционные механизмы контроля, основанные на фиксированных правилах и сигнатурах, перестают быть достаточными для своевременного выявления аномальных состояний.

Под аномалией в потоках сетевого трафика будем понимать такое отклонение параметров сетевого взаимодействия от устойчивого профиля функционирования, которое может свидетельствовать о наличии атаки, сбоя, перегрузки, нештатной активности пользователя, ошибке конфигурации или деградации качества

обслуживания. В отличие от событийного контроля единичных сообщений, анализ потоков требует одновременного учета статистических, временных и поведенческих признаков.

Актуальность исследования определяется необходимостью разработки подходов, способных обнаруживать аномалии в потоковом режиме, адаптироваться к меняющимся характеристикам сетевой среды и обеспечивать приемлемый баланс между полнотой обнаружения и числом ложных срабатываний. Целью статьи является построение модели интеллектуального обнаружения аномалий в потоках сетевого трафика, пригодной для практической реализации в корпоративных и ведомственных системах мониторинга.

### **Цель исследования**

Цель исследования состоит в разработке модели интеллектуального обнаружения аномалий в потоках сетевого трафика на основе интеграции статистических признаков, поведенческого анализа и алгоритмов машинного обучения.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) определить информативные признаки, характеризующие сетевые потоки и их динамику;
- 2) разработать схему предварительной обработки и нормализации данных;
- 3) построить ансамблевую модель классификации аномалий;
- 4) сформировать интегральный показатель риска сетевого отклонения;
- 5) проверить работоспособность подхода на модельной выборке потоков сетевого трафика.

### **Материал и методы исследования**

В качестве материала исследования рассматриваются агрегированные потоки сетевого трафика, представленные в формате NetFlow и дополненные пакетными характеристиками, извлекаемыми из зеркалируемого сетевого сегмента. Каждый поток описывается набором атрибутов: IP-адресами источника и назначения, портами, транспортным протоколом, длительностью соединения, объемом переданных данных, числом пакетов, средним размером пакета, межпакетным интервалом, долей входящего и исходящего трафика, числом неуспешных попыток установления соединения и рядом дополнительных индикаторов.

Предлагаемая модель включает четыре этапа. На первом этапе выполняется фильтрация ошибочных записей, синхронизация временных меток, устранение пропусков и преобразование категориальных полей в числовой формат. На втором этапе производится извлечение признаков. Для каждого потока рассчитываются: коэффициент асимметрии передачи, показатель резкости всплеска, нормированная частота повторных соединений, энтропия распределения портов, коэффициент вариации межпакетных интервалов и доля коротких сессий. На третьем этапе строится ансамбль моделей, включающий градиентный бустинг, случайный лес и алгоритм локального обнаружения выбросов. На четвертом этапе

результаты моделей объединяются в единую оценку риска аномалии.

Интегральная оценка аномального состояния потока определяется выражением:

$$A = 0.4P + 0.35Q + 0.25S,$$

где  $P$  - вероятность аномалии по ансамблевой модели классификации,  $Q$  - показатель отклонения текущего потока от среднесуточного профиля,  $S$  - локальный коэффициент изолированности потока в признаковом пространстве. При  $A \geq 0.65$  поток относится к классу аномальных.

Для оценки качества моделей используются показатели Accuracy, Precision, Recall и F1-score. Важным критерием также является доля ложноположительных срабатываний, поскольку при массовом сетевом мониторинге избыточное число ошибочных тревог существенно снижает применимость метода в реальной эксплуатации.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Экспериментальная проверка модели была проведена на модельной выборке, включающей 120 тыс. сетевых потоков, распределенных по классам «норма», «подозрительная активность» и «аномалия». Нормальный трафик описывал штатные веб-сессии, служебные обмены, обращения к корпоративным сервисам и базовые сетевые сервисы. В аномальный класс были включены сценарии сканирования портов, распределенного обращения к сервисам, нетипично короткие burst-потоки, всплески повторных соединений и аномальные сочетания длительности сессии и объема передачи данных.

Проведенное сравнение показало, что использование отдельного статистического порога по одному признаку обеспечивало полноту обнаружения на уровне 0.71 при ложноположительной доле 0.18. Алгоритм случайного леса дал значение F1-score 0.91, градиентный бустинг - 0.93, а комбинация трех методов в составе предлагаемого ансамбля обеспечила F1-score 0.95 при снижении ложноположительной доли до 0.06. Особенно заметный выигрыш ансамбль показал в случаях, когда аномалия была выражена не резким скачком одного параметра, а совокупным слабым отклонением по нескольким признакам.

Наиболее информативными признаками оказались энтропия распределения портов, коэффициент асимметрии входящего и исходящего трафика, доля коротких сессий и вариативность межпакетных интервалов. Это подтверждает, что для сетевого трафика аномальность определяется не только объемом данных или числом пакетов, но и структурой взаимодействия.

Сравнение результатов показывает, что интеллектуальные методы позволяют перейти от реактивного выявления явных сетевых инцидентов к адаптивному обнаружению скрытых и слабо выраженных аномалий. При этом использование интегральной оценки  $A$  дает возможность не только бинарно разделять потоки на нормальные и аномальные, но и формировать ранжированный список рисков для последующего анализа

оператором или системой автоматизированного реагирования.

Обсуждение результатов позволяет выделить и ограничения подхода. Во-первых, эффективность модели зависит от качества обучающей выборки и полноты описания нормального сетевого поведения. Во-вторых, при резком изменении профиля корпоративного трафика может потребоваться повторная калибровка модели. В-третьих, высокая доля зашифрованного трафика снижает информативность содержательных признаков, что требует смещения акцента на поведенческие и временные характеристики. Тем не менее именно в таких условиях интеллектуальные методы оказываются наиболее востребованными, поскольку классические сигнатурные средства ограничены в возможностях анализа.

#### Выводы (заключение)

Разработана модель интеллектуального обнаружения аномалий в потоках сетевого трафика, объединяющая статистическое описание

потоков, поведенческие признаки и ансамбль алгоритмов машинного обучения. Показано, что комбинированное использование градиентного бустинга, случайного леса и метода локального обнаружения выбросов позволяет повысить точность классификации аномалий и сократить число ложных срабатываний по сравнению с пороговыми и одноалгоритмными схемами.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенного подхода в системах мониторинга корпоративных сетей, в телекоммуникационных узлах, в центрах обработки данных и в распределенных инфраструктурах с высокой интенсивностью сетевого обмена.

Перспективы дальнейших исследований связаны с адаптацией модели к потоковому режиму реального времени, использованием методов онлайн-обучения, а также с включением механизмов объяснимого машинного обучения для интерпретации причин срабатывания системы обнаружения аномалий.

Таблица 1

#### Сравнение результатов методов обнаружения аномалий

Table 1

#### Comparison of anomaly detection methods

Метод	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
Пороговый анализ	0.79	0.68	0.71	0.69
Случайный лес	0.93	0.90	0.92	0.91
Градиентный бустинг	0.95	0.92	0.94	0.93
Предлагаемый ансамбль	0.96	0.95	0.95	0.95

#### Список литературы

1. Ring M., Wunderlich S., Grödl D., Landes D., Hotho A. Flow-based network traffic generation using Generative Adversarial Networks // *Computers & Security*. 2019. Vol. 82. P. 156-172.
2. Aceto G., Ciunzio D., Montieri A., Pescapé A. Mobile encrypted traffic classification using deep learning // *Computer Networks*. 2020. Vol. 179. Art. 107381.
3. Lotfollahi M., Shirali Hossein Z., Saberian M., Khademi M. Deep packet: a novel approach for encrypted traffic classification using deep learning // *Soft Computing*. 2020. Vol. 24. P. 1999-2012.
4. Ferrag M.A., Maglaras L., Ahmim A. et al. Deep learning for cyber security intrusion detection: approaches, datasets, and comparative study // *Journal of Information Security and Applications*. 2020. Vol. 50. Art. 102419.
5. Shapira T., Shavitt Y. FlowPic: Encrypted Internet Traffic Classification is as Easy as Image Recognition // *IEEE INFOCOM 2019 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops*. 2019. P. 680-687.

6. Verkerken M., De Schepper K., van der Hooft J. et al. Classification of encrypted network traffic using machine learning and deep learning // *Computers & Security*. 2022. Vol. 114. Art. 102586.

7. Liu H., Lang B. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey // *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9. № 20. Art. 4396.

8. Riyaz B., Ganapathy S., Kulothungan K., Kannan A. Hybrid intrusion detection for secure network traffic analysis // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2021. Vol. 12. P. 10441-10456.

9. Zhang Y., Wang X., Zhu S. An explainable anomaly detection model for network flow analysis // *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 56721-56734.

10. Ahmad Z., Shahid Khan A., Wai Shiang C. et al. Network intrusion detection system: a systematic study of machine learning and deep learning approaches // *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2021. Vol. 32. № 1. Art. e4150.

---

**ALGORITHM FOR DETERMINING THE ABSOLUTE POSITION OF THE SHAFT OF A MULTI-TURN REDUCER SENSOR**

---

**Pavel Momot***School of Energy and Power Engineering  
Tomsk Polytechnic University  
Tomsk, Russia***Alexander Shilin***School of Energy and Power Engineering  
Tomsk Polytechnic University  
Tomsk, Russia*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2254

**ABSTRACT**

This paper presents and describes an algorithm for unambiguously determining the absolute angular position of the shaft of a multi-turn reduction gear sensor. The relevance of the task is driven by the necessity for high-precision and reliable registration of the total number of revolutions in fields such as robotics, CNC machine tools, aerospace systems, and heavy machinery. The developed algorithm is universal and applicable to various reducer kinematic schemes: with a central gear transmitting rotation directly to several driven gears; and a cascade scheme implementing sequential transmission of rotational torque: from the driving gear to the first driven gear, from the first to the second, and so on down the chain. A mathematical model was derived and presented in the article, describing the relationship between the readings of angle sensors installed on each gear. A key feature of the model is the consideration of integer transformations of the angle and the accounting of hysteresis and backlash in gear tooth engagement. The main complexity overcome by the algorithm lies in resolving the ambiguity arising from the periodic nature of angular positions. To solve this problem effectively and compactly, the method of iterations was successfully applied in the algorithm. Thus, the algorithm allows for the reconstruction of the total number of completed revolutions using only data on the current position of each reducer element.

