



СБОРНИК НАУЧНЫХ
СТАТЕЙ

Выпуск XVII



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"
Институт радиотехнических систем и управления

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
СИСТЕМОТЕХНИКИ
СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Выпуск XVII

Таганрог
2023

УДК 681.51(06)

Редакционная коллегия:
Лобач В.Т., Корниенко В.Т. (отв. редактор)

Коллектив авторов: Проблемы современной системотехники – сборник научных статей. – Таганрог: Изд-ль ИП Ступин С.А, 2023. – 152 с.

ISBN 978-5-6048755-8-2

Сборник содержит статьи молодых ученых, аспирантов, студентов и их руководителей по вопросам системотехники, дистанционного радиомониторинга, радиолокации и радионавигации, радиоэлектронной разведки и радиопротиводействия, комплексных систем охраны и безопасности объектов. Рассмотрены принципы построения и использования информационных систем и программного обеспечения в моделировании, разработке и эксплуатации радиосистем, представлены результаты практической реализации электроэнергетических, мехатронных и робототехнических систем.

За подбор и точность приведенных фактов, цитат и других данных, не подлежащих открытой публикации, авторы опубликованных материалов несут самостоятельную ответственность. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике с учетом авторской правки, проверены системой «Антиплагиат» пакета «Антиплагиат.ВУЗ». Большая часть статей имеет высокий уровень оригинальности (выше 60%), и лишь десять процентов статей имеют оригинальность ниже 50% с учетом заимствования из персональных авторских источников.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

ISBN 978-5-6048755-8-2

УДК 681.51(06)
© Коллектив авторов, 2023

УДК 621.396.98

КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Дятлов П. А.

Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, Таганрог

При осуществлении радиоконтроля путем проведения радиомониторинга источников радиоизлучений одной из предварительных проблем, решение которой необходимо для обеспечения перехвата и вскрытия структуры радиоизлучений РТС, использующих фазоманипулированные сигналы, является потребность быстрого анализа спектрального состава фазоманипулированных сигналов с привязкой к текущему моменту времени. В качестве возможного решения этой проблемы наиболее популярен спектральный анализ, для реализации которого используются цифровые спектроанализаторы. Однако такой подход имеет несколько проблем, во-первых, отсутствие априорной информации о параметрах фазоманипулированных сигналов приводит к вариациям различных параметров цифровых спектроанализаторов, во-вторых, сложность реализации параллельных цифровых спектроанализаторов, и, в-третьих, недостаточное быстродействие у последовательно-параллельных цифровых спектроанализаторов.

Данная работа посвящена обсуждению возможного решения вышеуказанных проблем на основе применения автокорреляционного классификатора спектральных составляющих фазоманипулированных сигналов. В работе рассматриваются структура и алгоритмы автокорреляционного классификатора спектральных составляющих фазоманипулированных сигналов с двухпозиционной манипуляцией, иначе, бинарных фазоманипулированных сигналов (БФМС).

Модель фазоманипулированных сигналов может быть записана в виде

$$u_s(t) = U_m \Pi[t - \tau(t)] \cos[\omega_s t + \varphi_s],$$

где U_m – амплитуда сигнала; ω_s – циклическая частота; φ_s – начальная фаза фазоманипулированного сигнала; $\Pi[t - \tau(t)]$ – функция манипуляции фазоманипулированного сигнала, определяемая как

$$\Pi[t - \tau(t)] = \sum_{k=0}^{L-1} \alpha_k \text{rect}[t - kT_э - \tau(t)],$$

$$\text{где } \alpha_k \in [-1, 1], \quad \text{rect}[t - kT_э] = \begin{cases} 1 & \text{при } kT_э \leq t \leq (k+1)T_э \\ 0 & \text{при } kT_э > t > (k+1)T_э \end{cases}$$

временное окно единичной амплитуды и фиксированной длительностью $T_э$; обеспечивают реализацию строго определенной временной структуры передаваемой информации.

Поскольку скачки фазы для манипуляции БФМС равны π и вероятность появления в манипулирующей последовательности символов, соответствующих кодируемой «единице» равно $1/2$, спектр БФМС содержит

только непрерывной составляющей. Однако, если учесть наличие переходные процессы, происходящих в линейных трактах приемников, присутствие квазидетерминированных последовательностей во псевдослучайных последовательностях, а также принять во внимание, что скачок фазы не всегда равен π , а вероятность присутствия «единиц» в полезном сигнале не всегда равна $\frac{1}{2}$, то в спектре БФМС кроме непрерывных компонент, появляются и дискретные. Таким образом, поскольку в реальных БФМС используются манипулирующие функции в виде сочетаний как детерминированных, так и случайных отрезков, то это приводит к многокомпонентности и нестационарности спектра БФМС.

С учетом вышеуказанных аспектов в данной работе мощность дискретных составляющих спектра БФМС значительно превышает мощность непрерывной составляющей, как минимум в десять раз. Это позволит влиянием внутренних шумов на достоверность классификации состава спектра БФМС пренебречь.

Наибольший интерес при этом представляют ситуации, когда спектр БФМС определяется

а) дискретной составляющей на частоте f_s

$$G_1(f) = \frac{U_m^2}{2} \delta[f - f_s],$$

б) двумя дискретными составляющими на частотах $f_s \pm i \frac{\pi}{2T_3}$

$$G_2(f) = \frac{U_m^2}{4} \left\{ \delta \left[f - f_s + \frac{1}{2T_3} \right] + \delta \left[f - f_s - \frac{1}{2T_3} \right] \right\},$$

в) непрерывной составляющей, сосредоточенной вокруг f_s

$$G_3(f) = \frac{U_m^2}{2} T_3 \sin^2 c^2 [\pi(f - f_s)T_3].$$

Автокорреляционные функции для сигналов, соответствующих приведенным выше случаям, имеют следующий вид:

$$R_1(\tau) = \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{|\tau|}{T_1} \right) \cos[\omega_s \tau], \text{ при } 0 \leq \tau \leq \tau_m, \tau_m \leq 0,5T_1,$$

$$R_2(\tau) = \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{2\tau}{T_3} \right) \cdot (-1)^i \left(1 - \frac{|\tau|}{T_2} \right) \cos[\omega_s \tau],$$

$$\text{при } (i-1)T_3 \leq \tau \leq iT_3, \tau_{m2} \leq 0,5T_2, i = \text{ent} \left[\frac{\tau_{m2}}{T_3} \right],$$

$$R_3(\tau) = \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{|\tau|}{T_3} \right) \left(1 - \frac{|\tau|}{T_3} \right) \cos[\omega_s \tau], \text{ при } 0 \leq \tau \leq T_3,$$

где $R_1(\tau)$, $R_2(\tau)$, $R_3(\tau)$ – автокорреляционные функции для рассматриваемых ситуаций; T_1 , T_2 , T_3 – длительность временных интервалов, соответствующих 1, 2, 3 ситуациям; τ_m – максимальный используемый временной сдвиг τ ; $\text{ent}[x]$ – функция, возвращающая целую часть числа x .

Сравнительный анализ автокорреляционных функций $R_i(\tau) = \frac{U_m^2}{2} r_i(\tau) \cos[\omega_s \tau]$ свидетельствует о наличии отличительных особенностей в огибающей коэффициентов автокорреляции $r_i(\tau)$, которые показаны на рис. 1.

Стоит отметить, что если доступна априорная информация длительности элемента БФМС, то для классификации спектральных составляющих спектра

БФМС можно в качестве информативных признаков использовать наборы ординат коэффициентов автокорреляции $r_i(\tau)$ при фиксированных значениях $\tau \in \left[0, \frac{T_3}{2}, \dots, (m-1)\frac{T_3}{2}\right]$ при $m \in \left[1, \text{ent}\left(\frac{2\tau_m}{T_3}\right)\right]$.

Структурная схема автокорреляционного классификатора, использующего вышеуказанные информативные признаки, приведена на рис. 2, где \approx – полосовой фильтр, АКО₁, АКО₂, ..., АКО_m – автокорреляторы с квадратурной обработкой; Упр – устройство управления; РУ – решающее устройство; Н₁, Н₂ – гипотезы о наличии дискретных составляющих в спектре БФМС; Н₃ – гипотеза о приеме непрерывной составляющей спектра $G_3(f)$.

АКО находят широкое применение не только для задач классификации, но также для обнаружения и оценивания как энергетических, так и неэнергетических параметров сигналов различных типов [3, 4].

На структуре АКО приведенной на рис. 3 дополнительно к обозначениям рис. 2 используются следующие обозначения: $\overset{\phi}{90^\circ}$ – фазовращатель на $\pi/2$; $\overline{\Delta t}$ – линия задержки (ЛЗ); \times – перемножитель; \approx – фильтр нижних частот (ФНЧ); $(\bullet)^2$ – квадратор, Σ – сумматор; $\sqrt{}$ – устройство извлечения квадратного корня; \div – делитель; ФП – функциональный преобразователь; УКО – устройство с квадратурной обработкой; РУ₁-РУ₄ – решающие устройства.

Принцип работы АКО основан на вычислении квадратурных корреляционных интегралов $U_y(t, \tau)$ и $U_{y\perp}(t, \tau)$ с последующей обработкой в УКО и РУ [3]

$$U_y(t, \tau) = \int_0^\infty h_\phi(t - \tau) y(t) y(t - \tau) dt; \quad U_{y\perp}(t, \tau) = \int_0^\infty h_\phi(t - \tau) y_\perp(t) y(t - \tau) dt;$$

$$h_\phi(t) = 2\Delta f_\phi \text{sinc}(\pi\Delta f_\phi t); \quad \Delta f_\phi \gg F_M; \quad U_A(t, \tau) = \sqrt{U_y^2(t, \tau) + U_{y\perp}^2(t, \tau)};$$

$$M_1[U_A(t, \tau)] = \frac{1}{T} \int_0^T U_A(t, \tau) dt; \quad M_2[U_A(t, \tau)] = \frac{1}{T} \int_0^T U_A^2(t, \tau) dt;$$

$$\sigma^2[U_A(t, \tau)] = M_2[U_A(t, \tau)] - M_1^2[U_A(t, \tau)];$$

$$U_f(t, \tau) = \frac{1}{2\pi\tau} \text{arctg} \left(\frac{U_y(t, \tau)}{U_{y\perp}(t, \tau)} \right);$$

$$M_1[U_f(t, \tau)] = \frac{1}{T} \int_0^T U_f(t, \tau) dt; \quad M_2[U_f(t, \tau)] = \frac{1}{T} \int_0^T U_f^2(t, \tau) dt;$$

$$\sigma^2[U_f(t, \tau)] = M_2[U_f(t, \tau)] - M_1^2[U_f(t, \tau)],$$

где τ – временной сдвиг, вносимый ЛЗ; $y_\perp(t)$ – квадратурная составляющая процесса $y(t)$; $U_A(t, \tau)$ – эффект, несущий информацию об огибающей сигнала; $U_f(t, \tau)$ – эффект, несущий информацию о законе изменения частоты сигнала; $h_\phi(t)$ – импульсная характеристика ФНЧ в квадратурных каналах АКО; Δf_ϕ – полоса пропускания ФНЧ; F_M – максимальное значение модулирующей частоты при приеме сигналов с

амплитудной или частотной модуляцией; $M_1[U_A(t, \tau)]$, $M_1[U_f(t, \tau)]$ – первый центральный момент напряжений $U_A(t, \tau)$ и $U_f(t, \tau)$; $M_1^2[U_A(t, \tau)]$, $M_1^2[U_f(t, \tau)]$ – второй центральный момент напряжений $U_A(t, \tau)$, $U_f(t, \tau)$; $\sigma^2[U_A(t, \tau)]$, $\sigma^2[U_f(t, \tau)]$ – дисперсия напряжений $U_A(t, \tau)$, $U_f(t, \tau)$.

В рамках данной работы в качестве выходного эффекта используется напряжение $M_1[U_A(t, \tau)]$. Напряжение $M_1[U_A(t, \tau)]$ соответствует ординате корреляционной функции $R(\tau_m)$, а набор отсчетов образует выходную статистику $\{R_i(\tau_1), R_i(\tau_2), \dots, R_i(\tau_m)\}$, в результате обработки которой в РУ принимается одна из гипотез $\{H_1, H_2, H_3\}$. Необходимо предварительно отметить, что в результате обработки в АКО выражения для напряжения $M_1[U_A(t, \tau)]$ для каждого из перечисленных выше случаев будут принимать следующий вид [3]:

$$\begin{aligned} \hat{R}_1(\tau) &= \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{|\tau|}{T_1}\right), \text{ при } 0 \leq \tau \leq \tau_m, \\ \hat{R}_2(\tau) &= \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{|\tau|}{T_2}\right) \left|1 - \frac{2|\tau|}{T_3}\right|, \text{ при } (i-1)T_3 \leq \tau \leq iT_3, \\ \hat{R}_3(\tau) &= \frac{U_m^2}{2} \left(1 - \frac{|\tau|}{T_3}\right) \left(1 - \frac{|\tau|}{T_3}\right), \text{ при } 0 \leq \tau \leq T_3, \end{aligned}$$

где $\hat{R}_1(\tau)$, $\hat{R}_2(\tau)$, $\hat{R}_3(\tau)$ – оценки огибающих автокорреляционных функций $R_1(\tau)$, $R_2(\tau)$, $R_3(\tau)$.

Для повышения эффективности автокорреляционного классификатора необходимо с помощью УУ осуществлять установкой в каналах АКО следующих параметров системы:

- а) величины временного сдвига, вносимого ЛЗ из условия $\tau_m = (m-1)\frac{T_3}{2}$, где \hat{T}_3 – оценка длительности символа БФМС;
- б) постоянной интегрирования ФНЧ из условий $T \leq T_i, i \in [1, 2, 3]$.

В качестве примера приведем алгоритмы классификации, основанные на пороговых процедурах и при этом обеспечивающие принятие следующих гипотез:

$$\begin{aligned} H_1: & \left\{ R_1(0) > U_{\text{пор1}}, R_1\left(\frac{T_3}{2}\right) > U_{\text{пор1}}, \dots, R_1\left(\frac{(m-1)T_3}{2}\right) > U_{\text{пор1}} \right\}; \\ H_2: & \left\{ \begin{aligned} & R_2(0) > U_{\text{пор1}}, R_2(T_3) > U_{\text{пор1}}, \dots, R_2\left(\frac{mT_3}{2}\right) > U_{\text{пор1}} \\ & R_2\left(\frac{T_3}{2}\right) < U_{\text{пор2}}, R_2\left(\frac{3T_3}{2}\right) < U_{\text{пор2}}, \dots, R_2\left(\frac{mT_3}{4}\right) < U_{\text{пор2}} \end{aligned} \right\}; \\ H_3: & \left\{ \begin{aligned} & R_3(0) > U_{\text{пор1}}, R_3\left(\frac{T_3}{2}\right) > U_{\text{пор2}}, \dots, \frac{R_3(0)}{R_3\left(\frac{T_3}{2}\right)} \rightarrow 2 \\ & R_3(\geq T_3) \leq U_{\text{пор2}} \end{aligned} \right\}, \end{aligned}$$

где $U_{\text{пор1}}$, $U_{\text{пор2}}$ – пороговые напряжения.

При реализации алгоритмов классификации в автокорреляционном классификаторе возможно использование различных подходов, например, использование пороговых процедур, мажоритарных алгоритмов, статистического усреднения и обработки по методу наименьших квадратов.

Предметом дальнейших исследований является оценка результативности алгоритмов классификации, используемых разные статистические концепции.