**Keywords:** position sensors, multi-turn position sensors, encoders, feedback)

In modern highly automated process control systems, the implementation of the feedback principle for the precision positioning of actuators constitutes a fundamental and indispensable component, determining the basic stability and efficiency of the control loop. The specific method employed to implement this positional feedback has a defining influence not only on the quality and accuracy of the control itself, characterized by metrics such as static and dynamic positioning error, but also on the key operational indicators of the entire system. These include overall productivity, energy efficiency, reliability, and fault tolerance of the technological process, as well as, crucially, the level of industrial safety for personnel servicing the equipment. Therefore, the selection of a position sensor is transformed from a purely technical task into a strategic decision impacting the lifecycle and economics of the entire project [1].

To address the task of determining absolute position in devices performing multiple full rotations (multi-turn drives), combined schemes have traditionally been employed. The most common approach, historically established in automation, involves the combined use of an incremental encoder, which registers relative movement by generating pulses, and mechanical or electronic limit switches marking the extreme physical positions [2]. However, this method possesses a significant technological drawback: it is inherently relative and does not allow for establishing the precise absolute position of the actuator directly after system initialization or power restoration. This inevitably necessitates the mandatory execution of a "homing" or "referencing" procedure to establish a zero reference point. This increases the time

to reach operational mode, complicates control algorithms, creates additional mechanical loads, and is unacceptable in systems requiring immediate resumption of operation after a failure.

An alternative solution, which eliminates the need for a

zero-search procedure after every power-up, are multi-turn absolute sensors based on the Wiegand effect or similar magnetic switching principles [3-5]. These are capable of retaining information about the number of revolutions completed without external power by registering magnetic impulses from a permanent magnet. Despite this fundamental advantage, their design necessitates the presence of an autonomous power source, typically a built-in battery, to power the electronic counting circuit and memory. This circumstance creates a systemic vulnerability: the finite service life, degradation under extreme temperatures, or premature discharge of the battery leads to the irretrievable loss of critical position data and, consequently, to the complete failure of the entire positioning unit. This reduces the overall long-term reliability and predictability of the device's operation and necessitates scheduled maintenance.

The most advanced and technically justified solution to this problem appears to be geared multi-turn position sensors (multi-turn absolute encoders with a mechanical gearbox). Their design principle, which combines a direct absolute single-turn sensor (e.g., optical, magnetic, or capacitive) [7-10] with a mechanical gear reducer, allows for the unambiguous determination of the absolute angular shaft position within a very wide measurement range – from several to tens of thousands of full revolutions [11, 12]. The operating algorithm is based on the simultaneous

reading of absolute angles from the output shafts of each gear stage and subsequent position reconstruction. This enables the determination of the total revolution count without the need for calibration procedures after power-up and without dependence on any backup power sources. Such an architecture ensures maximum reliability, enhanced safety, and immediate system readiness for operation at any moment. This makes this type of sensor the preferred choice for demanding and critical applications in industrial automation, robotics, energy, and the aerospace industry.

## II. REVIEW OF SOLUTIONS

The paper [13] presents the architecture and operating principle of an algorithm for determining the absolute angular position of a sensor with an extended measurement range of 64 full revolutions. A key element of the system is a mechanical gearbox with a 1:64 gear ratio integrated into the measurement circuit, allowing it to overcome the limitations of single-turn sensors.

The design involves the use of two single-turn encoders performing different functions. The first (driven) sensor, connected to the gearbox's output shaft, provides high-precision measurement of the absolute angle within one revolution (0–360°). The second (driving) sensor, installed on the input shaft, tracks the integer number of revolutions completed by the first sensor, thereby generating a coarse reading in the range from 0 to 64 revolutions. The joint processing of data from the two sensors, essentially implementing a vernier reading method, allows for the unambiguous calculation of the absolute position within the extended range with high resolution. Furthermore, it is worth noting the mechanical redundancy of the gearbox's measurement circuit, which enhances the reliability of this measuring instrument.

An important technical advantage of the reviewed design is its ability to maintain functionality and speed determination accuracy under high-speed rotation conditions. The algorithm ensures correct speed measurement at rotation frequencies up to 8000 revolutions per minute, making the proposed solution applicable for dynamic control and management tasks in high-speed electromechanical systems. Thus, the combination of mechanical and algorithmic components enables the creation of a system that combines a wide measurement range, unambiguous determination of absolute position, and high operational speed.

The paper [14] examines an algorithm for the unambiguous determination of the number of revolutions completed by a multi-turn position sensor, based on the application of the Chinese Remainder Theorem (CRT) [15]. This method utilizes the readings of absolute angle sensors installed on the shafts of gears in a mechanical gearbox. To illustrate the algorithm's operation, an example of a sensor with a measurement range of up to 4096 revolutions is provided, whose kinematic diagram includes a driving gear with the number of teeth  $z_0 = 9$  and three driven gears with  $z_1 = 31$ ,  $z_2 = 34$ ,  $z_3 = 35$  respectively.

The restoration of the absolute position  $X$  is performed using formula (1):

$$[X] = \text{mod}(s_1 \cdot 15470 + s_2 \cdot 11935 + s_3 \cdot 9486, 36890) \quad (1)$$

Where:

$s_1$  is the reading of the absolute position of the first driven

gear, ranging from 0 to  $z_1 - 1$ ,  $s_2$  is the reading of the absolute position of the second

driven gear, ranging from 0 to  $z_2 - 1$ ,  $s_3$  is the reading of the absolute position of the third driven

gear, ranging from 0 to  $z_3 - 1$ .

The algorithm for calculating the sensor reading coefficients is provided in article [14]. As evident from (1), the reading of each sensor is multiplied by large coefficients that increase with the measurement range of the sensor. Consequently, the measurement error of readings  $s_1$ ,  $s_2$ , and  $s_3$  is also multiplied by this coefficient, which limits the scope of application for this algorithm.

When applying this algorithm to a gearbox with the following configuration: the number of teeth on the driving shaft  $z_0 = 48$ , the number of teeth on the first gear meshing with the driving wheel  $z_1 = 49$ , the second gear  $z_2 = 25$ , and the third gear  $z_3 = 17$ , resulting in a measurement range of 20,825 revolutions, we obtain (2):

$$[X] = \text{mod}(s_0 \cdot 9017225 + s_1 \cdot 25459200 + s_2 \cdot 63934416 + s_3 \cdot 203389200, 99960) \quad (2)$$

As can be seen, the coefficient for  $s_4$  is approximately 203 million. If  $s_4$  takes values from 0 to 16, then at 16 the resulting number will be on the order of 3 billion. The `int32_t` type ranges from -2 147 483 648 to 2 147 483 647. This necessitates the use of `uint32_t`, which ranges from 0 to 4 294 967 295. The enormous error multiplication coefficient will preclude unambiguous position determination. Thus, the direct application of the Chinese Remainder Theorem for sensors with a wide measurement range encounters two fundamental barriers: the exponential amplification of primary measurement errors, rendering the algorithm unstable, the requirement for high-precision arithmetic to process extremely large numbers, which may be inefficient or unacceptable in resource-constrained systems.

These limitations underscore the necessity for developing and employing alternative algorithmic approaches, such as recursive or iterative ambiguity resolution methods. These methods are devoid of the aforementioned drawbacks and offer greater robustness and computational efficiency for the task of determining absolute position in multi-turn sensors.

## III. MATHEMATICAL MODEL

To analyze and investigate the positioning system based on a geared multi-turn sensor, a developed mathematical model is employed, the functional diagram of which is presented in Fig. 1. The model includes a mechanical subsystem (block A1), which represents a kinematic chain comprising a set of gear wheels. Diametrically polarized permanent magnets are mounted on the ends of each wheel's shaft, with all driven wheels meshing with a central driving wheel.

Above the plane of each magnet, an angle position sensor (A2) (AS5600 IC) is located, performing the conversion of the magnetic induction vector into a digital code (12-bit resolution, output value range 0–

4095). The output data, featuring a programmable hysteresis level (which can be disabled or set to 1 or 2 bits), are transmitted to a microprocessor unit (A3) (MPU) for further processing.

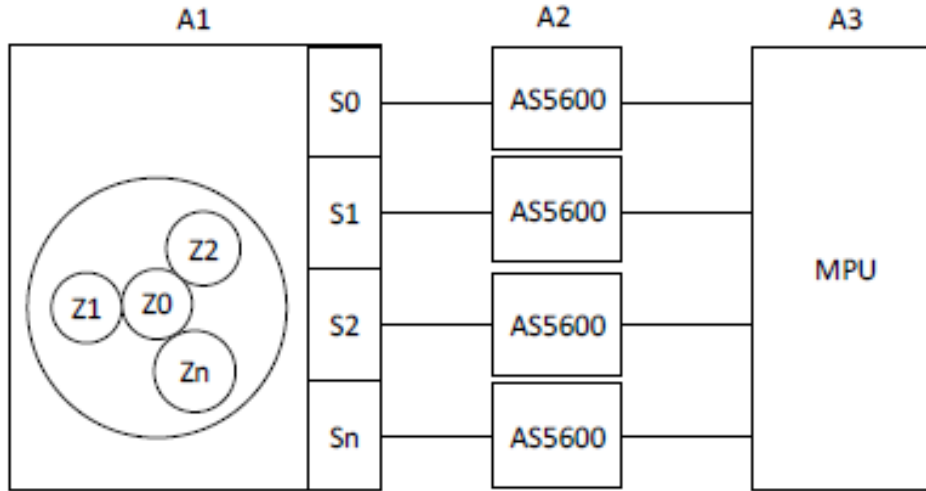


Fig. 1. functional diagram.

The proposed mathematical model possesses the property of scalability and can be extended to an arbitrary number of gear stages. The primary practical limitation for such expansion is the computational resources of the simulating system. Another crucial design parameter is the relationship between the resolution of the magnetic field sensor and the gearbox kinematics.

For the employed AS5600 sensor with a resolution of 4096 steps per revolution (12 bits) and a driving gear with 51 teeth, approximately 80 discrete values correspond to one tooth, ensuring sufficient accuracy for position detection. However, if the number of teeth on the driven gear is increased to, for example, 347, the resolution per tooth decreases to approximately 11 steps. This may prove insufficient for unambiguous

angular position determination in certain applications. An investigation of this compromise between gear ratio and discretization accuracy falls outside the scope of this work.

The mechanical subsystem block is examined in more detail separately. Figure 2 presents an expanded mathematical model describing the transmission of rotation from the driving gear to the driven gears, taking into account backlash in the gear meshing.

The mathematical model of the AS5600 angular position sensor is explored in greater detail in Figure 3 and is described by the dependency of the output signal on the input, considering the specific features of the integrated circuit, such as the conversion of the input signal into an integer value.

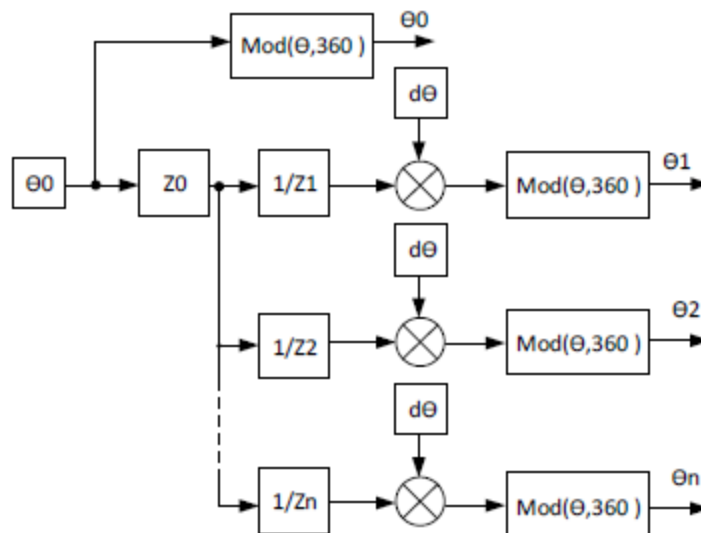


Fig. 2. functional diagram.

Within the mechanical subsystem, the absolute rotation angle of the driving gear serves as the input

signal. This parameter is transformed into a relative angle (within the range of 0° to 360°) for each of the

driven gears, taking into account the respective gear ratios, and is then output from the system.

Furthermore, the model incorporates the parameter  $\Delta\theta$ , characterizing the angular backlash in the gear meshing. The backlash magnitude is defined as the product of the angular tooth pitch and the wear coefficient  $K$  (where  $0 \leq K \leq 1$ ). When  $K = 0$ , the model corresponds to an ideal mechanism without backlash,

while a value of  $K = 1$  models the ultimate wear state where the backlash reaches the magnitude of the angular tooth pitch.

To simulate the inertial motion of the driven gear after the driving gear stops, the value of  $\Delta\theta$  in the model is assigned as a random variable uniformly distributed within the specified range

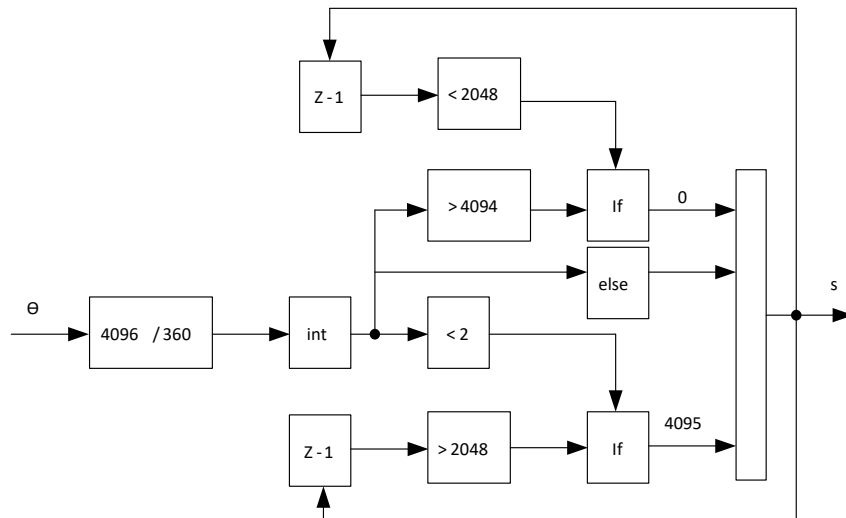


Fig. 3. functional diagram.

The The AS5600 angle sensor module converts the measured angular position of an object in the range of 0 to 360 degrees into a corresponding digital value, represented as a 12bit code (from 0 to 4095 inclusive). This operating principle corresponds to the standard method of analog-to-digital conversion (ADC) with a linear relationship between the input angle and the output digital number.

A significant functional feature of the module is the software implementation of a hysteresis correction. The introduction of hysteresis aims to enhance the stability of the output signal against mechanical shaft jitter or electrical noise near quantization boundaries, especially near the conditional zero crossing point (the boundary between the maximum and minimum values of the scale). However, this mechanism has a side effect, which is a systematic conversion error with a magnitude of  $\pm 1$  Least Significant Bit (LSB). This error manifests when crossing the virtual 0/360-degree boundary and is related to the algorithmic delay in updating the output value.

For the correct operation of the hysteresis algorithm and the detection of zero-crossing events, information about the direction of rotation is required. To this end, the algorithm utilizes a variable  $Z-1$  ( $Z$ -minus-one), which stores the digital angle value obtained in the previous iteration step (measurement cycle). By comparing the current reading with the previous one ( $Z-1$ ), the sign of the angular velocity and, consequently, the direction of rotation (clockwise or counterclockwise) is determined. Based on this direction, the module's decision-making unit applies the corresponding hysteresis threshold logic, enabling

an unambiguous interpretation of the transition across the range boundary.

#### IV. IMPLEMENTATION OF THE SOLUTION

Thus, the microprocessor control unit receives discrete data corresponding to the instantaneous angular positions of each element within the gear train system:  $s_0, s_1, s_2, \dots, s_{(n-1)}$ , where  $n$  denotes the total number of monitored gears. These values, read from the angular position sensors, constitute the initial state vector of the mechanical system within its configuration space.

The computational algorithm implemented in the processor iteratively performs a virtual calibration of the system based on the mathematical model described above. In the first step, the processor records the measured reference value for the position of the driving gear ( $s_0$ ). Then, using the mathematical model, which describes the functional dependency of the positions of all driven gears on the position of the driver, a simulated virtual rotation of this gear by one full revolution is performed.

As a result of this simulation, the processor calculates the predicted (model-based) angular positions for all other gears, denoted as  $s_1^*, s_2^*, \dots, s_{(n-1)}^*$ . The resulting set of predicted values is compared with the actual measured values  $s_1, s_2, \dots, s_{(n-1)}$  via pairwise subtraction or by analyzing the discrepancy (error). If a significant mismatch is observed, for instance(3):

$$|s_1^* - s_1| > \delta \quad (3)$$

where  $\delta$  is the permissible error threshold, then the described procedure is repeated.

The algorithm continues to cyclically perform the operation of virtually rotating the driving gear by an integer number of revolutions, each time generating a new set of predicted values  $s_i^*$ . The iterative process continues until, for each monitored gear  $i$  (where  $i = 1, 2, \dots, (n-1)$ ), the model value  $s_i^*$  matches the actual measured value  $s_i$  within the specified accuracy.

Achieving complete matching of all value pairs indicates that the system has completed as many revolutions as there were iterations. This process thus restores the absolute position value. The algorithm's flowchart is presented in Figure 4.

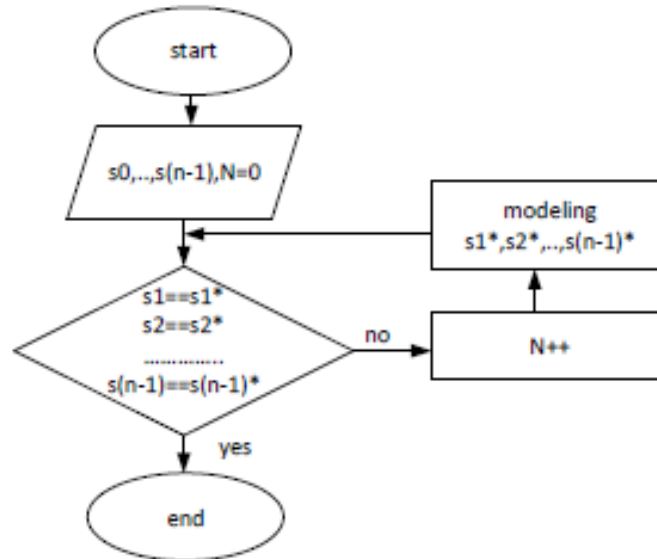


Fig. 4. functional diagram.

The presented basic iterative algorithm, which uses a constant angular step equal to one full revolution of the driving element, possesses a significant drawback in the form of low computational efficiency when operating with multi-stage kinematic chains. To eliminate this limitation, a modification of the method is proposed, based on the principle of adaptively and dynamically changing the magnitude of the virtual angular increment at each search stage. The essence of the improvement lies in transitioning from a monotonous enumeration with a fixed step to a strategy of sequentially increasing the period of the solutions being tested, which drastically reduces the time complexity of the computational procedure.

The formalized description of the modified algorithm consists of the following sequence of operations. After recording the measured value  $s_0$  and executing the first iteration with a basic step of one revolution, the system obtains the first set of calculated values  $s_1^*, s_2^*, \dots, s_{(n-1)}^*$ .

A key distinction from the initial methodology manifests at the stage of analyzing the first mismatch. When the kinematic agreement condition is met for a specific driven gear, the algorithm does not continue the cyclic enumeration with a unit step. Instead, it performs a correction of the mechanism for generating trial solutions itself.