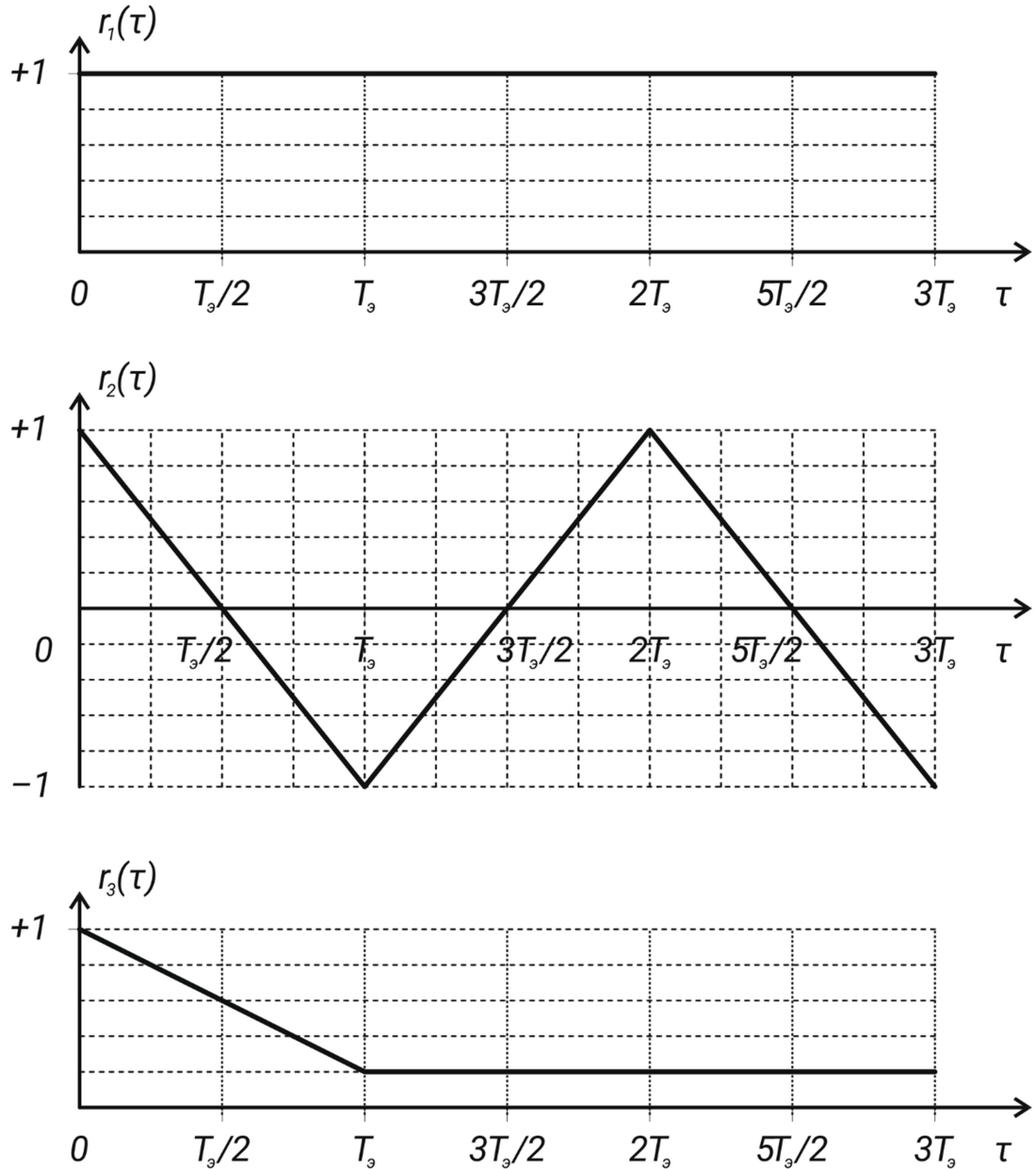


Рис. 1. Временные эпюры огибающей коэффициентов автокорреляции $r_i(\tau)$

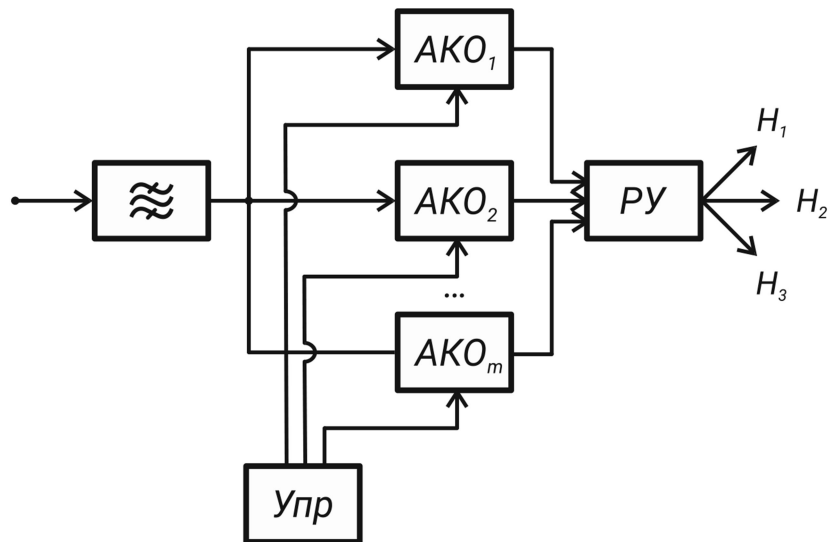


Рис. 2. Структура автокорреляционного классификатора

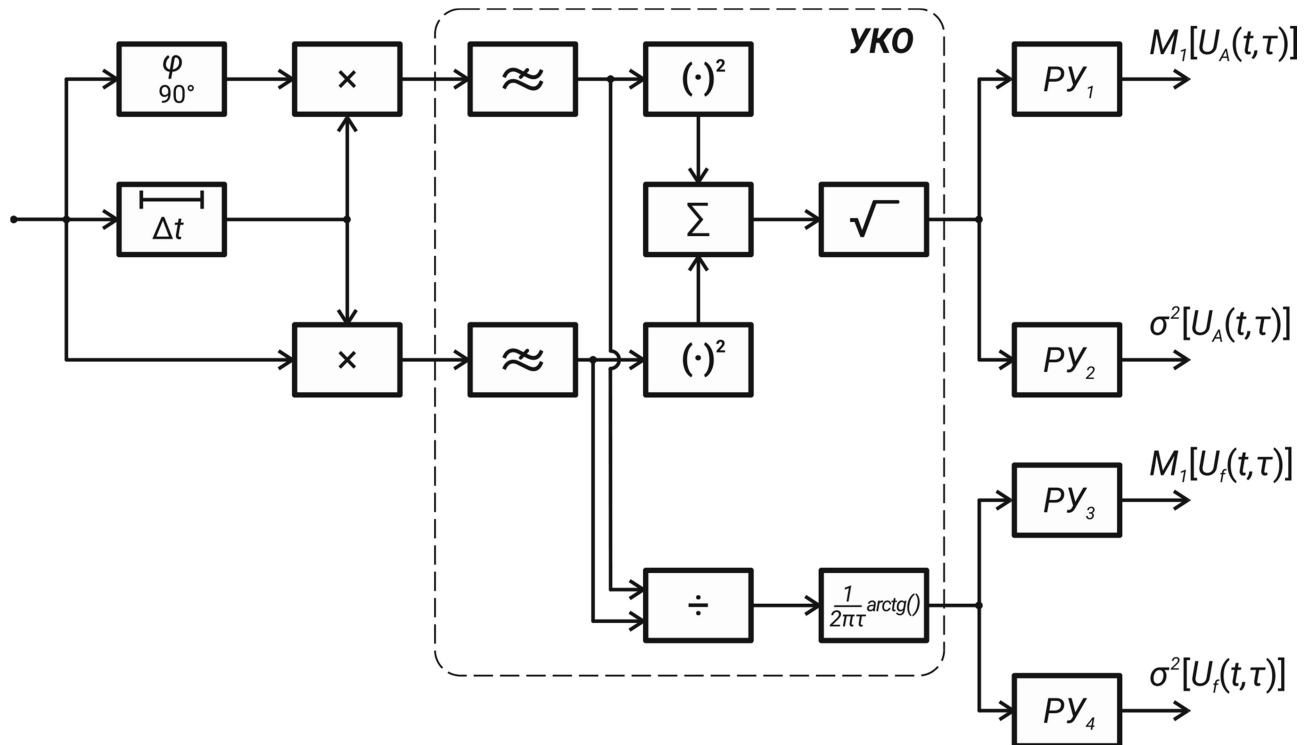


Рис. 3. Структура АКО

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петрович Н.Т. Передача дискретной информации в каналах с фазовой манипуляцией. М.: Сов. Радио, 1965, с. 262.
2. Тепляков И.М., Роцин Б.В. и др. Радиосистемы передачи информации. М.: Радио и связь, 1982, 2. 264.

3. Дятлов А.П., Дятлов П.А., Понкратов А.И., Приймаков С.Н., Кобзарь В.П., Омельченко А.В. Применение автокорреляционных алгоритмов обработки информации для решения задач радиомониторинга. М.: НИИЭР, Вопросы радиоэлектроники, Серия ОВР, в. 18, 1998, с. 137 – 145.
4. Дятлов А.П., Дятлов П.А., Кульбикаян Б.Х. Корреляционно-фильтровой классификатор вида модуляции связных сигналов. // Труды V МНТК "Радиолокация, навигация, связь" (RLNS 2000). Воронеж, ВНИИС, 2000, с. 1760 – 1769.

УДК 621.391.26

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАДИОМОНИТОРИНГА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Дятлов П.А.

Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, Таганрог

При выполнении радиоконтроля путем мониторинга радиочастотного спектра, иначе, радиомониторинга, осуществляется определение состава радиоэлектронной обстановки и формирование информационной базы источников радиоизлучений различного назначения. Для решения вышеуказанных задач как правило применяются широкополосные супергетеродинные приемные устройства [1]. Однако в случае приема низкоуровневых сложных фазоманипулированных сигналов (ФМС) соизмеримым с уровнем внутренних шумов приемного устройства достоверность радиомониторинга резко снижается. Целью данной работы является повышение достоверности радиомониторинга, а именно, при решении задач обнаружения, разрешения и оценивания средней частоты слабых ФМС с псевдослучайной манипулирующей последовательностью на основе использования супергетеродинного приемного устройства с сочетанием методов последовательно-параллельного спектрального анализа и дополнительного нелинейного преобразования, обеспечивающего свертку спектра ФМС.

При проведении радиомониторинга предполагается, что на вход супергетеродинного приемника поступает аддитивная многокомпонентная смесь

$$y_0(t) = \sum_{i=1}^{n_s} S_{i0}(t, l, \vec{\alpha}) + n_0(t), n_s \in \overline{1, 10} \text{ при } t_0 \leq t \leq t_0 + T_c,$$

где $S_{i0}(t, l, \vec{\alpha})$ – « i » – ФМС с двухпозиционной манипуляцией и априорно неизвестными параметрами и законом манипуляции; n_s – количество сигналов; $n(t)$ – гауссовая стационарная помеха типа квазибелого шума; t_0 – момент начала сеанса радиомониторинга; T_c – длительность сеанса радиомониторинга.

Приемное устройство функционирует в режиме фиксированной настройки, и при этом полагается, что спектры сигналов $S_{i0}(t)$ перекрываются и имеют следующие характеристики

$$f_{s0i} \in \{(f_{сч} + f_0 - \Delta f_{лт}/2), (f_{сч} + f_0 + \Delta f_{лт}/2)\}; \Delta f_{si} = \Delta f_s \leq \Delta f_{лт}, f_{s1} \neq f_{s2} \neq f_{si} \neq f_{sn},$$

где f_{s0i} – средняя частота « i » ФМС; $f_{сч}$ – частота настройки синтезатора частот приемника; f_0 – промежуточная частота в приемнике; $\Delta f_{лт}$ – полоса пропускания линейного тракта приемника; Δf_s – ширина спектра ФМС.

Неравенство частот отдельных ФМС f_{si} обусловлено наличием различных доплеровских сдвигов $f_{дi}$ и нестабильностей гетеродинов в источнике радиоизлучений. Линейный тракт приемника обеспечивает перенос спектра процесса $y_0(t)$ и его предварительную фильтрацию, и при этом имеем

$$y(t) = \sum_{i=1}^{n_s} S_i(t, l, \vec{\alpha}) + n(t); S_i(t) = U_{msi} g_i[t - \tau(t)] \cos[\omega_i t + \theta_i], \omega_i = 2\pi f_{si};$$

$$g_i[t - \tau(t)] = \sum_{k=0}^{L-1} d_{ki} \text{rect}[t - kT_3 - \tau(t)]; d_{ki} = \cos \theta_{ki} \in [-1, 1];$$

$$\theta_{ki} = a_{ki} \pi; a_{ki} \in [0, 1]; K = \overline{1, L}; L = \text{ent}[T_3/T_3];$$

$$R_{Si}(\tau) = \left(1 - \frac{|\tau|}{T_3}\right) \cos \omega_{Si} \tau;$$

$$R_n(\tau) = \sigma_n^2 \text{sinc}(\pi \Delta f_{лт} \tau) \cos \omega_0 \tau; \omega_0 = 2\pi f_0,$$

где $\text{rect}[t - kT_3] = \begin{cases} 1 & \text{при } kT_3 \leq t \leq (k+1)T_3 \\ 0 & \text{при } kT_3 > t > (k+1)T_3 \end{cases}$ временное окно единичной

амплитуды и фиксированной длительности T_3 ; $S_i(t, l, \vec{\alpha})$ – « i » ФМС со средней частотой f_{si} , которая может меняться в пределах $f_{si} \in [(f_0 - \Delta f_{лт}/2), (f_0 + \Delta f_{лт}/2)]$; U_{msi} , θ_i – амплитуда и начальная фаза « i » ФМС; $g_i[t - \tau(t)]$ – манипулирующая последовательность « i » ФМС; d_{ki} , a_{ki} – коэффициенты при передаче « K » символа « i » ФМС; $\text{ent}[x]$ – целая часть x ; $R_{Si}(t)$ – автокорреляционная функция « i » ФМС; $R_n(t)$ – автокорреляционная функция помехи $n(t)$; σ_n^2 – дисперсия помехи $n(t)$; $\Delta f_{лт}$ – ширина полосы пропускания линейного тракта приемника.

Спектральная плотность мощности « i » ФМС и помехи $n(t)$ имеют вид

$$G_{Si}(f) = P_{si} T_3 \text{sinc}^2[\pi T_3(f - f_{si})], P_{si} = \frac{U_{msi}^2}{2},$$

$$G_n(f) = \begin{cases} N_n = \frac{\sigma_n^2}{\Delta f_{лт}} & \text{при } f_0 - \frac{\Delta f_{лт}}{2} \leq f \leq f_0 + \frac{\Delta f_{лт}}{2}, \\ 0 & \text{при других } f, \end{cases}$$

где P_{si} – мощность « i » ФМС; N_n – спектральная плотность помехи $n(t)$.

Сложность радиомониторинга в рамках данной задачи обусловлена тем, что принимаемые широкополосные ФМС имеют перекрывающиеся спектры, ширина спектра каждого ФМС Δf_{si} сопоставима с $\Delta f_{лт}$, а их уровень меньше уровня шумов, т.е. $g_{вxi}^2 = \frac{P_{si}}{\sigma_n^2} < 1$, где $g_{вxi}^2$ – отношение сигнал/помеха по мощности на выходе линейного тракта приемника.

При радиомониторинге узкополосных ($\Delta f_s \ll \Delta f_{лт}$) связанных сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляций вскрытие структуры радиообстановки обеспечивается при сочетании в приемном устройстве последовательно-параллельного спектрального анализа с использованием во второй ступени приемника некогерентных обнаружителей, в которых

выполняется условие [2] $\Delta f_{\phi} T = 1$, где Δf_{ϕ} , T – полоса пропускания и постоянная интегрирования канала второй ступени приемника.

Вторая ступень приемного устройства представляет собой параллельный спектроанализатор (ПСА). Необходимая достоверность радиомониторинга обеспечивается при $g_k \gg 1$, где g_k – отношение сигнал/помеха по напряжению на входе канала ПСА. В случае радиомониторинга слабых широкополосных ФМС ($\Delta f_s = \Delta f_{\text{ЛТ}}$ и $g_{\text{ВХ}}^2 = \frac{G_s(f_s)}{N_n} \leq 1$), использование ПСА с некогерентными обнаружителями не обеспечивает необходимые характеристики обнаружения, поскольку $g_{\text{ВХ}} = g_k \leq 1$.

При приеме слабого широкополосного ФМС на фоне гауссовой стационарной помехи $n(t)$ в соответствии с результатами работ [3, 4] можно использовать экспресс-анализатор радиообстановки, структура которого приведена на рис. 1, где УВЧ – усилитель высокой частоты; См – смеситель; СЧ – синтезатор частоты; УПЧ – усилитель промежуточной частоты; ЛТ – линейный тракт супергетеродинного приемного устройства; ЭО – энергетический обнаружитель; АЧД – автокорреляционный частотный дискриминатор с квадратурной обработкой.

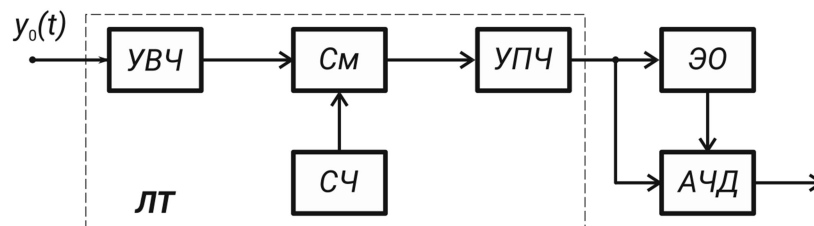


Рис. 1.

Данное устройство обеспечивает обнаружение и оценивание средней частоты ФМС при двухкомпонентном характере процесса $y_0(t)$. При обнаружении ФМС вероятность правильного обнаружения $P_{\text{по1}}$ и вероятность ложной тревоги $P_{\text{лт1}}$ определяются из следующих соотношений [5]

$$P_{\text{по1}} = \Phi \left[g_{\text{Э1}} - \frac{\arcsin \Phi(1 - P_{\text{лт1}})}{\sqrt{1 + 2g_{\text{ВХ}}^2}} \right]; g_{\text{ВХ}}^2 = \frac{P_s}{\sigma_n^2}; g_{\text{Э1}} = \frac{g_{\text{ВХ}}^2 \sqrt{\Delta f_{\text{ЛТ}} T_{11}}}{\sqrt{1 + 2g_{\text{ВХ}}^2}}; \Delta f_{\text{ЛТ}} = \Delta f_s;$$

$$P_{\text{лт1}} = \Phi[g_{\text{пор1}} - \sqrt{\Delta f_{\text{ЛТ}} T_{11}}]; T_{11} \leq T_c; \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа; $\arcsin \Phi(x)$ – функция, обратная $\Phi(x)$; $g_{\text{Э1}}$ – отношение сигнал/помеха по напряжению на выходе энергетического обнаружителя; T_{11} – постоянная интегрирования энергетического обнаружителя; T_c – длительность сеанса радиомониторинга.

При оценивании средней частоты ФМС имеем [4, 6]

$$\sigma_{f_{s1}} = \frac{1}{2\pi\tau_1 g_{f1}}; g_{f1} = \frac{g_{\text{вх}}^2 r_s(\tau_1) \sqrt{\Delta f_{\text{лт}} T_{12}}}{\sqrt{1+r_n^2(\tau_1)+2g_{\text{вх}}^2(1+r_s(\tau_1)r_n(\tau_1))}};$$

$$r_{si}(\tau_1) = 1 - \frac{|\tau_1|}{T_s}; r_n(\tau_1) = \text{sinc}(\pi\Delta f_{\text{лт}}\tau_1); T_{12} \leq T_c,$$

где $\sigma_{f_{s1}}$ – среднеквадратичная флюктуационная погрешность оценивания средней частоты ФМС; τ_1 – временной сдвиг, вносимый линией задержки в автокорреляционный частотный дискриминатор с квадратурной обработкой $_{\text{ко}}$; g_{f1} – отношение сигнал/помеха по напряжению на выходе автокорреляционного частотного дискриминатора с квадратурной обработкой; T_{12} – постоянная интегрирования в автокорреляционном частотном дискриминаторе с квадратурной обработкой; $r_s(\tau_1)$, $r_n(\tau_1)$ – значения огибающей коэффициента автокорреляции сигнала $\mathbf{S}(t, \mathbf{l}, \vec{\alpha})$ и помехи $n(t)$ при $\tau = \tau_1$.

Для иллюстрации полученных соотношений на рис. 2 и 3 приведены зависимости $P_{\text{пол}} = f(g_{\text{вх}}^2)$ при $P_{\text{лт1}} = 10^{-6}$ и $\sigma_{f_{s1}} = f(g_{\text{вх}}^2)$ для различных значений коэффициентов фильтрации $K_{\phi1}$ и $K_{\phi2}$.

Как следует из рис. 2 при больших значениях коэффициента фильтрации $K_{\phi1} = \Delta f_n T_{11} \geq 10^3$ использование энергетического обнаружителя обеспечивает возможность обнаружения слабых ФМС ($g_{\text{вх}}^2 \leq 1$) с высокими показателями помехоустойчивости, например, $P_{\text{по}} = 0,9$ обеспечивается при $K_{\phi1} = 10^6$ и $g_{\text{вх}}^2 = -26$ дБ.

При оценивании средней частоты слабых ФМС при $\tau_1 = 0,5T_s$, выбор величины T_{12} зависит от ширины спектра ФМС Δf_s , допустимой величины погрешности $\sigma_{f_{\text{доп}}}$ и входного отношения сигнал/помеха $g_{\text{вх}}^2$

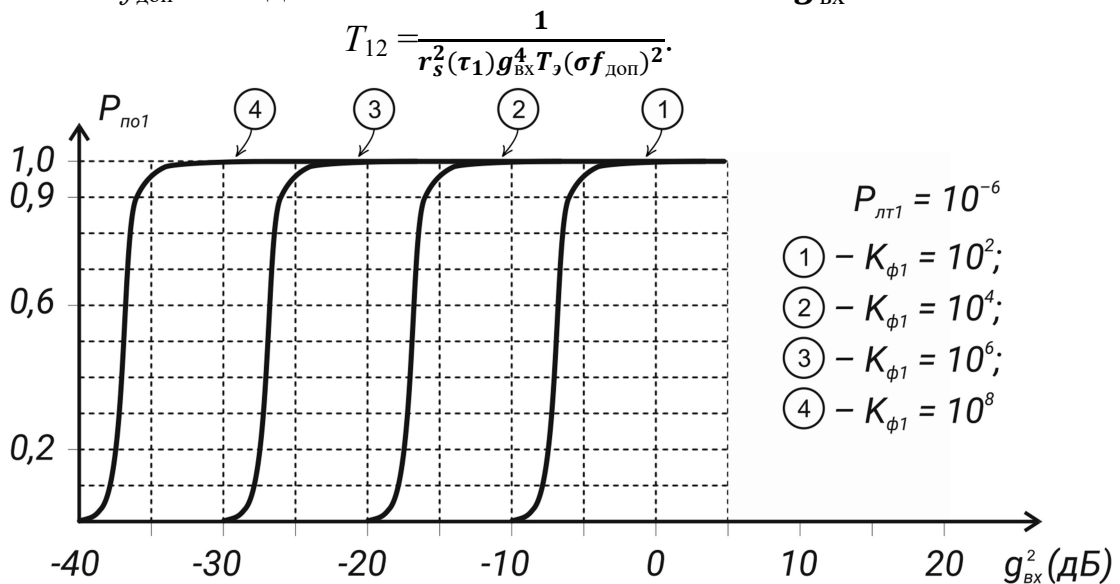


Рис. 2.

Как следует из рис. 3 при $\sigma_{f_{\text{доп}}} \leq 10^3$ Гц и $g_{\text{вх}}^2 = -8$ дБ необходимо, чтобы величина коэффициента фильтрации в автокорреляционном частотном дискриминаторе с квадратурной обработкой выбиралась из условия $K_{\phi2} = \Delta f_n T_{12} \geq 10^8$.

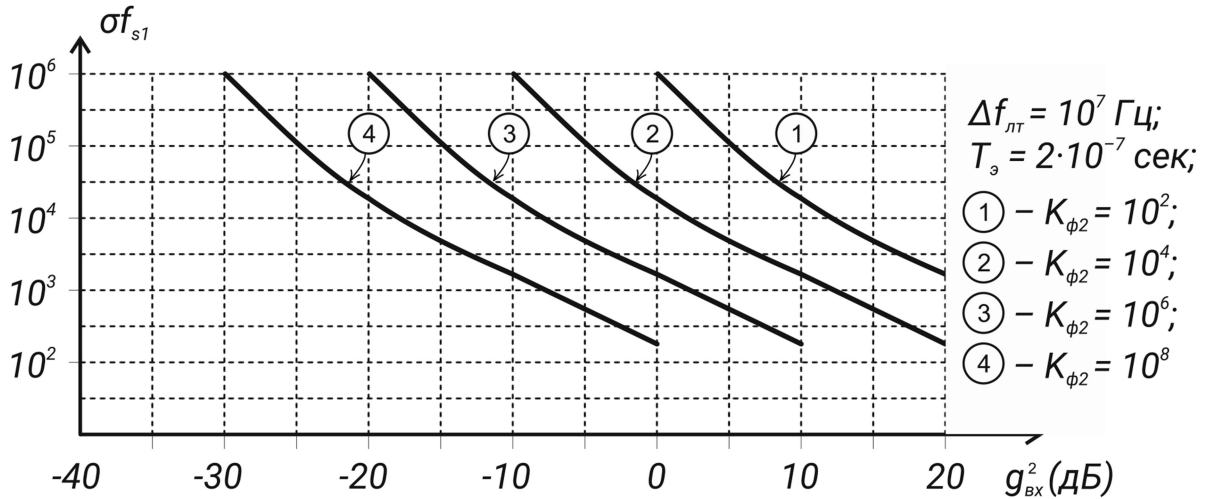


Рис. 3.

Для случая приема многокомпонентного входного процесса $y_0(t) = S_i(t, l, \vec{\alpha}) + n(t)$ при использовании энергетического обнаружителя на выходе линейного тракта супергетеродинного приемного устройства выходное отношение сигнал/помеха по напряжению для i -го сигнала $S_i(t, l, \vec{\alpha})$ описывается следующим образом [5]

$$g_{\varepsilon i} = \frac{P_{si}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n_s} P_{sj} - P_{si}\right)^2 + \frac{2 \sum_{j=1}^{n_s} P_{sj} \sigma_n^2 + \sigma_n^4}{\Delta f_{лт} T_{11}} + 2 \sum_{j=1}^{n_s} \sum_{i=1}^{n_s-1} \frac{P_{sj} P_{si}}{\Delta f_s T_{11}}}}$$

где P_{si} – мощность « i » ФМС $S_i(t, l, \vec{\alpha})$; $\sum_{j=1}^{n_s} P_{sj}$ – суммарная мощность принимаемых ФМС.

При приеме ФМС, когда $P_{s1} = \dots = P_{si} = P_s$ и $\Delta f_s = \Delta f_{лт}$ имеем

$$g_{\varepsilon i} = \frac{g_{\text{вх}i}^2 \sqrt{\Delta f_{лт} T_{11}}}{\sqrt{1 + 2n_s g_{\text{вх}i}^2 + (n_s - 1)^2 g_{\text{вх}i}^4 \Delta f_{лт} T_{11} + n_s(n_s - 1) g_{\text{вх}i}^4}}$$

При этом увеличение коэффициента $K_{\phi 1}$ не позволяет достичь приемлемой помехоустойчивости энергетического обнаружителя, поскольку при $g_{\text{вх}i}^2 \sqrt{\Delta f_{лт} T_{11}} \gg 1$ имеем $g_{\varepsilon i} = \frac{1}{n_s - 1} \leq 1$ при $n_s \geq 2$, что обусловлено многокомпонентным характером ФМС.

Для случая приема многокомпонентного входного процесса $y_0(t)$ при использовании автокорреляционного частотного дискриминатора с квадратурной обработкой на выходе линейного тракта среднеквадратичная погрешность оценивания средней частоты « i » ФМС $\sigma_{f_{si}}$ определяется флуктуационной составляющей $\sigma_{f_{si}}$ и смещением оценки частоты $\Delta f_{\text{см}}$ [7], обусловленным многокомпонентностью ФМС,

$$\sigma_{f_{s1}} = \sqrt{(\sigma_{f_{s1}})^2 + (\Delta f_{\text{см}})^2}; \Delta f_{\text{см}} = \hat{f}_i - \hat{f}_{ins} = \frac{1}{2\pi\tau_1} (\arctg x_i - \arctg x_{ins});$$

$$x_i = \text{tg } \omega_i \tau_1; x_{ins} = \text{tg} \left[\omega_i \tau \frac{(1 + \sum_{j=1}^{n_s-1} P_j \sin \omega_j \tau_1 / P_i \sin \omega_i \tau_1)}{(1 + \sum_{j=1}^{n_s-1} P_j \cos \omega_j \tau_1 / P_i \cos \omega_i \tau_1)} \right].$$

Если величина флюктуационной составляющей погрешности σf_{s1} может быть уменьшена до требуемой величины путем увеличения $K_{\phi 1} = \Delta f_n T_{11}$, то смещение оценки определяется количеством n_s , мощностью принимаемых сигналов P_j и величиной их средней частоты $f_j = \omega_j/2\pi$ и находится в пределах $\Delta f_{cm} \in [0, (f_{ns} - f_1)]$, где f_1, f_{ns} – минимальное и максимальное значения средних частот принимаемых сигналов. Величина Δf_{cm} может составлять десятки кГц, например, в случае приема сигналов от различных ИСЗ в спутниковой системе «Навстар» [8], что превышает допустимую величину погрешности оценивания частоты для формирования частотных целеуказаний комплексам радиоэлектронной борьбы.

Наряду с низкой эффективностью при обнаружении и оценивании средних частот ФМС, использование энергетического обнаружителя и автокорреляционного частотного дискриминатора с квадратурной обработкой на выходе линейного тракта супергетеродинного приемного устройства не обеспечивает оценивания количества n_s одновременно принимаемых ФМС, что не позволяет использовать такой вариант приемника при многокомпонентном характере процесса $y_0(t)$ и требует принятия специальных мер для разрешения всех принимаемых ФМС.

Для разрешения ФМС можно применять различные методы селекции. Ниже рассматривается использование частотной селекции.

С целью обеспечения частотного разрешения каждого из ФМС целесообразно на выходе линейного тракта супергетеродинного приемного устройства использовать преобразования, обеспечивающие свертку спектра ФМС. В технике связи при наличии полной априорной информации о ФМС для свертки спектра широко используется когерентная обработка.

При проведении радиомониторинга в связи с отсутствием детальной априорной информации о ФМС для реализации свертки спектра ФМС целесообразно использовать нелинейный преобразователь с квадратичной амплитудной характеристикой, впервые предложенной Пистолькорсом А.А. [9] и исследованный для случая, когда входной процесс $y_0(t)$ является двухкомпонентным, например, в работах [10, 11].