Specifically, upon establishing that the model and measured values for the first driven gear match ( $|s_1^* - s_1| \leq \delta$ , where  $\delta$  is a predetermined permissible error

threshold), the magnitude of the angular step for the driving gear is immediately altered. The new step value is set equal to the number of teeth  $z_1$  divided by the difference in the number of teeth  $(z_1 - z_0)$ . This operation has a profound cybernetic meaning: each subsequent angular increment will be a multiple of the period after which the angular position of the first driven gear repeats under the condition of a rigid kinematic coupling. Thus, all subsequent trial angles will automatically satisfy the matching condition for  $s_1$ , eliminating the need for its repeated verification and focusing computational resources on reconciling the remaining parameters.

The algorithm then proceeds to reconcile the position of the next gear. The rotation of the driving element is now performed with the adapted step. Once the condition  $|s_2^* - s_2| \leq \delta$  is achieved during this iterative procedure, the step is modified again. At this stage, it is increased to a value equal to the product of the number of teeth of the already reconciled stages(4):

$$dN = \frac{z_1}{z_1 - z_0} \cdot \frac{z_2}{z_2 - z_0} \cdot \text{rotations} \quad (4)$$

This ensures that each subsequent candidate solution simultaneously satisfies the kinematic constraints imposed by both the first and second driven gears. The flowchart of the algorithm is presented in Figure 5.

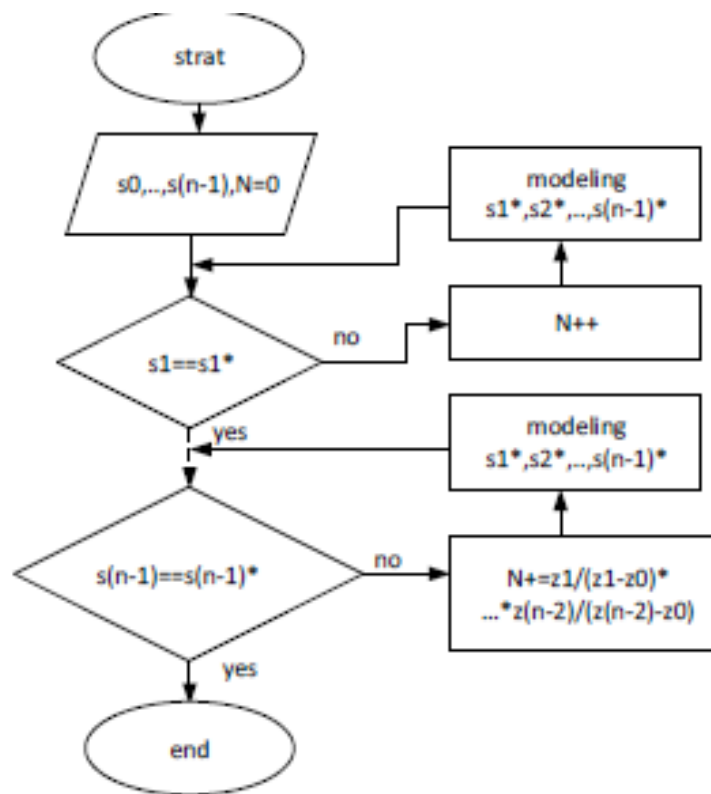


Fig. 5. functional diagram.

Thus, the microprocessor unit is able to unambiguously determine the absolute position of the multi-turn position sensor. The number of iterations required for this process increases with the measurement range and decreases with an increase in the number of gear wheels and a reduction in the tooth count difference between the driving and driven wheels.

#### V. CONCLUSION

The obtained results can be used to implement an algorithm for calculating the absolute shaft position of a geared multiturn sensor, which will allow for the unambiguous determination of the absolute position with high accuracy. The presented algorithm has a drawback related to its iterative method of position determination, namely: as the measurement range increases, the number of iterations required for unambiguous position determination also increases. This makes the algorithm highly efficient in electrical devices and systems where the absolute position needs to be determined only once, typically upon device startup. However, it is insufficiently efficient in critical systems where the precise position of the working element must be known at every moment. These include aviation, automotive, military, and space systems, as well as medical equipment.

#### REFERENCES

- [1] A. Y. Volkov, "On the state and prospects of development of angular displacement measuring instruments," (in Russian), *Probl. Autom. Control*, no. 1(26), pp. 160–168, 2014, [Online]. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26718209>.
- [2] A. M. Dozhdelev, A. Y. Lavrentyev, D. D. Kakorin, and I. P. Tulyaev, "Equipment of CNC

milling machines," (in Russian), *Int. J. Human. Nat. Sci.*, no. 12-2(75), pp. 119–122, 2022, doi: 10.24412/2500-10002022-12-2-119-122.

- [3] E. V. Sokolov, "Possibilities of using Wiegand sensors in automation systems of belt conveyors," (in Russian), in *Proc. XI All-Russian Sci.-*

*Pract. Conf. with Int. Participation "Young Russia,"* Kemerovo, Russia, Apr. 16–19, 2019, p. 10807, [Online]. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41550024>.

- [4] C.-C. Lin, Y.-C. Tseng, and T.-S. Chin, "A review of the self-powered Wiegand sensor and its applications," *Magnetochemistry*, vol. 8, no. 10, p. 128, 2022, doi: 10.3390/magnetochemistry8100128.

- [5] M. A. Khan, J. Sun, B. Li, A. Przybysz, and J. Kosel, "Magnetic sensors—A review and recent technologies," *Eng. Res. Express*, vol. 3, no. 2, p. 022005, 2021, doi: 10.1088/2631-8695/ac0838.

- [6] A. V. Vakhrushev and A. N. Chudinov, "Review of angular velocity and position sensors used in precision electric drives," (in Russian), in *Proc. All-Russian Sci.-Pract. Conf. with Int. Participation "Topical Issues of Energy,"* Omsk, Russia, May 25–26, 2023, pp. 80–89, [Online]. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54122147>.

- [7] T. Feng, W. Chen, J. Qiu, and S. Hao, "A new kind of absolute magnetic encoder," *Sensors*, vol. 21, no. 9, p. 3095, 2021, doi: 10.3390/s21093095.

- [8] I. P. Zaitsev, D. A. Katcai, and S. N. Ryzhov, "Rotary angle sensor for monitoring the position of actuators," *Bull. South Ural State Univ. Ser. Comput. Technol. Autom. Control Radio Electron.*, vol. 25, no. 2, pp. 65–73, 2025, doi: 10.14529/ctcr250206.

- [9] D. Y. Burtseva, "Development of a magnetoelectric position sensor," (in Russian), in *Proc.*

XXVII Sci. Conf. Fac. Grad. Stud. Undergrad. NovSU “Days Sci. Innov. NovSU,” Veliky Novgorod, Russia, Apr. 6–11, 2020, pt. 3, pp. 94–102, doi: 10.34680/978-5-89896-6683/2020.DN-3.14.

[10]H. Nakajima, K. Sumi, and H. Inujima, “High-precision absolute rotary angular measurement by using a multielectrode circular positionsensitive detector,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 59, no. 11, pp. 3041–3048, Nov. 2010, doi: 10.1109/TIM.2010.2047125.

[11]V. B. Davydov, P. M. Momot, and A. O. Smirnov, “Multi-turn position sensor,” (in Russian), RU Patent 229421 U1, Oct. 4, 2024, [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/RU229421U1/ru>.

[12]K. Lee and J. Choi, “Shaft position measurement using dual absolute encoders,” Sens.

Actuators A, Phys., vol. 238, pp. 276–281, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.sna.2015.12.027.

[13]W. Xiong, Y. Ma, and Z. Wang, “Development of two-redundant multiturn absolute encoder based on small modulus reducer,” MATEC Web Conf., vol. 355, p. 02057, 2022, doi: 10.1051/mateconf/202235502057.

[14]V. A. Mozhechkov, “Modular multi-turn reductor angular position sensor,” Meas. Tech., no. 7, pp. 34–38, 2019, doi: 10.32446/03681025it.2019-7-34-38.

[15]C. Ding, D. Pei, and A. Salomaa, Chinese Remainder Theorem: Applications in Computing, Coding, Cryptography. New York, NY, USA: World Scientific, 1996, pp. 1–213, [Online]. Available:

<https://books.google.lt/books?id=RQLtCgAAQB>

A

УДК 621.396.67

---

## DESIGN AND PROOFING OF ULTRA NARROW PULSE GENERATION CIRCUIT FOR SMALL-SIZE UWB RADAR APPLICATIONS

---

**Nguyen Tien Thai,**

*Ph.D, Le Quy Don Technical University,  
Vietnam*

**Vu Son Ha,**

*Ph.D, Hoa Binh University,  
Vietnam*

**Vo Van Toan,**

*MSc student, Le Quy Don Technical University,  
Vietnam*

## РАЗРАБОТКА И ПРОВЕРКА СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРА СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДАРОВ

**Нгуен Тьен Тхай,**

*к.т.н, Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Вьетнам*

**Ву Сон Ха,**

*к.т.н, Университет Хоа Бинь,  
Вьетнам*

**Во Ван Тоан,**

*магистрант, Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Вьетнам*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2026.1.133.2255

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены проектирование и экспериментальное исследование схемы генератора сверхкоротких импульсов, используемой в малогабаритной сверхширокополосной радиолокационной системе. Схема разработана на основе принципа сужения ширины импульса с помощью диодов Шоттки, что позволяет генерировать импульсы с очень малой шириной (менее 1 нс), отвечающие требованиям высокого разрешения в приложениях позиционирования, мониторинга и бесконтактного измерения. Схема смоделирована в программном обеспечении Multisim, а затем результаты сравнены с результатами измерений на разработанной схеме. Для оценки производительности схемы проанализированы параметры ширины импульса, амплитуды и периода повторения. Экспериментальные результаты показывают, что схема генерирует импульсы с достаточно большой амплитудой, малой шириной импульса и стабильным периодом повторения, отвечающие требованиям малогабаритных сверхширокополосных радиолокационных систем, особенно в биомедицинских приложениях и датчиках обнаружения живых организмов.