Структура модернизированного супергетеродинного приемного устройства, используемого для радиомониторинга слабых ФМС с псевдослучайной манипулирующей последовательностью, приведена на рис. 4, где УВЧ – усилитель высокой частоты; См – смеситель; УПЧ – усилитель промежуточной частоты; $\Phi_1, \dots, \Phi_j, \dots, \Phi_k$ – набор узкополосных фильтров; КД – квадратичные детекторы; И – интеграторы; РУ – решающее устройство; Ком – коммутатор; АЧД – автокорреляционный частотный дискриминатор; СЧ – синтезатор частот; НП – нелинейный преобразователь; ПСА – параллельный спектроанализатор; $\{H_{si}\}$ – совокупность гипотез о наличии ФМС; \hat{n}_s – оценка количества ФМС; \hat{f}_{si} – совокупность оценок средних частот ФМС.

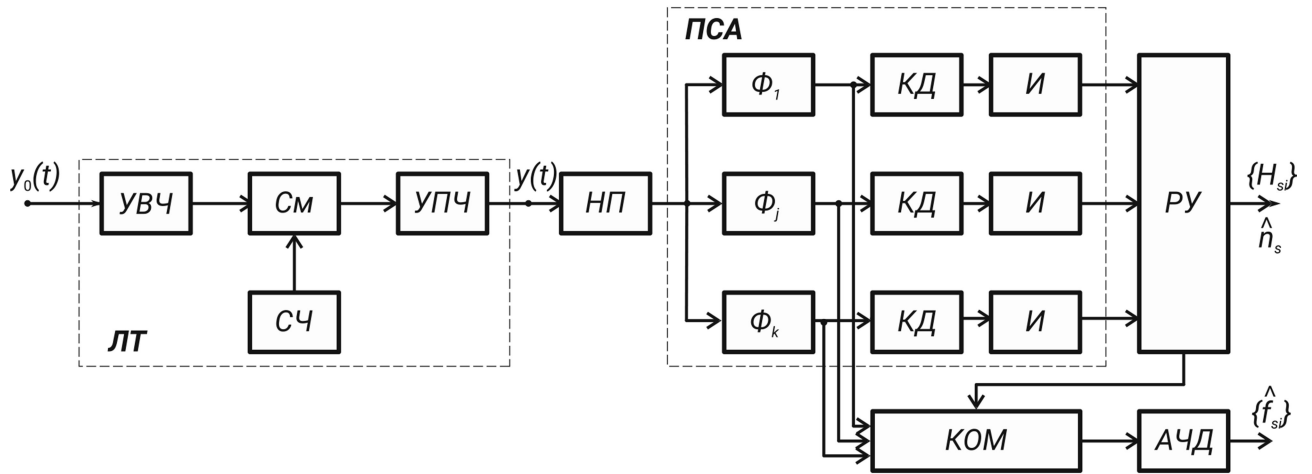


Рис. 4.

При воздействии на нелинейный преобразователь многокомпонентного процесса $y(t)$ выходной эффект выглядит следующим образом

$$X(t) = (\sum_{i=1}^{n_s} P_{si} + n(t))^2 = \sum_{i=1}^{n_s} U_{ci}(t) + \sum_{j=1}^{n_s} \sum_{i=1}^{n_s-1} U_{cij}(t) + \sum_{i=1}^{n_s} U_{cin}(t) + U_n(t);$$

$$U_{ci}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{\phi}(t-\tau) S_i^2(t) dt; U_{cij}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{\phi}(t-\tau) S_i(t) S_j(t) dt;$$

$$U_{cin}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{\phi}(t-\tau) S_i(t) n(t) dt; U_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{\phi}(t-\tau) n^2(t) dt,$$

где $U_{ci}(t)$ – автокорреляционная компонента «i» ФМС; $U_{cij}(t)$ – взаимокорреляционная компонента «i» и «j» ФМС; $U_{cin}(t)$ – взаимокорреляционная компонента «i» ФМС и помехи $n(t)$; $U_n(t)$ – автокорреляционная компонента помехи $n(t)$; $h_{\phi}(t)$ – импульсная функция фильтра на выходе нелинейного преобразователя.

Квадратичное нелинейное преобразование обеспечивает умножение частоты ФМС и свертку спектра в автокорреляционных компонентах «i» ФМС $U_{ci}(t)$.

При использовании в качестве нагрузки нелинейного преобразователя идеального полосового фильтра (ИПФ) с $h_{\phi}(t) = \Delta f_{ЛТ} \text{sinc } \pi \Delta f_{ЛТ} t \cos 4\pi f_0 t$ полезный эффект представляет набор гармонических колебаний и имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n_s} U_{ci}(t) = \sum_{i=1}^{n_s} P_{si} \cos(4\pi f_{si} t) \text{ при } t_0 \leq t \leq t_0 + T_c.$$

Для обеспечения частотного разрешения каждого из n_s принимаемых ФМС необходимо параметры ПСА выбирать, исходя из следующих условий:

$$\Delta f_p = \Delta f_k \geq \Delta f_c; \Delta f_p \leq \min |2(f_{si} - f_{s(i-1)})|, n_k = \Delta f / \Delta f_k \gg n_s, \Delta f = f_b - f_n; \Delta f_c = 1/T_c,$$

где Δf_p – разрешающая способность по частоте, соответствующая удвоенному минимальному разнесу частот между принимаемыми ФМС; Δf_k – полоса пропускания фильтра (Φ_j) в одном из каналов ПСА; Δf_c – ширина спектра напряжения $U_{ci}(t)$; n_k – количество каналов в ПСА; $f_n, f_b, \Delta f$ – нижняя,

верхняя границы и ширина диапазона неопределенности по частоте напряжений $U_{ci}(t)$.

При использовании в каналах ПСА ИПФ передаточная функция ПСА $K_{\text{ПСА}}(f)$ имеет вид

$$K_{\text{ПСА}}(f) = \begin{cases} K_1(f) = K_0 \text{ при } f_n \leq f \leq f_n + \Delta f_k, \\ \dots\dots\dots \\ K_j(f) = K_0 \text{ при } f_n + (j-1)\Delta f_k \leq f \leq f_n + j\Delta f_k, \\ \dots\dots\dots \\ K_{n_k}(f) = K_0 \text{ при } f_n + (n_k-1)\Delta f_k \leq f \leq f_n + n_k\Delta f_k, \end{cases}$$

где $K_1(f)$, $K_j(f)$, $K_{n_k}(f)$ – передаточная функция ИПФ в 1, j , n_k каналах ПСА по напряжению.

С учетом частотного разрешения напряжение на выходе j -го канала ПСА имеет вид:

$$X_j(t) = U_{cj}(t) + \sum_{j=1}^{n_s} \sum_{i=1}^{n_s-1} U_{cij}(t) + \sum_{i=1}^{n_s} U_{cin}(t) + U_n(t) = U_{ij}(t) + U_{2j}(t) + U_{3j}(t) + U_{4j}(t).$$

Сравнительный анализ напряжений $X(t)$ и $X_j(t)$ показывает, что на выходе « j » канала ПСА выделяется только одна автокорреляционная компонента свернутого спектра « j » ФМС, для которого выполняется условие

$$|2f_{sj} - f_{kj}| \leq \Delta f_k / 2,$$

где f_{kj} – средняя частота j канала ПСА. Кроме того необходимо учитывать, что при расчете составляющих напряжения $X_j(t)$ [$U_{1j}(t) \div U_{4j}(t)$] импульсная реакция ИПФ равна

$$h_j(t) = \Delta f_k \text{ sinc } \pi \Delta f_k t \cos 2\pi f_{kj} t.$$

Для анализа характеристик обнаружения и погрешности оценивания средних частот ФМС необходимо определить отношение сигнал/помеха по напряжению на выходе ИПФ каждого канала ПСА, например, j канала

$$g_{\Phi j} = \frac{P_{1j}}{\sqrt{D_{2j} + D_{3j} + D_{4j}}};$$

$$P_{1j}^2 = \int_0^{\infty} |K_j(f)|^2 G_{1j}(f) df; \quad D_{2j} = \int_0^{\infty} |K_j(f)|^2 G_{2j}(f) df;$$

$$D_{3j} = \int_0^{\infty} |K_j(f)|^2 G_{3j}(f) df; \quad D_{4j} = \int_0^{\infty} |K_j(f)|^2 G_{4j}(f) df,$$

где P_{1j}^2 – мощность свернутого по спектру « j » ФМС; D_{2j} , D_{3j} , D_{4j} – дисперсии составляющих напряжений $U_{2j}(t)$, $U_{3j}(t)$, $U_{4j}(t)$, обусловленных взаимодействием компонент процесса $y(t)$ между собой.

С учетом результатов работ [5, 11] следует, что отношение сигнал/помеха равно

$$g_{\Phi j} = \frac{P_{si}}{\sqrt{\frac{\Delta f_{\phi} (\sigma_n^4 + 2 \sum_{j=1}^{n_s} P_{sj} \sigma_n^2)}{\Delta f_n} + \frac{2 \Delta f_{\phi} \sum_{j=1}^{n_s} \sum_{i=1}^{n_s-1} P_{sj} P_{si}}{\Delta f_s}}}.$$

Для случая, когда $P_{sj} = P_{s1} = P_s$; $\Delta f_n = \Delta f_s$, вышеизложенное выражение преобразуется к виду

$$g_{\phi j} = \frac{g_{\text{ВХ}}^2 \sqrt{\Delta f_n / \Delta f_\phi}}{\sqrt{1 + 2n_s g_{\text{ВХ}}^2 + n_s(n_s - 1)g_{\text{ВХ}}^4}}; g_{\text{ВХ}}^2 = \frac{P_s}{\sigma_n^2}.$$

В зависимости от диапазона изменений величины $g_{\text{ВХ}}^2$ и n_s возможны два варианта:

1 вариант – $2n_s g_{\text{ВХ}}^2 \ll 1$; $g_\phi = g_{\text{ВХ}}^2 \sqrt{\Delta f_n / \Delta f_\phi}$;

2 вариант – $2n_s g_{\text{ВХ}}^2 \gg 1$; $g_\phi = \frac{g_{\text{ВХ}}^2 \sqrt{\Delta f_n / \Delta f_\phi}}{\sqrt{2n_s + n_s(n_s - 1)g_{\text{ВХ}}^2}}$.

Первый вариант соответствует случаю приема двухкомпонентного процесса $y(t)$, т.е. многокомпонентностью ФМС можно пренебречь. Для второго варианта следует учитывать как величину входного отношения сигнал/помеха $g_{\text{ВХ}}$, так и количество n_s принимаемых ФМС.

В большинстве случаев с целью уменьшения числа каналов в ПСА до допустимого уровня, например, чтобы $n_k \leq 100$, приходится полосу пропускания канала выбирать из условия $\Delta f_k < \Delta f_c$; $\Delta f_c = 1/T_c$.

При этом для обеспечения наибольшей помехоустойчивости целесообразно использовать в каналах ПСА энергетические обнаружители с коэффициентом фильтрации $K_{\phi 3} = \Delta f_k T_{21} \gg 1$, $T_{21} \leq T_c$, где T_{21} – постоянная интегрирования в энергетическом обнаружителе.

При обнаружении ФМС в одном из каналов ПСА вероятности правильного обнаружения $P_{\text{пол}}$ и ложной тревоги $P_{\text{лт1}}$ имеют вид [5]:

$$P_{\text{пол}} = \Phi \left[g_\phi - \frac{\arcsin \Phi(1 - P_{\text{лт1}})}{\sqrt{1 + 2g_{\phi j}^2}} \right]; P_{\text{лт1}} = \Phi \left[g_{\text{пор}} - \sqrt{\Delta f_k T_{21}} \right]; g_{\phi 2} = \frac{g_{\phi j}^2 \sqrt{\Delta f_k T_{21}}}{\sqrt{1 + 2g_{\phi j}^2}},$$

где $g_{\phi 2}$ – отношение сигнал/помеха по напряжению на выходе j канала ПСА.

По результатам обнаружения на выходе ПСА в РУ осуществляется оценивание количества принимаемых ФМС \hat{n}_s с вероятностью ошибочных решений [3]

$$P_{\text{ош}} = n_s(1 - P_{\text{пол}}) + n_k P_{\text{лт1}}.$$

Для оценивания средней частоты обнаруженных ФМС используется автокорреляционный частотный дискриминатор с квадратурной обработкой, который по командам из РУ последовательно подключается к тем ИПФ ПСА, на выходе которых принята гипотеза о наличии ФМС H_{si} .

При оценивании средней частоты ФМС с учетом умножения частоты в нелинейном преобразователе имеем [4]

$$\sigma_{f_{s2}} = \frac{1}{4\pi\tau_2 g_{f2}}; g_{f2} = \frac{g_{\phi j}^2 r_c(\tau_2) \sqrt{\Delta f_k T_{22}}}{\sqrt{1 + r_n^2(\tau_2) + 2g_{\phi j}^2(1 + r_n(\tau_2))}};$$

$$r_s(\tau_2) = 1 - \frac{|\tau_2|}{T_{22}}; r_n(\tau_2) = \text{sinc}(\pi\Delta f_k \tau_2); \tau_2 \in \left[\frac{1}{\Delta f_j}; \frac{T_{22}}{2} \right]; T_{22} \leq T_c,$$

где $\sigma_{f_{s2}}$ – среднеквадратичная флюктуационная погрешность оценивания средней частоты ФМС; τ_2 – временной сдвиг, вносимый в автокорреляционном частотном дискриминаторе с квадратурной обработкой; g_{f2} – отношение

сигнал/помеха по напряжению на выходе автокорреляционного частотного дискриминатора с квадратурной обработкой; $r_c(\tau_2)$, $r_n(\tau_2)$ – значения огибающей коэффициентов автокорреляции сигнала и помехи на выходе «j» ИПФ при $\tau = \tau_2$; T_{22} – постоянная интегрирования в автокорреляционном частотном дискриминаторе с квадратурной обработкой.

Для иллюстрации полученных соотношений на рис. 5, 6 приведены зависимости характеристик обнаружения $P_{\text{пол}} = f(g_{\text{ВХ}}^2)$ при $P_{\text{лт1}} = 10^{-6}$ и флюктуационной погрешности оценивания средней частоты ФМС $\sigma f_{s2} = f(g_{\text{ВХ}}^2)$ для различных значений $\Delta f_{\text{лт}}$; T_c , n_s и τ_2 .

При этом для исходных данных ($\Delta f_{\text{лт}}/\Delta f_k = 10^4$; $\Delta f_k = 10^3$ Гц и $n_s = 10$) следует, что для обеспечения $P_{\text{пол}} = 0,99$ $P_{\text{лт1}} = 10^{-6}$; $\sigma f_2 = 10$ Гц при $g_{\text{ВХ}}^2 = -26$ дБ необходимо, чтобы $\Delta f_k T = 10^4$ и $\tau_2 = 10^{-3}$ сек.

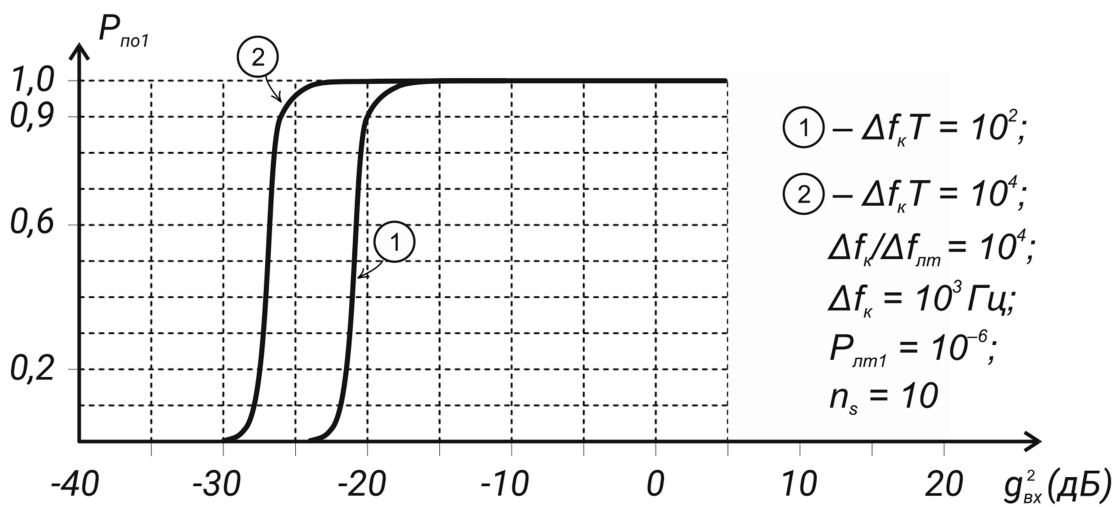


Рис. 5.

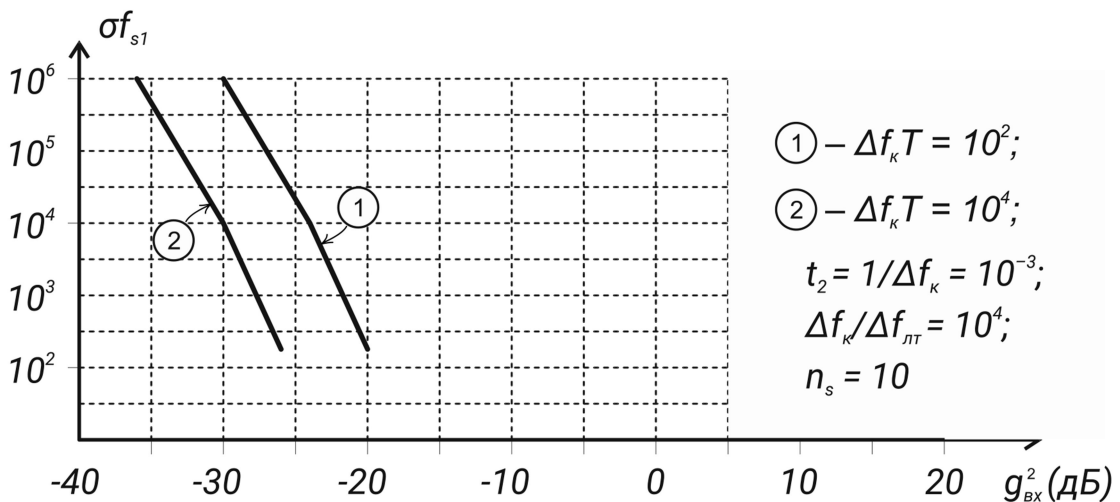


Рис. 6.

Полученные результаты показывают целесообразность модернизации супергетеродинного приемного устройства с использованием нелинейного преобразователя и позволяют производить оптимизацию параметров средств радиомониторинга для различных исходных данных при обработке слабых

широкополосных ФМС с псевдослучайной манипулирующей последовательностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дятлов А.П., Дятлов П.А., Кульбикаян Б.Х. Экспресс – анализатор электромагнитной обстановки на основе панорамного спектрального анализа. – М.: Телекоммуникации. Из-во «Наука и технологии», № 5, 2000, с.41–46.
2. Мартынов В.А., Селихов Ю.И. Панорамные приемники и анализаторы спектра. – М.: Сов. Радио, 1980, с.292.
3. Пестряков В.Б., Афанасьев В.П. и др. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. – М.: Сов. Радио, 1973, с.424.
4. Дятлов А.П. Автокорреляционные частотные дискриминаторы. Учебное пособие. – Таганрог.: ТРТИ, 1994, с. 62.
5. Дятлов А.П. Обнаружители и измерители параметров сигналов в радиоконтроле. Учебное пособие. – Таганрог.: ТРТИ, 1993, с. 85.
6. Кириллин С.А. Сравнение помехоустойчивости различных схем корреляционных приемников. – М.: Труды НИИР, № 1, 1974, с. 143–151.
7. Дятлов А.П. Повышение точности автокорреляционного частотного дискриминатора с квадратурной обработкой при воздействии коррелированных помех. – Таганрог.: Известия ТРТУ, ТРТУ, № 2, 1997, с. 37–40.
8. Мищенко И.Н., Волынкин А.И. и др. Глобальная навигационная система «Навстар». – М.: Зарубежная радиоэлектроника, № 8, 1980, с. 52–53.
9. Окунев Ю.Б. Теория фазоразностной модуляции. – М.: Связь, 1979, с. 216.
10. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь. – М.: Связь, 1979, с. 592.
11. Миронов В.А., Соколов В.М. Эффективность автокорреляционной обработки широкополосных фазоманипулированных сигналов с учетом частотных и временных расстройек. – М.: Радиотехника, № 6, 1996, с. 60–63.

УДК 621.315:621.318.4:621.396

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Горелов М.О., Волощенко Ю.П.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета,

В докладе рассмотрены имеющиеся на сегодняшний день методы и системы для передачи энергии на расстояния без проводов на основе явления магнитной индукции, направленного электромагнитного излучения и резонансной связи. Приведены основные параметры и схемы систем, рассмотрены конструктивные и схемные решения, исследованы возможности для применения системы передачи энергии без проводов в быту и промышленности.

Активное внедрение различных типов новых и усовершенствованных электронных устройств в быту и на производстве, повышенные требования к

обеспечению рабочих режимов электропитания этих устройств, приводит к необходимости разработки качественно технологий, позволяющих решить вопрос с обеспечением подключения устройств к общей электроэнергетической сети. Не всегда целесообразно или вообще возможно обеспечить питание оборудования с помощью проводов, например, для питания подвижных объектов, таких как мобильные роботы, группы датчиков и ретрансляторы сигнала. Поэтому сейчас особенно актуальны технологии в области энергетики, позволяющие передавать энергию без проводов.

В самом конце 19 века были проведены первые практические опыты по передаче энергии без проводов с использованием электромагнитных колебаний в диапазоне 100-200 кГц. В это же время была опробована идея индукционного метода передачи энергии для питания автомобиля с использованием 3 кГц генератора. Таким образом, основные технологии беспроводной передачи энергии – с помощью направленного электромагнитного излучения и индукционная – появились почти одновременно на рубеже 19/20 веков. К изобретению современных технологий передачи энергии без проводов с помощью направленного микроволнового излучения можно отнести эксперименты 60х годов прошлого века по использованию СВЧ диапазона длин волн для передачи энергии от передатчика к приемнику. В отличие от пробных опытов начала столетия, исследователям удалось получить удовлетворительный КПД преобразования постоянного тока в микроволны и обратно в постоянный ток приблизительно равный 54%. В 80-е и 90-е годы 20 века появилось множество изобретений, развивающий технологию индукционной передачи энергии, применяемой, например, для зарядки автомобилей. В 2000-е годы исследователями Массачусетского технологического института был предложен новый способ нелучевой передачи энергии, использующей технологию резонансной связи [1]. Исследования в области беспроводной энергоэффективной передачи энергии активно проводятся и в нашей стране [2-5].

Наиболее перспективные способы беспроводной передачи на расстояние электрической энергии: индукционный; резонансный; направленное микроволновое излучение.

Способ передачи энергии на основе явления электромагнитной индукции хорошо известен и давно применяется в трансформаторах, в которых первичная и вторичная катушки обладают индукционной связью посредством, например, магнитнопроницаемого сердечника. Недостатком этой технологии является заметное снижение количества передаваемой энергии, если воздушный зазор превышает определенный размер или нарушается взаимное расположение катушек. На эффективность передачи энергии индукционным способом существенное влияние оказывает коэффициент связи между катушками и их параметры. Однако данный способ передачи энергии обеспечивает лучший КПД передачи энергии при выполнении необходимых условий по сравнению с методом на основе магнитного резонанса. Пример системы передачи энергии на основе магнитной индукции приведен на рис. 1 [6].

Сейчас этот способ передачи энергии без проводов широко применяется для зарядки различных мобильных устройств и другого электрооборудования, предназначенных для автономной работы. Применение решетки из нескольких катушек индуктивности снижает требования по позиционированию зарядной станции и приемного устройства.

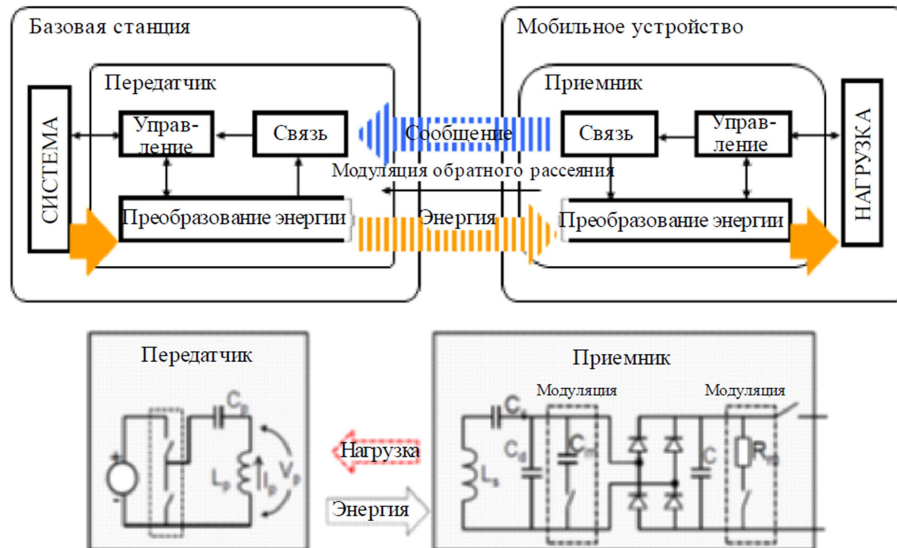


Рис. 1. Система передачи энергии на основе магнитной индукции

Для передачи энергии на основе магнитного резонанса применяются резонансная схема, включающая индуктивность и емкость. При этом энергия передается при возникновении явления резонанса между катушками индуктивности источника и нагрузки. Если резонансная частота обмоток индуктивности источника и нагрузки согласована, то имеется возможность передавать энергию на нескольких метров с высоким КПД при слабой связи между индуктивностями. Существенным преимуществом этой технологии является возможность свободно размещать индуктивность нагрузки относительно индуктивности источника энергии. На рис. 2 приведена схема системы передачи энергии на основе магнитного резонанса [6].

Системы передачи энергии без проводов на основе направленного микроволнового излучения характеризуется:

1. возможностью осуществлять передачу энергии на большие расстояния
2. между источником и преемником не образуется электромагнитная связь
3. широким спектром возможных приложений технологии: организация передачи электроэнергии от мощных источников, осуществлении питания множества маломощных сенсоров, проектирование беспроводных зарядных устройств

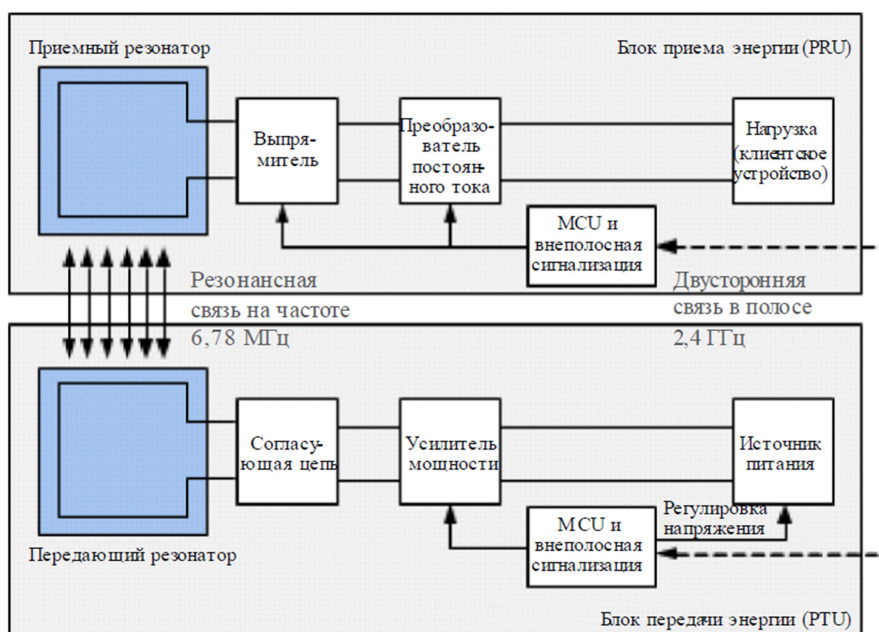


Рис. 2. Система передачи энергии на основе магнитного резонанса.

Способ передачи энергии на основе направленного микроволнового излучения требует применения антенных устройств для фокусирования электромагнитного излучения. Излучающая и принимающая антенны не образуют электромагнитную связь, поэтому число источников и приемных устройств не определяется характеристиками их схем. Системы передачи энергии на основе направленного электромагнитного излучения можно разделить по свойствам направленности и условий излучения. Во-первых, это системы, использующие широкий угол излучения источника, позволяющие питать большое число потребителей на небольших расстояниях. Во-вторых, это системы передачи энергии в ограниченных пространствах. В-третьих, это системы, использующие узкий угол излучения для питания нагрузки, размещенной на удаленной дистанции. Системы беспроводной передачи энергии узкой направленности в условиях ограниченного пространства позволяют минимизировать нежелательное рассеянное электромагнитное излучение посредством настройки свойств антенн. Направленное электромагнитное излучение может формироваться с помощью фазированной антенной решетки, состоящей из нескольких базовых антенных модулей с управляемой фазой и амплитудой, которая позволяет управлять направлением и фокусировкой излучения. Для таких систем беспроводной передачи энергии используется СВЧ диапазон длин волн. Поэтому основной проблемой для таких систем является разработка энергоэффективных СВЧ приемных и передающих устройств, позволяющих повысить КПД преобразования переменного тока в постоянный. Современные системы, преобразующие энергию переменного тока в постоянный, позволяют достичь, например, на частоте 2,4 ГГц значения КПД около 80% [1].

На рис.3 приведены изображения излучающей и приемной частей реальная установка передачи энергии через свободное пространство с использованием направленного микроволнового излучения на основе фазированных антенных

решеток, использующая для работы СВЧ диапазон, предложенная JAXA [7]. С помощью таких установок японское космическое агентство планирует организовать передачу энергии от источников в космосе на Землю.

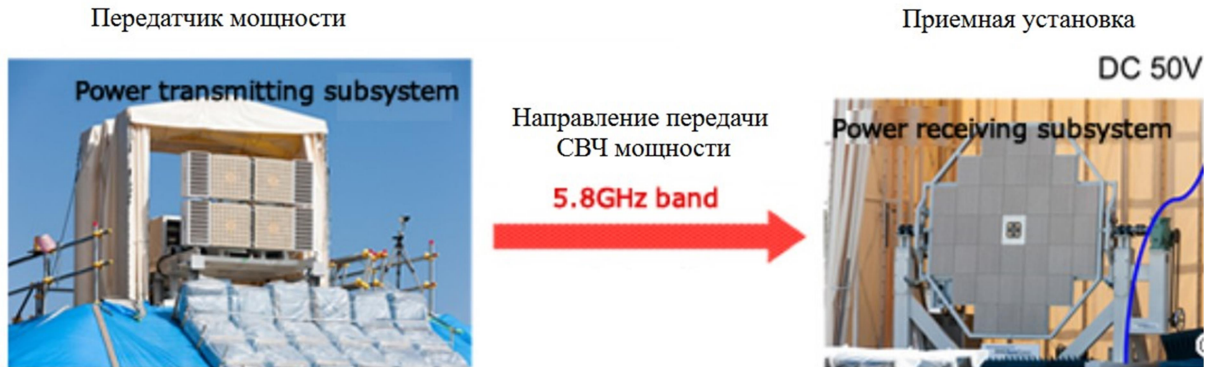


Рис. 3. Установка передачи энергии на основе фазированных антенных решеток.