### ABSTRACT

The paper presents the design and experimentation of an ultra-narrow pulse generator circuit used in a small-sized UWB radar system. The circuit is designed based on the principle of narrowing the pulse width using

Schottky diodes, allowing the generation of pulses with very narrow widths (less than 1 ns), meeting the high resolution requirements in positioning, monitoring and non-contact sensing applications. The circuit is simulated on Multisim software, then compared with the measurement results on the actual circuit. The parameters of pulse width, amplitude and repetition period are analyzed to evaluate the performance of the circuit. The experimental results show that the circuit generates pulses with sufficiently large amplitudes, narrow pulse widths and stable repetition periods, meeting the requirements of small-sized UWB radar systems, especially in biomedical applications and life detection sensors.

**Ключевые слова:** Генератор сверхкоротких импульсов; UWB-радар; биомедицинские датчики.

**Keywords:** Ultra-narrow pulse generator; UWB radar; biomedical sensors.

## 1. INTRODUCTION

The frequency range of 3.1-10.6 GHz and the power spectral density of -41.3 dBm/MHz of low-power UWB radar systems make this technology suitable for use in medical applications. It has no biological side effects and emits non-ionizing radiation (only thermal effects), as well as having good penetration ability through human tissues. These characteristics encourage researchers to propose numerous studies investigating UWB investment in medical applications [1, 2].

In modern medicine, the need for non-contact patient monitoring is becoming increasingly important. Remote heart rate and respiratory monitoring systems, which detect life signs, help reduce reliance on direct contact methods using connecting wires. They also allow for continuous patient monitoring at low production costs, low power consumption, without affecting the patient, and with a simple design [3, 4]. One of the key factors in these systems is the ability to generate picosecond-sized ultranarrow pulses, which are used for accurate and efficient transmission, reception, and processing of biological signals. The requirements for ultrashort pulses are a pulse width ( $\tau$ ) on the order of ps to ns, covering a wide frequency

range [5, 6]. Ultrafast pulses are characterized by short pulse duration, energy optimization, and high temporal resolution. One method for generating ultranarrow pulses proposed in the article is using Schottky diodes.

## 2. DESIGN AND SIMULATION OF AN ULTRA-NARROW PULSE GENERATOR CIRCUIT

The block diagram of the ultra-narrow pulse generator circuit (Figure 1) is based on the idea of narrowing the pulse width of narrow pulses; the diagram consists of four blocks, where the first three blocks generate narrow pulses and the remaining block narrows the pulse width of those narrow pulses. The random signal generator block is designed based on a non-stable multivibrator circuit. The square pulse generator uses inverting logic gates to create the square pulse. The narrow pulse generator takes the square pulse output, passes it through an RC differentiating circuit, and produces a narrow spike. The ultra-narrow pulse generator and amplifier module shortens the pulse width of the narrow pulse signal due to the rapid charging/discharging capability of Schottky diodes; it amplifies the input narrow pulse signal to a sufficiently high output voltage level, ensuring it can be transmitted through space.

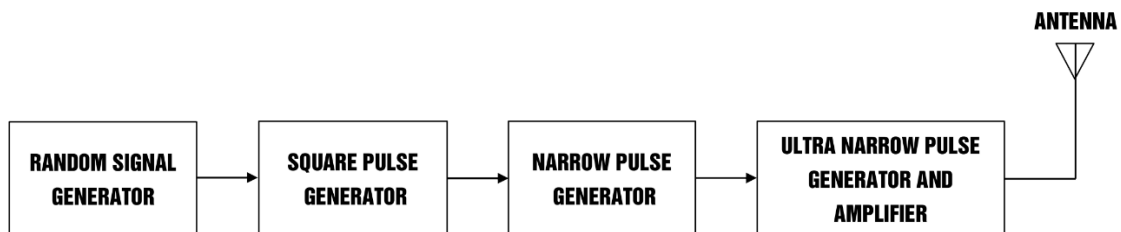


Figure 1. Block diagram of an ultra-narrow pulse generator circuit

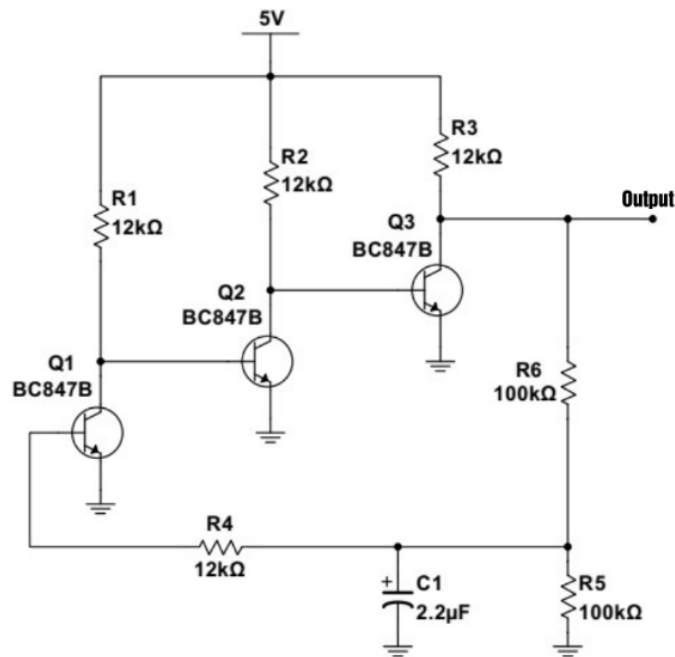


Figure 2. Random signal generator

Random signal generator (Figure 2): This block generates the initial oscillating signal for the circuit, and the output is fed to the square pulse generator block. The three NPN BC847B transistors have fast switching capabilities, making them suitable for high-frequency oscillators. They act as electronic switches, toggling between conducting and non-conducting

states to generate oscillations. Resistors R1, R2, and R3 are voltage-setting resistors; R5 and R6 limit the current for the transistors, helping to stabilize the signal. Capacitor C1 charges and discharges through resistor R4, creating a voltage change to activate the transistors.

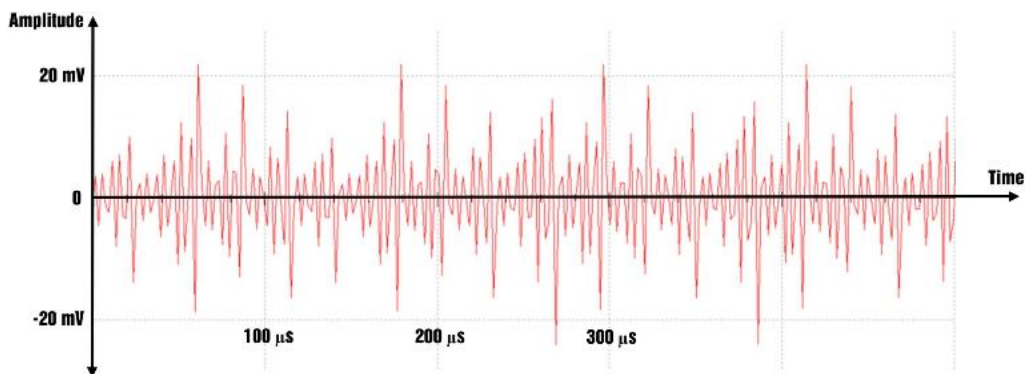


Figure 3. Output waveform simulation results for the random signal generator

Figure 3 describes the simulation results of the measured signal, which has an oscillation amplitude ranging from -23mV to 23mV, shows no periodic

pattern, and resembles a random signal. This signal serves as the initial oscillating signal to be fed into the square pulse generator block.

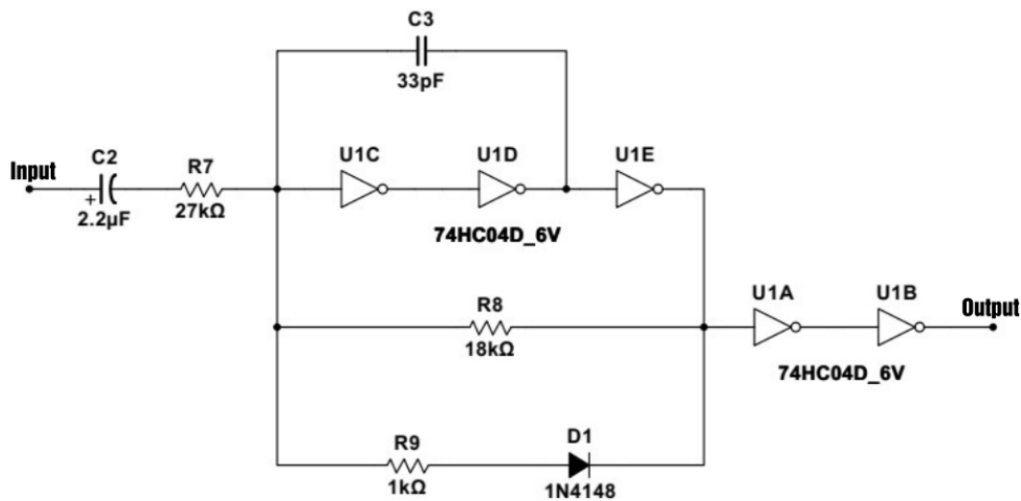


Figure 4. Square pulse generator

Square pulse generator (Figure 4): Generates a stable amplitude and defined repetition period square wave sequence, ensuring the distance parameter for the UWB radar by using IC74HC04D. Capacitor C2 is a cascaded capacitor that is passed through R7 to maintain the DC voltage level; IC74HC04D shapes the input pulse into a square wave using the principle of high-to-low level inversion voltage threshold; capacitor C3 charges and discharges through resistor R8, feeding back to the input to create continuous square wave

oscillation. Resistor R9 and diode 1N4148 (D1) limit reverse voltage, helping to protect the circuit.

Figure 5 describes the output square pulse obtained, with a high-level amplitude of 6V, a low-level amplitude of 0V, and a repetition period of  $T=730\text{ns}$ . This is the result of processing the random oscillating signal from the input through multiple feedback loops and pulse shaping using the IC74HC04D.

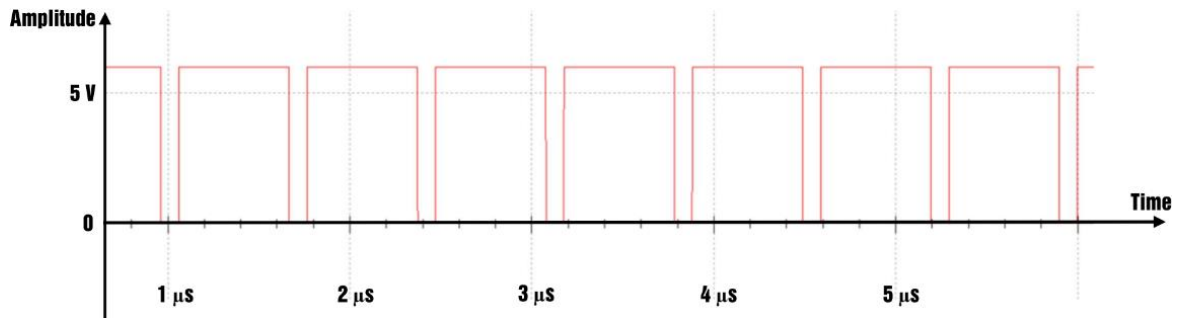
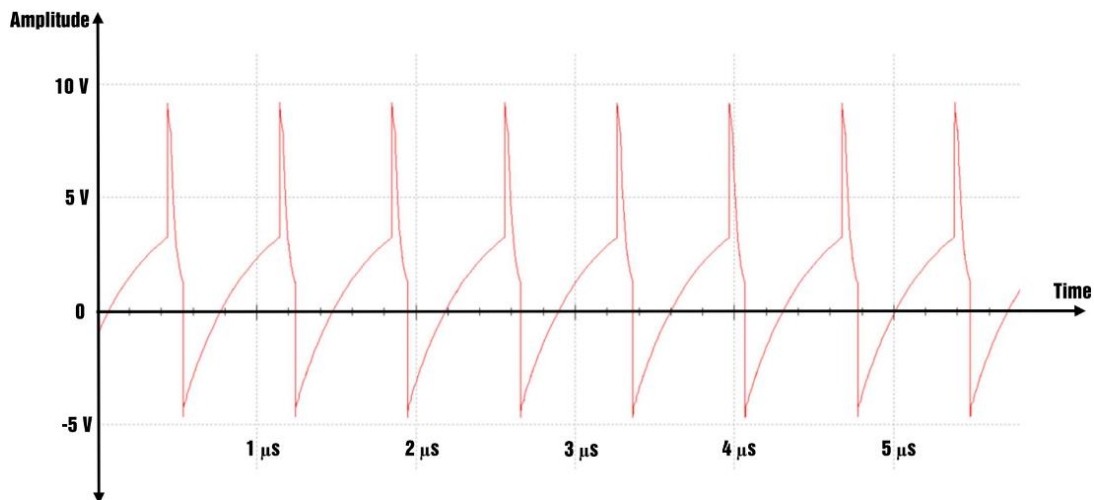


Figure 5. Output waveform simulation results for square pulse generator



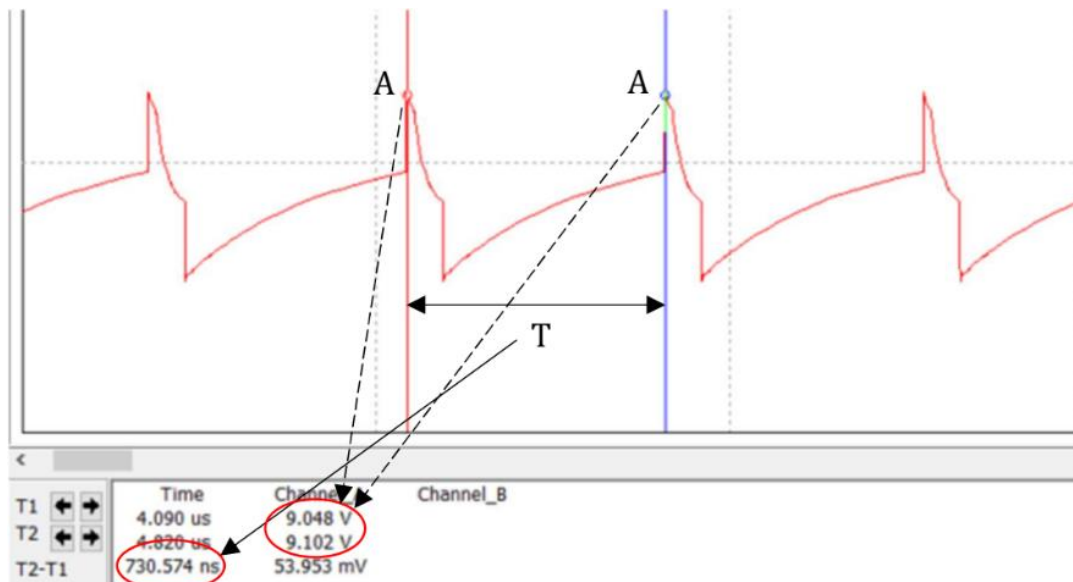


Figure 6. Simulation results of the feedback signal from C3 through R8 to the input

Figure 6 illustrates the waveform of the signal repeatedly fed back to the input of the block for pulse shaping. The signal oscillates periodically with a

repetition period of  $T=730\text{ns}$ , a positive peak amplitude of  $9.1\text{V}$ , and a negative peak amplitude of  $-6.6\text{V}$ .

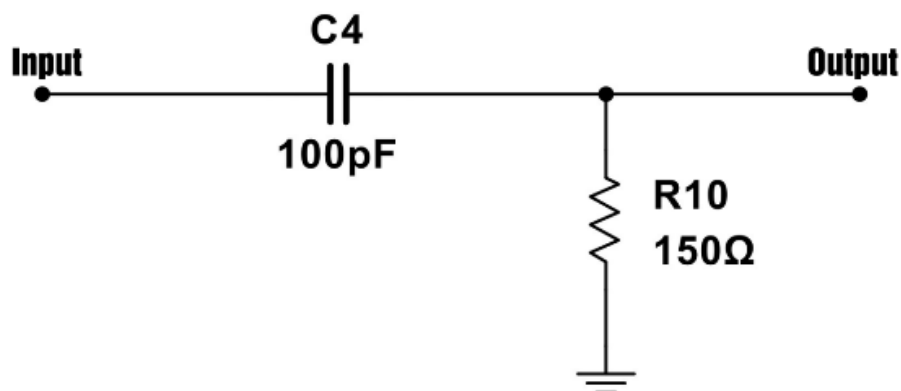
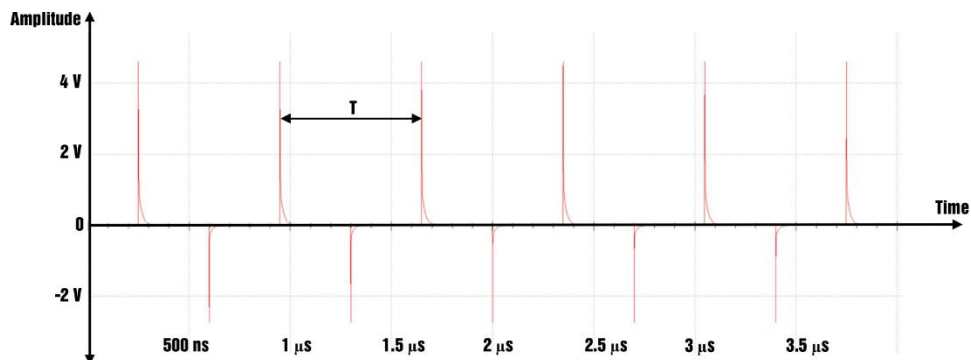


Figure 7. Narrow pulse generator

Narrow pulse generator (Figure 7): This is a passive RC differentiating circuit. Theoretically, when the input is a square pulse, the output is two sharp positive and negative differentiated pulses corresponding to the positions at the rising and falling edges of the square

wave, respectively. The narrow pulse width depends on the RC time constant, and the peak voltage amplitude of the narrow pulse depends on the amplitude of the input square pulse.



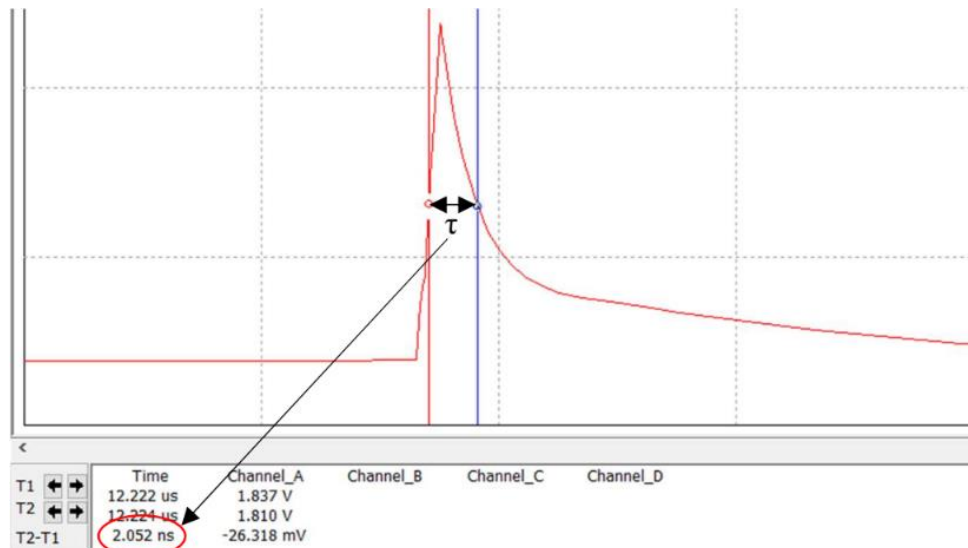


Figure 8. Output waveform simulation results for the narrow pulse generator

Figure 8 describes the simulation results when the input is a square pulse and the output is differential pulses at the rising and falling edges of the square pulse. This is consistent with the theory when a square pulse passes through a differential circuit. The positive narrow pulse has a width of 2.1ns and a positive peak amplitude of 4.5V; the negative narrow pulse has a

width of 1.8ns and a negative peak amplitude of -2.7V; the pulses are repeated cyclically with a repetition period of  $T=730\text{ns}$ ; the distance between the positive and negative pulses is close because the duration between the high and low levels of the square wave when created from passive components is not the same.