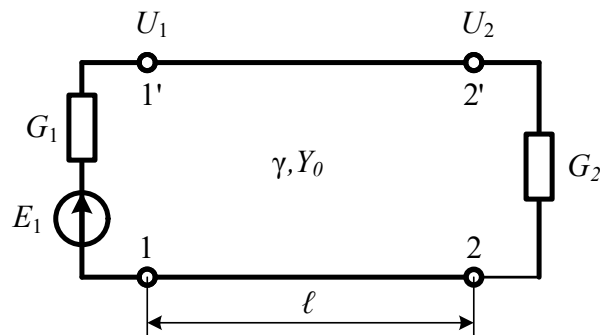


Рис. 4. Эквивалентная схема установки передачи энергии с использованием направленного микроволнового излучения.

Системы передачи энергии на значительные расстояния без проводов с использованием направленного микроволнового излучения – достаточно сложные устройства. На рис.4 приведена эквивалентная схема, моделирующая процесс передачи энергии в установке на рис.3 [8-12]. Эквивалентная схема состоит из источника E_1 с проводимостью G_1 , подключенного к зажимам обобщенной длинной линии, моделирующей свободное пространство, через которое передается энергия и нагрузки G_2 , моделирующей приемную часть.

В докладе рассмотрены имеющиеся на сегодняшний день способы и системы передачи электрической энергии на различные расстояния без проводов на основе явления магнитной индукции, направленного микроволнового излучения и резонансной связи. Приведены основные параметры и схемы систем. Системы передачи энергии на основе магнитной индукции уже нашли широкое применение в быту и промышленности для устройств зарядки устройств связи, мобильных, компьютерных и робототехнических систем. Установка беспроводной передачи энергии с использованием направленного микроволнового излучения предназначены для создания мощных передающих систем на большие расстояния и пока остаются

перспективной технологией из-за ряда нерешенных проблем с формированием и фокусировкой луча.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отчет МСЭ-R SM.2303-3 (06/2021). Беспроводная передача энергии с использованием технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча // Международный союз электросвязи (МСЭ) [сайт]. – 2021. URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2303-3-2021-PDF-R.pdf (дата обращения 15.05.2023)

2. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2018. – 116 с. EDN: YTPREQH

3. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Основы теории одномерной нелинейной электрической и электронной волновой цепи: учебное пособие.– Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2015. – 100 с. EDN: VGYXNH

4. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2017. – 111 с. EDN: YHOZPL

5. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Диагностика трансформации амплитуды сигнала в логическом элементе СВЧ // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: Материалы XXVIII научной конференции. – Ростов-на-Дону; Таганрог: ЮФУ, 2021. С. 108-110. EDN: CVABBU

6. Отчет МСЭ-R SM.2392-0 (08/2016). Применения беспроводной передачи энергии с помощью радиочастотного луча // Международный союз электросвязи (МСЭ) [сайт]. – 2016. –URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2392-2016-PDF-R.pdf (дата обращения 15.05.2023)

7. Ground demonstration testing of microwave wireless power transmission // Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) [сайт]. – 2015. –URL: <https://www.kenkai.jaxa.jp/eng/research/ssps/150301.html> (дата обращения 15.05.2023).

8. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Нелинейные электрические колебания в электронной цепи учебное пособие.– Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2020. 106 с. EDN: WKEESE

9. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Экспериментальное исследование регенеративного вторичного источника СВЧ энергии // Известия высших учебных заведений. Электромеханика, 2020. Т. 63. № 4. С. 84-89. EDN: DUGXJU

10. Карпук А.Н., Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование регенеративного модуля активной фазированной антенной решетки // Моделирование. Фундаментальные исследования, теория, методы и средства. Материалы 18-ой Национальной молодежной научно-практической конференции. – Новочеркасск: Лик, 2018. С. 82-83. EDN: XVNTSH

11. Карпук А.Н., Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование резистивно-негатронного элемента СВЧ щелевой активной антенны//

Моделирование. Фундаментальные исследования, теория, методы и средства. Материалы 18-ой Национальной молодежной научно-практической конференции. – Новочеркасск: Лик, 2018. С. 83-84. EDN: UWCHNA

12. *Shinohara, N.* "Wireless Power Transfer via Radiowaves (Wave Series)", ISTE Ltd. and John Wiley & Sons, Inc., Great Britain and United States, 2014.1.

УДК 681.11.031.1: 629.331

СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Майдаченко В.В., Волощенко Ю.П.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета

В работе рассматриваются различные перспективные и реализованные проекты систем накопления энергии для электротранспорта, их особенности, принцип работы, классификация и области применения. Приведены сведения об эффективности систем накопления электроэнергии электромобилей. На основе обзора оценены возможности для внедрения различных систем накопления энергии в автомобильной отрасли.

Существующая проблема повышенной концентрации выхлопных газов в приземном слое воздуха крупных городов и районов компактного проживания населения, образующаяся в результате повсеместной эксплуатации транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, требует поиска рациональных технических решений по замене существующего автотранспорта на более экологичный [1]. Одно из таких решений – увеличение доли использования электромобилей и электротранспорта для перевозки грузов и пассажиров. Для этого необходимо решать задачи по увеличению экономичности и эффективности электрической системы электромобилей и доработке систем накопления и хранения энергии. Проблема создания энергоэффективного оборудования электромобилей – часть общей задачи по разработке новых силовых и управляющих электронных систем с учетом энергетических процессов, которой активно занимаются в нашей стране и мире [2-7]. Разработка новых и развитие имеющихся решений в области накопления и хранения электроэнергии – актуальный вопрос, по которому регулярно выдвигаются новые идеи и технологии, требующие оценки и апробации на практике по комплексному ряду критериев.

В данной работе рассматриваются основные имеющиеся на сегодняшний день и перспективные типы накопителей электроэнергии, осуществляется поиск наиболее оптимального решения для применения в электромобилях и других видах электротранспорта. Известны следующие типы накопителей электроэнергии: механические, электрохимические, накопители энергии магнитного поля в виде электромагнитов и электрического поля в виде различных емкостей конденсаторов. Накопители отличаются в основном способами преобразования и хранения электрической энергии [8-10].

Механические накопители электроэнергии представляют собой электрические устройства, позволяющие преобразовывать электрическую энергию в механическую, сохранять ее и, в дальнейшем, для отдачи в нагрузку, осуществлять обратное преобразование. Механические накопители бывают двух типов – гравитационные и маховичные. Гравитационный накопитель использует для запасаания электроэнергии потенциальную энергию. Основным элементом маховичных накопителей – вращающийся вал, который позволяет запастись электроэнергией посредством кинетической энергии вращающегося тела. В работах [11-12] предложено перспективное решение в виде супермаховика, в котором массивный элемент конструкции – металлический диск заменен на высокопрочные металлические ленты либо канаты. Это позволяет сохранять больше кинетической энергии, повышает безопасность эксплуатации этого устройства. Существенным препятствием широкому внедрению супермаховика в качестве накопителя в электромобилях является отсутствие надежной конструкции трансмиссии, но при этом ведутся работы по встраиванию супермаховика на железнодорожном транспорте.

Существенное преимущество электрических накопителей – сохранение электрической энергии без необходимости преобразовывать ее в другие виды энергии. Классификация таких накопителей включает индуктивные накопители со сверхпроводящим проводником и суперконденсаторы. Сверхпроводниковый индуктивный накопитель или СПИН представляет собой электрическое устройство, накапливающее электроэнергию в постоянном магнитном поле. Поле создается током, протекающим через катушку индуктивности из сверхпроводящего материала. Кроме этого, конструкция СПИН включает систему охлаждения и преобразователь. СПИН обладает высокой плотностью хранения энергии, большой мощностью, быстрым действием, но необходимость поддержания условий для сверхпроводимости делает его сложно реализуемым для систем электротранспорта. Суперконденсатор является пассивным электрическим элементом, развитым из обычных конденсаторов и используемым для статического накопления электроэнергии. Суперконденсатор конструктивно состоит из двух электродов, между которыми находится диэлектрик. Но, отличие от конденсаторов, в нем используются электроды с разной проводимостью, образуя дополнительный диэлектрик. Существенными недостатками суперконденсаторов является низкая плотность хранения энергии, высокая цена и существенный саморазряд. [13-14]

В электрохимических накопителях используется энергия, образующаяся в результате химических реакций для накопления и хранения энергии. Как правило, это – топливные элементы и батареи. Топливные элементы представляют собой химические источники тока, конвертирующие энергию топлива в электрическую энергию. Примером таких источников является ионно-мембранный топливный элемент, основным элементом которого является мембрана. В топливном элементе в химическую реакцию вступают водород, представляющий собой топливо, и кислород в качестве окислителя, платина выступает в качестве катализатора. На аноде происходит расщепление водорода с образованием ионов водорода. Ионы водорода, которые

осуществляют перенос заряда между катодом и анодом, свободно проникают через мембрану к катоду, вступая в реакцию там с кислородом. Преимуществом таких источников является эффективность в сравнении со способами преобразования энергии, предполагающими сжигание топлива. Недостатками таких элементов являются: сложности, сопутствующие хранению и использованию водорода и высокая стоимость катализатора из платины.

Свинцовый аккумулятор представляет собой батарею, позволяющую осуществлять многократную зарядку путем подачи от внешнего источника напряжения, более высокого, чем собственное напряжение аккумулятора. В зависимости от режима работы, аккумуляторы бывают: тяговые, способные обеспечивать длительно равномерный ток в нагрузке, и стартовые, обеспечивающие большой ток для потребителя на короткий период времени. Конструкция свинцовой батареи представляет собой резервуар с раствором серной кислоты, в котором находятся два электрода из свинца и его двуокиси. На поверхностях электродов имеются неровности, позволяющие увеличить площадь взаимодействия веществ при химической реакции. При этом электроды расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Блок электродов изготавливается в двух вариантах: рулонный блок электродов или набор отдельных электродов. Рулонная конструкция электродов, закручивающихся вокруг воображаемого цилиндра или пластины, позволяет создавать компактные батареи малой ёмкости. Призматические аккумуляторы выполняются в виде блока отдельных электродов в пластиковом или металлическом корпусе с возможностью добавления электролита внутрь аккумулятора. Одно из преимуществ свинцовых аккумуляторов – это обратимость химических процессов в них. При заряде такого аккумулятора на поверхности соответствующих электродов может образовываться свинец и его двуокись. В электролите при этом происходят процессы восстановления серной кислоты. Батарея обладает высоким внутренним сопротивлением из-за электролита и относительно небольшой контактной поверхности электродов. Одним из недостатков свинцово-кислотных аккумуляторов является зависимость внутреннего сопротивления от режима, в котором они работают – зарядки или разрядки. Дополнительными недостатками этого типа батарей являются: затратный по времени цикл накопления заряда и ограниченное число циклов заряда и разряда. Для использования в автомобилях выпускают и другие типы батарей, например, литий-ионные и никель-металлгидридные. Они обладают меньшим весом и длительностью периода зарядки, но при этом обеспечивают заметно большее количество циклов заряда – разряда. Еще один тип аккумуляторов – натрий-ионные является аналогом литий-ионных батарей. Принцип работы этой батареи и конструкция соответствуют литий-ионной батарее, с той лишь разницей, что вместо лития используются ионы натрия ионы в качестве носителей заряда. Эти типы батарей нашли широкое применение в автомобильной промышленности, для питания различных электронных и робототехнических устройств. На рис. 1. приведены структуры свинцово-кислотной батареи (а) и ионно-мембранного топливного элемента (б). На рис 1а: 1 – анод, 2 – катод, 3 – серная кислота, 4 – отделитель, 5 – ток в

нагрузке, 6 – 2H^+ (зарядка), 7 – 2H^+ (разрядка). На рис. 1б: 1 – анод, 2 – катод, 3 – мембрана, 4 – водород, 5 – вода, 6 – воздух, 7 – кислород, 8 – ток в нагрузке, 9 – 2H_2 , 10 – 4H^+ . Сравнение основных типов батарей сведено в таблицу 1 [10, 15].

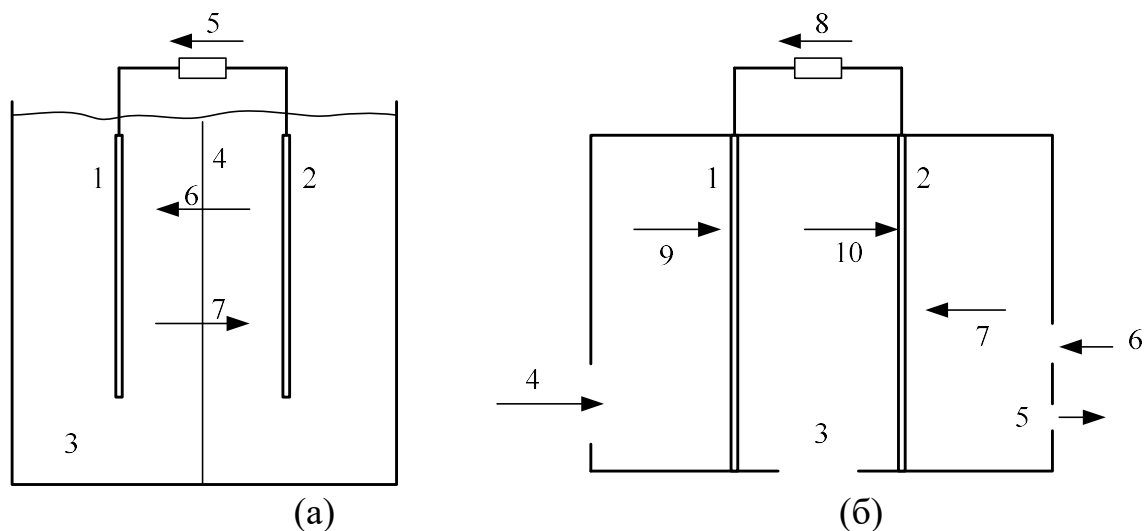


Рис.1. Структуры свинцово-кислотной батареи (а) и ионно-мембранного топливного элемента (б).

Таблица 1

Сравнение типов электрохимических батарей

	Натрий-ионный аккумулятор	Литий-ионный аккумулятор.	Свинцово-кислотная батарея
Стоимость	Низкая	Высокая	Низкая
Плотность энергии	Средняя / Высокая	250–693 Вт · Ч / л	80–90 Вт · ч / л
Удельная энергия	90 Вт · ч / кг	220 Вт · ч / кг	35–40 Вт / кг
Удельная мощность	2–5 кВт / кг	245–430 Вт / кг	180 Вт / кг
Безопасность	Высокая	Низкая	Умеренная
Материалы	Доступные	Редкие	Токсичные
Циклическая стабильность	Высокая (незначительный саморазряд)	Высокая (незначительный саморазряд)	Умеренная (высокая саморазряд)
КПД	Высокий (>90%)	Высокий (>90%)	Низкий (< 75%)
Диапазон температур	от -40 °С до 60 °С	от -25 °С до 40 °С	-40 От °С до 60 °С
Примечания	Менее развитая технология; непростая транспортировка	Ограничения на транспортировку в разряженном состоянии	Освоенная технология; быстрая зарядка невозможна

В качестве накопителя электроэнергии оптимальным выбором является литий-ионный аккумулятор. Использование данного типа аккумулятора обусловлено не только приведенными техническими характеристиками, но и их

доступностью в продаже, простотой обслуживания, долговечностью. Аккумуляторы данного типа активно используются в различных системах накопления электроэнергии, поэтому на рынке существует большой выбор электрооборудования, предназначенного для работы с литий-ионными аккумуляторами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Asif Faiz, Christopher S. Weaver, Michael P. Walsh.* Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions. – Washington, D.C.: World Bank, – 1996. – 246 с.
2. *Robert A. Huggins.* Energy Storage. – Springer Science & Business Media, – 2010. – 424 с. DOI 10.1007/978-1-4419-1024-0
3. *Дидманидзе О.Н., Парлюк Е.П., Пуляев Н.Н.* Эффективность тягово-транспортных средств при использовании накопителей энергии. – Москва: Мегатрип, – 2018. – 189 с. EDN: UZVGNY
4. *Волощенко Ю.П., Гайдук А.Р., Зарифьян А.А., Колпахчян П.Г., Медведев М.Ю., Полянович Н.К., Пшихопов В.Х.* Энергосберегающее управление движением поездов с электрической тягой: монография. – Ростов-на-Дону – Таганрог, –2016. – 353. EDN: XUYYPX
5. *Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П.* Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие.– Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2018. – 116 с. EDN: YTPREQH
6. *Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П.* Основы теории одномерной нелинейной электрической и электронной волновой цепи: учебное пособие.– Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2015. – 100 с. EDN: VGYXNH
7. *Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П.* Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2017. – 111 с. EDN: YHOZPL
8. *Соколовский Ю.Б., Роткин В.М., Лимонов Л.Г., Зырянов В.М.* Актуальная ветроэнергетика. Генерация и накопление энергии: Серия Монографии НГТУ. – Новосибирск: НГТУ, – 2021. 211 с. EDN: JODKJL
9. *David Elliott.* Energy Storage Systems. – IOP Publishing Ltd, –2017. DOI 10.1088/978-0-7503-1531-9
10. *Brian Mok.* Types of Batteries Used for Electric Vehicles // Prof. Robert B. Laughlin, Department of Physics, Stanford University, Stanford, CA 94305 [сайт]. – 2017. – URL: <http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/mok2/> (дата обращения 20.05.2023)
11. *Воротынцев В.С., Волощенко Ю.П.* Системы накопления электроэнергии и выбор накопителя для жилого дома//Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении «КомТех-2022»: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием : в 2 т. – Ростов-на-Дону; Таганрог: ЮФУ, 2022. – Том 2. С. 106 – 113. EDN: KDDTBQ

12. Superflywheel. Kinetic Energy Storage (KEST) // Kinetic-Power [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.kinetic-power.com/?lang=en> (дата обращения 20.05.2023)

13. *Воротынцев В.С., Волощенко Ю.П.* Выбор накопителя электрической энергии для системы электроснабжения жилого загородного дома // Всероссийская научная конференция «Теоретические и методические проблемы эффективного функционирования радиотехнических систем» («Системотехника-2022»). Проблемы современной системотехники: сборник научных статей. – Таганрог: Изд-ль ИП Ступин С.А, 2022. -вып.XVI. С.32-37. EDN: DVQITY

14. *Lei Li et al.* High-Performance Pseudocapacitive Microsupercapacitors from Laser-Induced Graphene // *Advanced Materials*. Germany: John Wiley & Sons Wiley-VCH, –2015. DOI: 10.1002/adma.201503333

15. *Alex Scott.* Challenging Lithium-Ion Batteries With New Chemistry // *Chemical & Engineering News* [сайт]. – 2015. – URL: <https://cen.acs.org/articles/93/i29/Challenging-Lithium-Ion-Batteries-New.html> (дата обращения 20.05.2023)

УДК 681.3.07

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН НА ПРИМЕРЕ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «НАРЗАН»

*Сильченко Е.С., Макаров А.М., Дручинин В. А.
Пятигорский государственный университет, Пятигорск*

Введение

Учет и контроль качества минеральной воды представляет собой важную задачу для производителей и потребителей данной продукции.

Лечебная минеральная вода имеет высокую ценность, так как содержит множество полезных минералов и микроэлементов, которые оказывают благоприятное воздействие на организм человека. Кроме того, минеральная вода имеет лечебные свойства и используется для профилактики и лечения многих заболеваний. Создание компаний «Холдинг Аква» привело к необходимости разработки системы мобильной радиосвязи цифровой в корпоративной сети. Для нее потребовалась развитие протоколов обмена данных. Второму вопросу и посвящена предлагаемая работа авторов.

Сегодня распределенный реестр (блокчейн технологии) являются одной из самых актуальных и популярных технологий в мире, которые предоставляют множество новых возможностей. Они позволяют создавать безопасные и прозрачные системы для учета и контроля различных данных, включая информацию о лечебной минеральной воде. Благодаря распределенному

хранению данных и отсутствию централизованного управления, блокчейн технология обеспечивает высокую степень надежности и защиты от взлома.

Цель исследования заключается в осуществление технологического и нормативного контроля количества добываемых лечебных минеральных вод. Контроль минеральной воды с сохранением источников и лечебных свойств. Эффективное поступление минеральной воды нужным продавцам, осуществление прозрачности всех поставок. Возможность конечным покупателям фальсифицировать или не фальсифицировать продукт собственного потребления.

Задачи исследования:

1. Изучение основных структур блокчейн-технологий систем распределенного реестра, применяемых на предприятии.
2. Разработка распределенных реестров для предприятия, филиалов и потребителей.
3. Анализ динамики работы систем распределенного реестра, используемых для учета и контроля лечебных минеральных вод.
4. Разработка основных протоколов систем распределенного реестра на основе методов криптографии.

Блокчейн технологии представляют собой системы распределенного реестра, которые используются для хранения и обработки информации. Они основаны на создании цепочки блоков (блокчейн), каждый из которых содержит криптографически защищенную информацию о предыдущем блоке и новых данных.

Данные хранятся в блоках, которые соединены друг с другом цепочкой. Каждый блок имеет уникальный код (хэш), который гарантирует его неподдельность и неизменяемость. Блокчейн технологии могут существенно повысить уровень информационной безопасности. Благодаря своей децентрализованности и неизменяемости данных, блокчейн может предотвращать фальсификацию и хакерские атаки на базы данных.

Распределенные реестры позволяют улучшить процессы обмена информацией между участниками системы, обеспечивая высокую степень конфиденциальности и защиты от взлома. Эта технология может использоваться для хранения данных о товарах, услугах и финансовых операциях с целью повышения прозрачности и ускорения процессов бизнеса.

Распределенный реестр — это база данных, которая используется и синхронизируется между несколькими участниками, учреждениями, географическими регионами или разными странами, доступная нескольким людям в одно и то же время. Это позволяет подробно отслеживать транзакции в системе, ведь каждый участник может быть публичным «свидетелем». Участник в каждом узле сети может получить доступ к информации, используемой в этой сети, и владеть ее копией.

Распределенные реестры, также известные как блокчейн технологии, стали популярным инструментом для улучшения производительности и безопасности в различных отраслях.

Использование распределенных реестров (блокчейн технологий) на предприятии АО Нарзан поможет добиться важных целей для производства и сохранения лечебной минеральной воды:

1. Осуществление технологического и нормативного контроля количества добываемых лечебных минеральных вод.
2. Эффективное поступление минеральной воды нужным продавцам, осуществление прозрачности всех поставок.
3. Возможность покупателям фальсифицировать или не фальсифицировать продукт собственного потребления.

Вышеприведенные пункты включают в себя такие задачи, как сохранение источников минеральной воды, т. к. на данный момент исчезло множество источников минеральной воды на Кавказе. Нужен строгий контроль использования скважин, для сохранения качества и состава минеральных вод. Так же необходимо эффективное распределение готовой продукции к потребителям для того, чтобы минеральная вода не простаивала свой срок годности, не было у одних переизбытка, а у других недостатка минеральной воды, то есть грамотное распределение между потребителями, а вследствие недопущение чрезмерного или наоборот недостаточного добывания минеральной воды из скважин. Вместе с тем, одна из задач – открытость торговли, прозрачность производства от поступления воды на линию розлива до конечного потребителя готовой продукции.

На предприятии АО «Нарзан» предлагается использовать несколько систем распределенного реестра. Так как данная компания состоит в группе компаний «Холдинг Аква» и имеет несколько производственных площадок, а также большое количество потребителей. Для начала построения ниже предложенных систем, были использованы технологические карты, для полного понимания структуры производства и добычи минеральной воды.

Одна из систем, показана на рис. 1, блокчейн технологий обеспечивает запись всех происходящих транзакций в основную цепь блокчейн системы. Нотариус-криптограф гарантирует защиту от мошенничества.

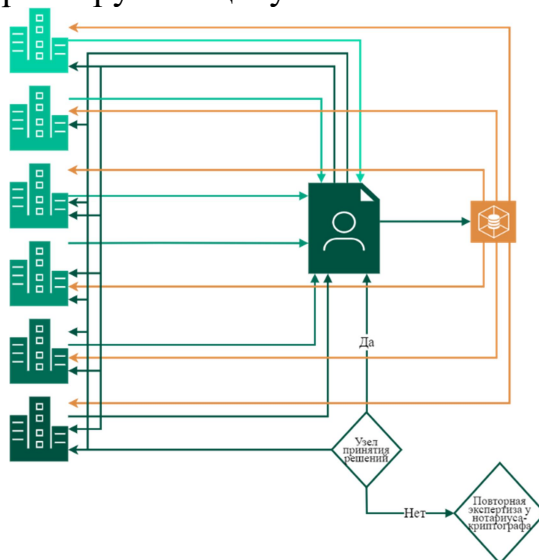


Рис. 1 – Распределенный реестр блокчейн системы

	Нотариус-криптограф ЦОК
	Производственные филиалы
	Основная цепь блокчейна

Рис. 2 – Основные обозначения рис. 1

Следующая система, показана на рис. 2 - обобщенная блокчейн цепь состоит из производственных площадок (филиалов), главного офиса и нотариуса-криптографа. Транзакции записываются в основную блокчейн цепь. Обобщенная блокчейн цепь объединяет производственные площадки с главным офисом, повышая прозрачность и безопасность транзакций. Каждый филиал имеет свой блок в цепи, а транзакции записываются в основную блокчейн цепь для гарантии безопасности.

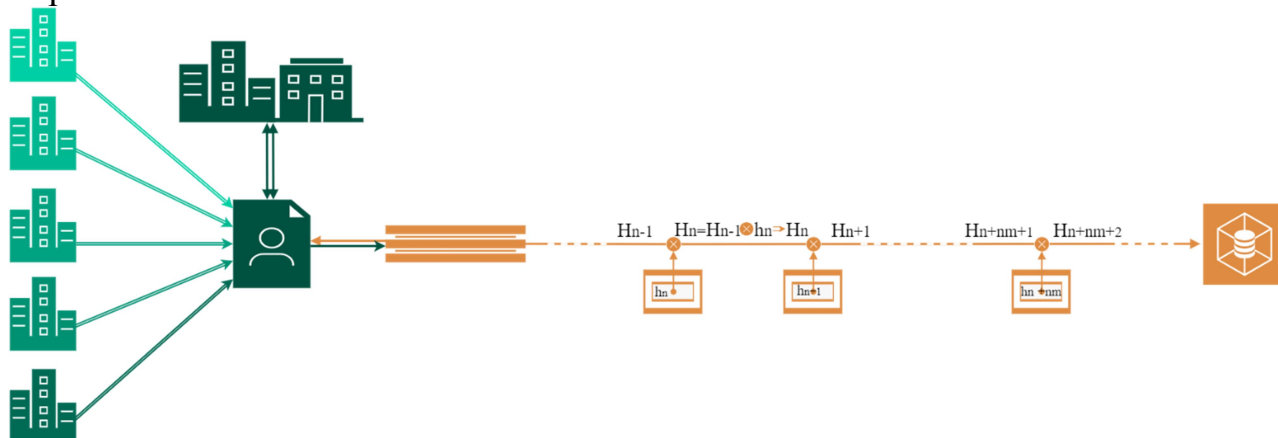


Рис. 3 – Формирование обобщенной блокчейн цепи

	Центральный орган корпоративной сети(ЦОК)
	Нотариус-криптограф ЦОК
	Производственные филиалы
	Формирование обобщенных данных блокчейн цепи
	Блоки транзакций между абонентами (внутренние и внешние)
	Основная цепь блокчейна

Рис. 4 – Основные обозначения рис. 3

И последняя корпоративная сеть с потребителями, показана на рис. 5 состоит в том, что вся информация о производственном процессе, начиная с поставок сырья до потребителя является доступной для всех участников системы, как для всех производственных площадок, так и для всех покупателей минеральной воды. Она позволяет снизить издержки на управление и распределение товаров, обеспечивает безопасность и защиту от фальсификации.

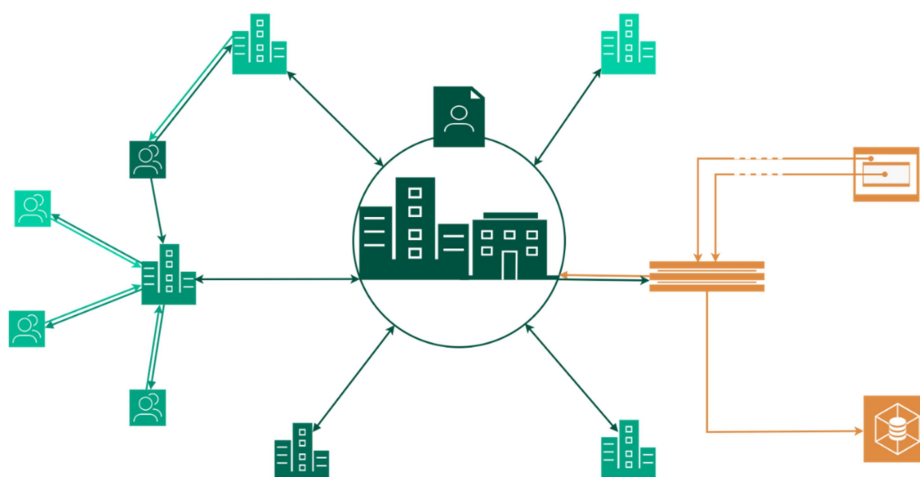


Рис. 5 – Корпоративная сеть с потребителями

	Центральный орган корпоративной сети(ЦОК)
	Нотариус-криптограф ЦОК
	Производственные филиалы
	Формирование обобщенных данных блокчейн цепи
	Блоки транзакций между абонентами (внутренне и внешние блоки)
	Основная цепь блокчейна
	Потребители

Рис. 6 – Основные обозначения рис. 5

Таким образом, с учетом реализации рекомендаций по совершенствованию, данное предприятие оснащается системой защиты информации, распределенный реестр (блокчейн технологии) делает открытость торговли при максимальной безопасности в совокупности всех элементов системы.

Динамика работы системы распределенного реестра, основанной на технологии блокчейн, в значительной степени определяется ее устройством и принципом работы. В целом, такая система работает следующим образом:

1. Сбор данных. Информация в такой системе собирается от всех участников. Эта информация может быть любого типа – от данных о финансовых транзакциях до информации о принятых решениях.

2. Шифрование и добавление блоков. Собранные данные шифруются и преобразуются в блоки. Каждый блок имеет уникальный код и ссылку на предыдущий блок. Таким образом, цепочка блоков образует непрерывную цепь, которая представляет собой распределенный реестр.

3. Распределение блоков. Новые блоки распределяются между всеми участниками сети. Это обеспечивает высокую степень безопасности, поскольку для того, чтобы добавить новый блок в цепочку, необходимо согласование участников системы.