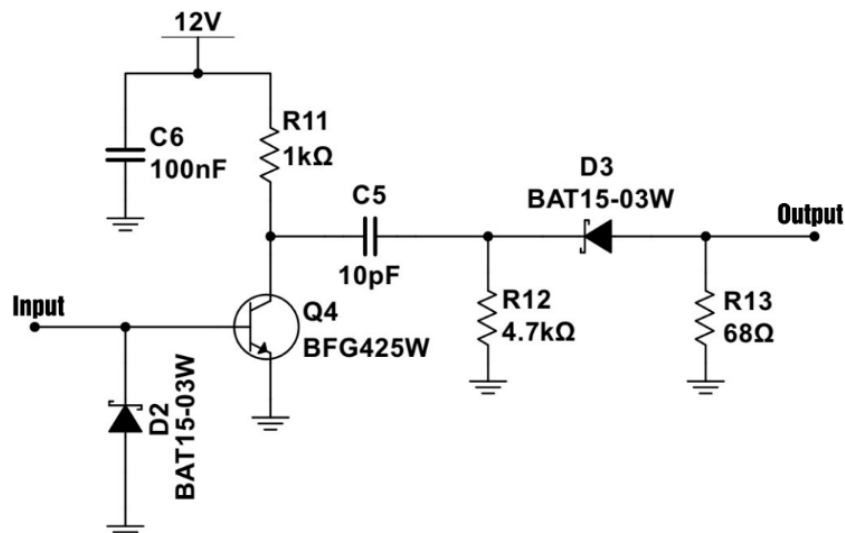


Figure 9. Ultra-narrow pulse generator and amplifier

Ultra-narrow pulse generator and amplifier (Figure 9): narrows the width of the narrow pulses to create ultra-narrow pulses with high accuracy, the common-emitter amplifier circuit has an output polarity opposite to the input, and the voltage is amplified to a sufficiently high level. On the circuit: the BFG425W transistor is an amplifier transistor; diodes D2 and D3 are Schottky diodes BAT15-03W that play a role in

generating ultra-narrow pulses; capacitor C6 filters power supply noise, ensuring a stable power supply voltage for the circuit; capacitor C5 couples the signal between stages; R11 limits the current for Q4; R12 forms the feedback component, shaping the output pulse; R13 takes the voltage through D3 to ensure an output pulse is present.

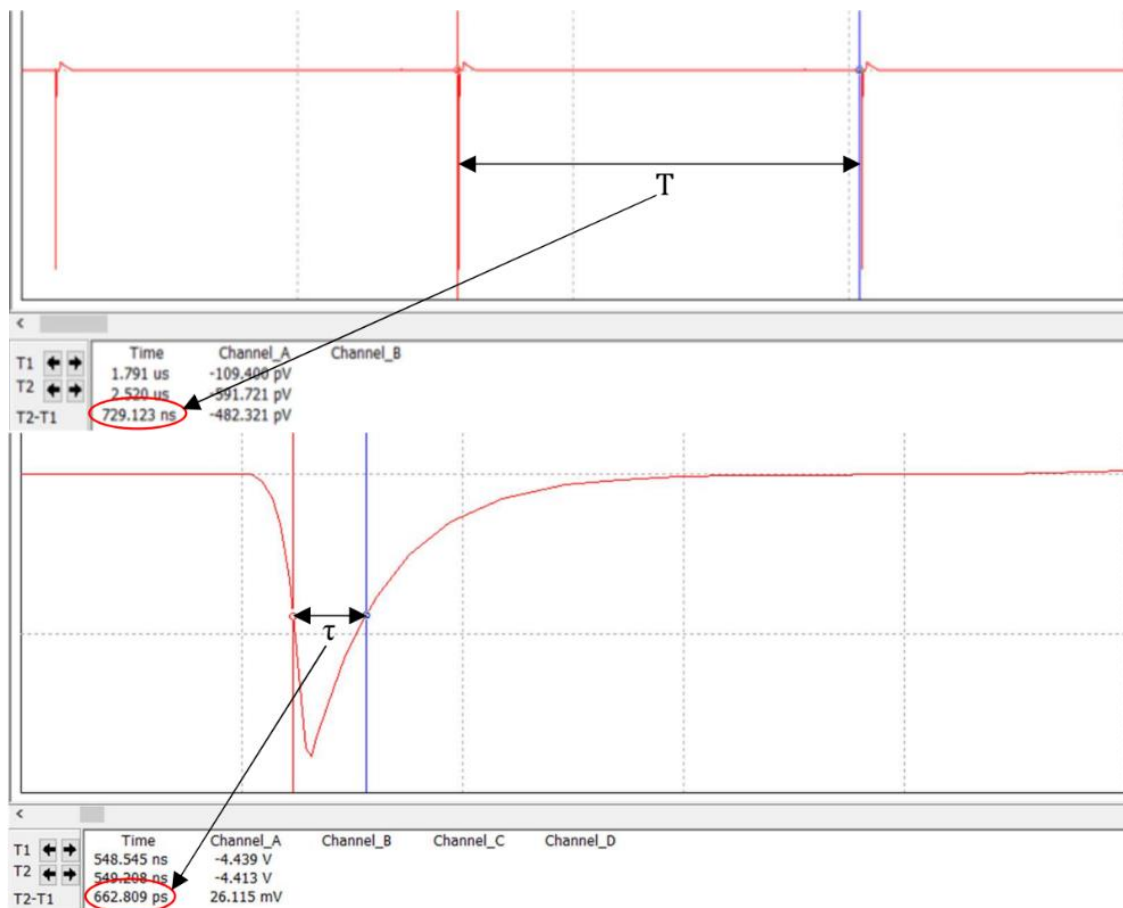


Figure 10. Simulation results of the output waveform of the ultra-narrow pulse generator and amplifier

Figure 10 shows the simulation results of the output of the ultra-narrow pulse generator circuit, with a negative polarity signal, a repetition period of  $T=730$ ns, a pulse width of  $\tau=663$ ps, and a peak pulse amplitude of 8.8V. The Schottky diode shortened the pulse width from 2ns to 663ps due to its fast charging/discharging capability. Use a negative polarity pulse with a large voltage drop to ensure the output amplitude is large. Additionally, the negative pulse, when transmitted through body tissues, experiences less reflection at the outer tissues compared to the positive pulse.

### 3. TESTING THE RESULTS OF THE ACTUAL CIRCUIT DESIGN

Figure 11 illustrates the actual circuit after being designed in Altium Designer software, with Gerber and NC Drill files exported and sent to the manufacturing plant for PCB printing according to the design, to facilitate testing and measurement. Figure 11 shows the actual ultra-narrow pulse generation circuit and check points. Measurements were taken at four points: check point 1 (after R7) to check the signal after the random signal generator; check point 2 (at the head of C4 or after IC74HC04D) to check the square pulse; check point 3 (at the head of D2 or R10) to check the signal after the narrow pulse generator; and check point 4 (at the head of R13) to check the output of the circuit and compare the parameters of the ultra-narrow pulse with the design.

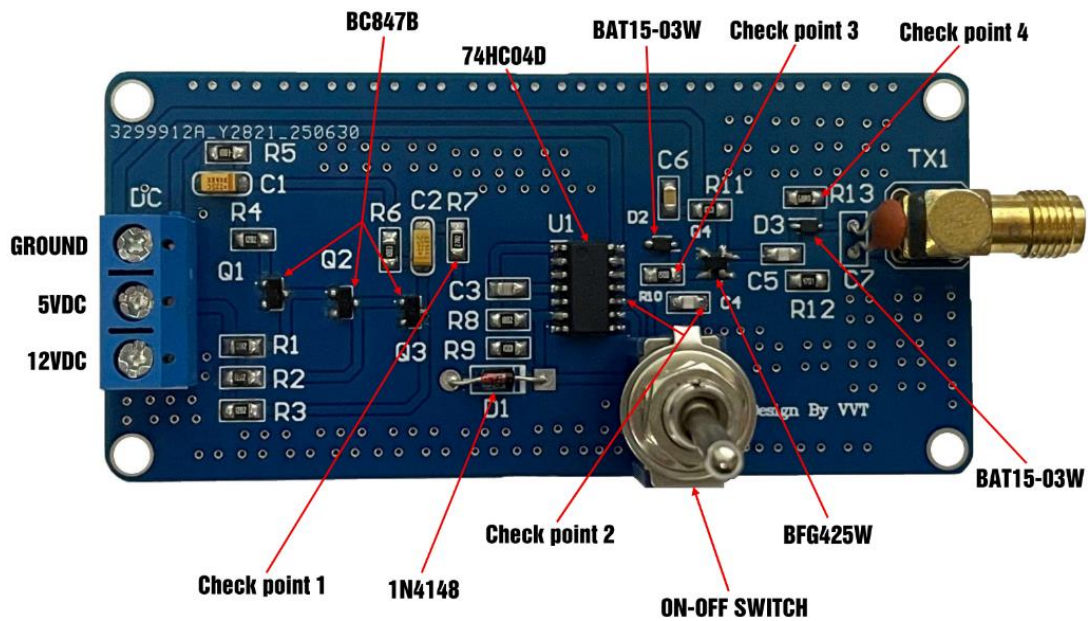


Figure 11. Practical ultra-narrow pulse generator circuit and check points

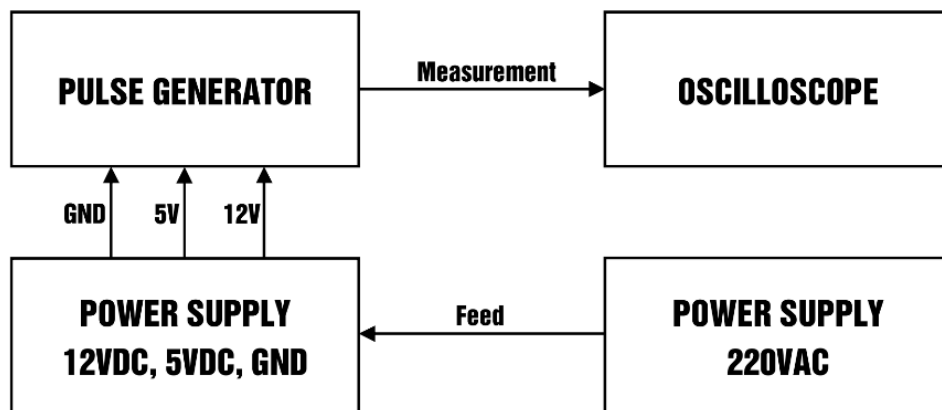


Figure 12. Wiring diagram for actual circuit measurement

The wiring diagram for the measurement circuit (Figure 12) illustrates the process of providing power and testing the output signal of the ultra-narrow pulse generation circuit. The diagram consists of four components: a 220VAC source that supplies power to a voltage converter, which steps down the voltage from 220VAC to two levels: 12VDC and 5VDC. Then, this

power supply provides voltage to the ultra-narrow pulse generation circuit. At that point, there will be a signal at the output of the circuit, and this signal will be measured and tested using the KEYSIGHT DSOX3034T digital oscilloscope (350 MHz; 4 channels; 5 GSa/s) (Figure 13).



Figure 13. KEYSIGHT DSOX3034T Digital Oscilloscope (350 MHz; 4 channels; 5 GSa/s)



Figure 14. The output signal of the block produces a random oscillation signal.

Figure 14 describes the measurement results with a repetition period of  $T=728\text{ns}$  and a peak amplitude of  $5.8\text{V}$ . Comparing the simulated measurement on Multisim software in Figure 6, we see that the

waveform and parameters of the two measurements are very similar, so the actual circuit is consistent with the simulated results.

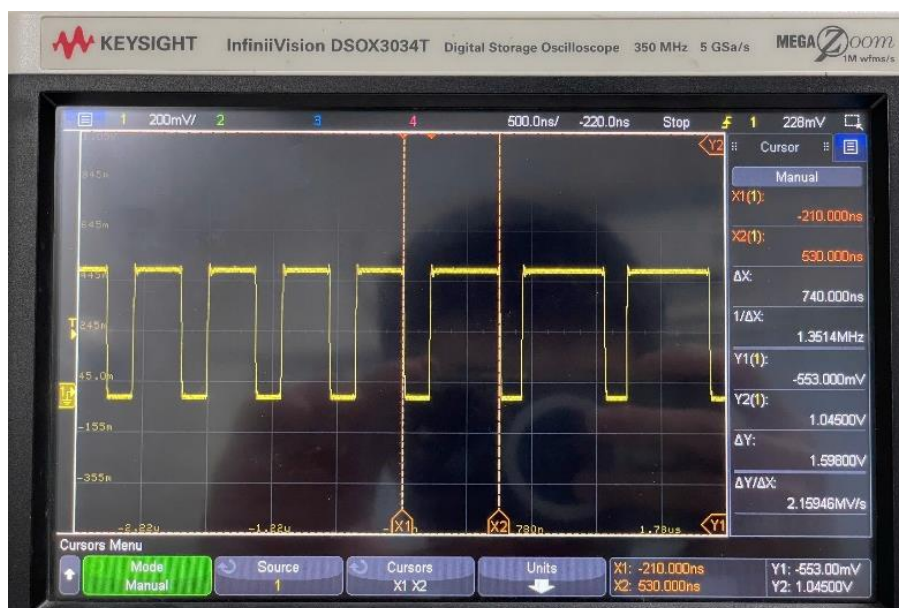


Figure 15. The measured output signal of the block creates a square pulse.

Figure 15 describes the measurement results with a repetition period of  $T=740\text{ns}$ , a high-level amplitude of  $6\text{V}$ , and a low level of  $0\text{V}$ . Comparing the simulated measurement on Multisim software in Figure 5, we see

that the waveform and parameters of the two measurements are relatively equal, so the actual circuit is consistent with the simulated results.



Figure 16. The output signal of the block produces a narrow pulse signal.

Figure 16 shows the measurement results with a repetition period of  $T=738\text{ns}$  and a pulse peak amplitude of  $3.7\text{V}$ . Comparing with the simulation measurement on Multisim software in Figure 8, we see

that the waveform and parameters of the two measurements are very similar, so the actual circuit is consistent with the simulated results.



Figure 17. Output signal results in an ultra-narrow pulse generator and amplifier

Figure 17 shows the measurement results with a repetition period of  $T=729\text{ns}$  and a voltage amplitude of  $2.1\text{V}$ . Comparing the simulation results from Multisim software in Figure 10, we see that the waveform and parameters such as the repetition period of the two measurements are equivalent, while the voltage amplitude in the actual circuit is significantly lower than in the simulation.

The ultra-narrow pulse repetition period (Figure 18) achieved a value of  $678\text{ns}$ , which is lower than the

theoretical value of  $730\text{ns}$  with an error of approximately  $50\text{ns}$ . This discrepancy could come from the oscilloscope, as the signal bandwidth reaches  $1.4\text{GHz}$  while the oscilloscope's bandwidth is  $350\text{MHz}$ . Additionally, environmental factors (temperature, electromagnetic interference) and the accuracy of the measuring equipment also contribute to errors. Despite minor differences, the results are still within acceptable limits, indicating that the circuit design meets the requirements.



Figure 18. The repetition cycle of the ultra-narrow pulse signal sequence



Figure 19. Amplitude of the ultra-narrow pulse signal voltage

The output voltage amplitude of the ultra-narrow pulse generator circuit (Figure 19) is 1.825V, which is much lower than the simulation results, however, the voltage level in the order of Volts is within acceptable

limits. This error can come from the oscilloscope when the signal bandwidth reaches 1.4GHz (corresponding to a pulse width of 663ps), while the oscilloscope's bandwidth is 350MHz.

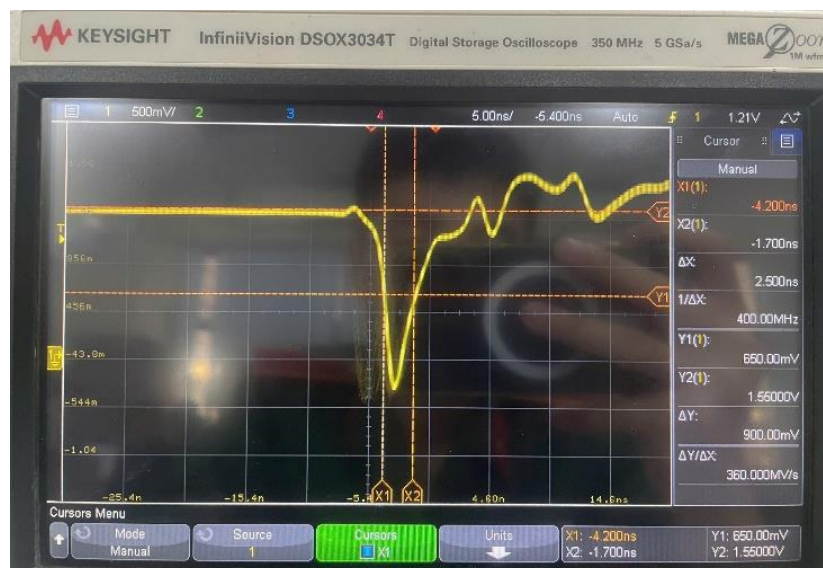


Figure 20. The actual pulse width of the ultra-narrow pulse signal

Figure 20 illustrates the results of the ultra-narrow pulse width measurement at the output on the actual circuit displayed on the digital oscilloscope, with a value of 2.5 ns. Comparing with the results in Figure 10, the simulated ultra-narrow pulse width is smaller than the measured value on the actual circuit. However, the actual pulse width is still within the permissible limit, as 2.5ns is also a small number.

#### 4. CONCLUSION

The paper presented the design, simulation, and testing process of an ultra-wideband pulse generator circuit for small UWB radar applications. The circuit uses a Schottky diode BAT15-03W along with high-speed switching components, all of which are optimized. Both simulation and experimental results show that the generation of ultrashort pulses meets the basic requirements for spectral and temporal characteristics. Comparing the simulation results from Multisim software with the measured signal from the actual circuit shows that the output waveforms have a similar shape, indicating that the design is functioning as expected. However, the pulse width measured in reality is larger than the simulation results, and the measured amplitude is smaller than the simulation results. The reason is the limitation of the oscilloscope's time resolution, with a bandwidth of only 350 MHz, while accurately measuring picosecond-sized pulse widths requires equipment with a resolution of up to several GHz. Despite the presence of measurement errors, the experimental results still confirm the effectiveness of the design, laying the foundation for the development of low-power, small-size UWB transmitters for non-contact medical monitoring or life detection in complex environments.

#### REFERENCES

- [1]. A. Habeeb Alghanimi, 2021. Medical Application of Ultra-Wideband Technology, Innovations in Ultra-Wideband Technologies. IntechOpen, doi: 10.5772/intechopen.93577
- [2]. E. M. Staderini, 2002. UWB radars in medicine. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 17, no. 1, 13-18, doi: 10.1109/62.978359
- [3]. Staderini EM, Varotto G, 2007. Optimization criteria in the design of medical UWB radars in compliance with the regulatory masks. IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference. 2007. 53-58
- [4]. Lazaro, A. M., Girbau, D., & Villarino, R., 2010. Analysis of vital signs monitoring using an ir-uwband radar. Progress in Electromagnetics Research-Pier, 100, 265-284, doi.org/10.2528/PIER09120302
- [5]. Elmissaoui, T., 2010. New Radar system in medicine. 18th European Signal Processing Conference, doi: 10.5281/ZENODO.41977
- [6]. Christine N. Paulson, John T. Chang, Carlos E. Romero, Joseph Watson M.D., Fred J. Pearce, Nathan Levin M.D., 2005. Ultra-wideband radar methods and techniques of medical sensing and imaging. Proc. SPIE 6007, Smart Medical and Biomedical Sensor Technology III, 60070L; doi.org/10.1117/12.630004

# Евразийский Союз Ученых.

## Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал

№ 2 (133)/2026 Том 1

### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

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

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

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

**Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

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

**Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

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

**Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

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

**Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

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

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

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

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

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

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