4. Проверка блоков. Каждый новый блок проходит проверку у других участников сети. Если блок не проходит проверку, его добавление в цепочку блоков не произойдет.

5. Обновление базы данных. Когда блок успешно проходит проверку, данные сохраняются в базе данных. Эта база данных обновляется одновременно у всех участников сети, что является главным принципом работы распределенного реестра.

О целесообразности включения временных меток в протоколы нотариуса-криптографа для контроля всеми участниками сети с распределенным реестром (блокчейн технологии) для фиксации времени создания документа или последней его модификации в социально-экономической сфере.

Использование метода временных меток в системах распределенного реестра (блокчейн технологии) (СРРБЧ) для повышения качества контроля достоверности и целостности информации блоков, представленных в общей базе для абонентов СРРБЧ. Действительно, если наряду с обычными криптографическими технологиями аутентификации, идентификации, обеспечение доверия абонентов сети СРРБЧ, в котором абоненты не могут или не имеют возможности доверять, использовать метки времени, то такой подход, дает возможности всем абонентам сети контролировать свежесть предлагаемой информации абонентами сети.

Протоколы нотариуса-криптографа являются важной частью системы распределенного реестра. Эти специальные узлы отвечают за подтверждение легитимности транзакций. Однако, для обеспечения надежности и прозрачности системы, необходимо учитывать аспект времени.

Предлагается включать абсолютные временные метки в структуру хэш-функций, которые генерируются нотариусом-криптографом при добавлении новых блоков транзакций в цепочку блокчейна. Это позволяет всем участникам сети контролировать актуальность данных и обеспечивать их целостность.

Применение временных меток в протоколах нотариуса-криптографа приносит множество преимуществ:

Повышение достоверности данных: Привязка данных к точному времени создания делает невозможным манипуляции или изменение информации после ее добавления в блокчейн. Это обеспечивает надежность и доверие к системе.

Отслеживание истории изменений: Временные метки позволяют более точно отслеживать историю изменений данных. Это особенно важно в контексте финансовых транзакций, где требуется высокая прозрачность.

Защита от фальсификации: Использование временных меток значительно усложняет задачу фальсификации данных. Это означает, что блокчейн становится более надежным средством хранения информации.

В зависимости от уровня конфиденциальности обрабатываемой информации, можно использовать как открытые, так и подписанные электронной цифровой подписью временные метки. Этот выбор предоставляет дополнительные гибкие варианты в области обеспечения безопасности данных.

Открытые временные метки предназначены для тех данных, которые могут быть общедоступными. Это может включать в себя информацию, которая не требует дополнительной защиты, либо которую можно предоставить обществу в целях прозрачности. Например, транзакции криптовалюты могут содержать открытые временные метки, чтобы каждый участник сети мог проверить их легитимность.

Подписанные временные метки предоставляют дополнительный уровень безопасности и конфиденциальности. Эти метки используются для данных, которые требуют дополнительной защиты от несанкционированного доступа. С помощью электронной цифровой подписи можно обеспечить, что только уполномоченные лица смогут получить доступ к данным, связанным с этими временными метками.

Таким образом, включение временных меток в протоколы нотариуса-криптографа является необходимым элементом в работе с распределенным реестром (блокчейн технологиями) и позволяет обеспечить надежность и целостность информации для всех участников СРРБЧ.

Заключение

Ведение учета и контроля минеральной воды является ключевым элементом в обеспечении поддержания качества питьевой лечебной воды и туристической инфраструктуры, а также в управлении природными ресурсами. Ранее, этот процесс требовал больших затрат времени и усилий от участников инфраструктуры, и был подвержен риску ошибок, потери данных и фальсификации.

В результате исследования применения технологии распределенного реестра (блокчейн технологии) для учета и контроля минеральной воды были успешно решены задачи, связанные с изучением основных структур блокчейн-технологий, разработкой распределенных реестров и анализом динамики работы систем распределенного реестра. Были разработаны основные протоколы систем распределенного реестра на основе методов криптографии, что позволило повысить уровень безопасности данных, исключить возможность фальсификации и потери информации.

Основными преимуществами использования блокчейн технологии в данной сфере являются прозрачность и неприкосновенность данных. Кроме того, система распределенного реестра позволяет снизить затраты на управление данными и оптимизировать процессы контроля за минеральной водой.

Однако, благодаря применению блокчейн технологии, учет и контроль минеральной воды значительно упрощается. Теперь, данные могут храниться на множестве распределенных серверов, которые работают одновременно и обеспечивают безопасность и прозрачность. Это гарантирует, что информация не может быть изменена или потеряна, а также обеспечивает гарантию конфиденциальности и надежности передачи информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**Нормативно-правовые акты**

1. Конституция Российской Федерации с комментариями для изучения и понимания [Текст] / коммент. Л. Ш. Лозовский, Б. А. Райзберг. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 128 с. - ISBN 978-5-16-00048-7.
2. Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 09.03.2021) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" (с изменениями и дополнениями).
3. Постановлением Правительства РФ от 01 ноября 2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».
4. Устав АО «Нарзан» г. Кисловодск, Ставропольский край. Монографии, диссертации, статьи
5. *Дрешер, Д.* Основы блокчейна / Д. Дрешер. / М.: ДМК Пресс, 2018. – 125 с.
6. *Людвиг, А. В.* Технология блокчейн и возможности ее применения в управлении производственными и экономическими процессами на предприятии // Экономика и управление. - 2018. - № 3.
7. *Мухаметшина, З. Ф.* Развитие учета на базе распределенного реестра / З. Ф. Мухаметшина, М. Р. Абрамова // - 2017. - № 139. - С. 500–504.
8. *Россинский, А. Ю.* Блокчейн. Структура, технология, экономика. – М.: Московская Школа Управления СКОЛКОВО, 2018. – 238 с.

Информационные ресурсы

9. Официальный сайт АО «Нарзан», Ставропольский край, г. Кисловодск [Электронный ресурс] URL: <http://www.narzanwater.ru/?home=1> (дата обращения: 01.04.2023)/
11. Блокчейн для распределенного реестра Официальный сайт [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/723530/> (дата обращения: 15.04.2023);

УДК 629.7.066.3

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ,
ПЕРЕДАВАЕМЫХ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ,
С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ**

Дьяков А.В., Меньшиков Н.С., Прокопов И.Р., Кулагин П.С., Шакун М.А.
Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета

Анализ геополитической обстановки последних лет свидетельствует о непрекращающейся социальной поляризации во всём мире. Принятая ещё в 2016-м году Доктрина информационной безопасности Российской Федерации [1] в перечне угроз, стоящих перед нашей страной и обществом,

непосредственно содержит указание на усиливающуюся деятельность организаций, осуществляющих техническую разведку (шпионаж) в России, а также на то, что ряд западных стран наращивает возможности информационно-технического воздействия на информационную инфраструктуру в военных целях.

Нейтрализация подобных угроз возможна лишь при комплексном подходе. Одним из направлений такого противодействия является совершенствование организационных и технических мер по повышению эффективности систем радиомониторинга.

Повсеместное развитие беспроводной цифровой связи ставит перед радиомониторингом принципиально новые задачи, заключающиеся уже не столько в контроле за использованием радиочастотного спектра, сколько в идентификации радиоэлектронных средств. Огромное количество действующих передатчиков в совокупности с разнообразием применяемых протоколов связи позволяет злоумышленникам эффективно скрывать свое присутствие в радиоэфире путём маскирования под легитимно действующие сети связи.

Таким образом, в настоящее время полноценный радиомониторинг невозможен без технического анализа сигналов и извлечения идентификационных данных излучающих эти сигналы радиоэлектронных средств.

Предмет исследования: радиомониторинг с использованием анализатора спектра RSA-306B и вспомогательных программно-технических средств.

Объект исследования: структура сигнала однонаправленных радиоканальных систем передачи извещений дальнего действия по протоколу LARS (Long range Alarm Radio System).

Данная статья предназначена для ознакомления с методом решения проблемы идентификации на примере сигнала, принятого с однонаправленной радиоканальной системы передачи извещений дальнего действия для передачи тревожных сообщений от удаленных датчиков охранной сигнализации LARS на центральную станцию.

В ходе проделанной работы авторами были обнаружены и записаны сигналы при помощи анализатора спектров RSA-306B, работающего в режиме реального времени. После этого виртуальной моделью декодера в Simulink был произведен технический анализ сигнала и декодирование.

Анализатор спектра RSA-306 – это анализатор, позволяющий выполнять глубокий спектральный анализ импульсных сигналов. Он способен отображать спектрограммы в режиме реального времени для быстрого поиска переходных процессов и источников помех.

Главная особенность RSA-306B заключается в том, что данный прибор обрабатывает поступающую на него информацию в реальном времени, то есть непрерывно собирает данные и определяет параметры сигнала во временной области, после чего с помощью быстрого преобразования Фурье переводит сигнал в частотную область, при этом время обработки данных не превышает время сбора.

В ходе эксперимента на штыревую антенну анализатора спектра был принят радиосигнал в частотном диапазоне 130-170 МГц (VHF). Затем сигнал

был смещён по частотной оси в более низкочастотную область. Далее с помощью программного обеспечения Tektronix SignalVu-PC данный сигнал был обработан и записан в файл.

Виртуальная модель, созданная в процессе работы, смогла вывести на дисплей двоичную кодовую последовательность из записанного файла. Полученный бинарный код удалось декодировать с помощью написанного ранее программного обеспечения на языке Python.

Описание виртуальной модели и полученные результаты моделирования

Представленная виртуальная модель является прототипом, который в последующем будет изменяться и улучшаться. Как описано ранее, демодуляция и запись принятого с эфира сигнала была произведена в анализаторе спектра реального времени RSA-306B. На рис. 1., представлена виртуальная модель в среде Simulink, где элементами являются составные части данной схемы.

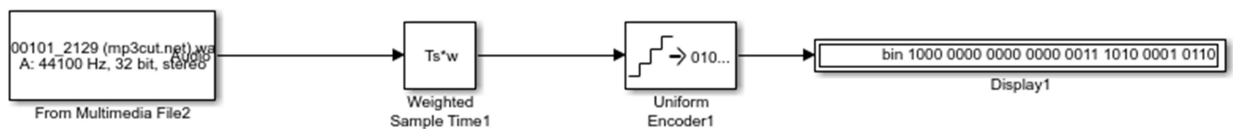


Рис.1. Виртуальная модель

FromMultimediaFile – блок, функция которого открывать звуковые файлы формата .MP3 и .wav для дальнейшей обработки. В его параметрах (представлены на Рис.2) присутствуют настройки для самой записи и для ее выхода. В области Parameters: указывается полный путь/имя файла (File Name), выставляется количество воспроизведений (Number of time stop lay file), так же есть возможность определить диапазон проигрывания (Reallrange) от 1 до N. В области Outputs задаются параметры выхода: галочка Outputend-of-file indicator-выходной индикатор конца файла, Samples per audio channel–количество таких сигналов на один или два аудиоканала (mono или stereo).

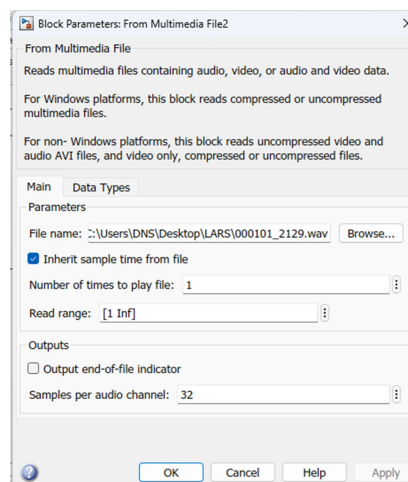


Рис.2. Параметры блока From Multimedia File

Weighted Sample Time – блок, разделяющий сигнал на временные интервалы по 1,67 мкс, что соответствует частоте 600 Гц. Параметры данного блока представлены на рис.3.

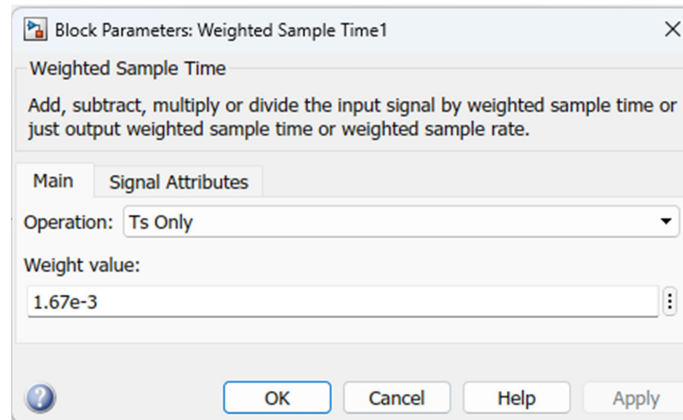


Рис.3. Параметры блока Weighted Sample Time

Uniform Encoder – блок, функция которого заключается в определении по значению амплитуды, принятого на вход сигнала, логического 0 или 1. Параметры блока Uniform Encoder представлены на рис.4.

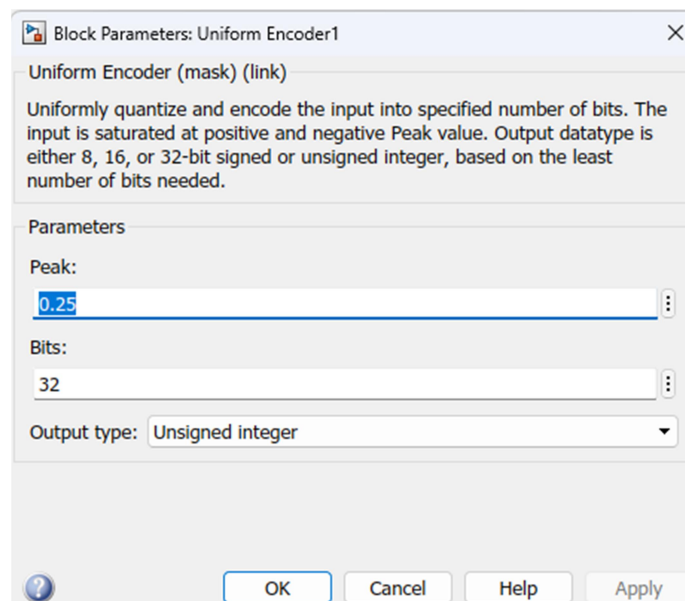


Рис.4. Параметры блока Uniform Encoder

На Рис. 1 показано, что Display (блок вывода) выводит числовую последовательность – 1000 0000 0000 0000 0011 1010 0001 0110. Полученный поток символов – это закодированное сообщение, а именно номер передатчика и номер передаваемого им извещения.

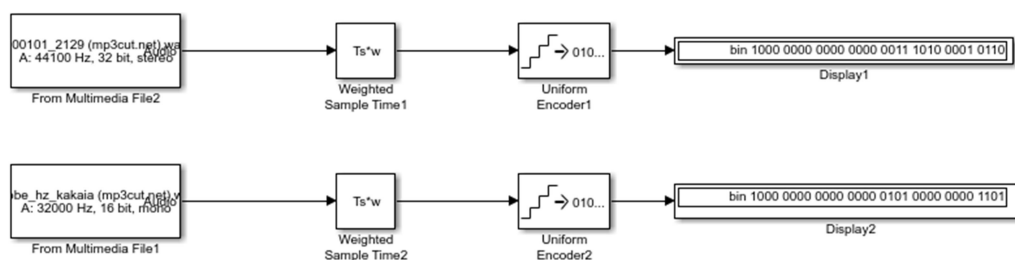


Рис.5. Результаты моделирования работы виртуальной схемы

Сравнив два разных сигнала, демодуляция и запись которых проводилась на одной и той же частоте обнаружения и времени появления первого, исходя из рис. 5., можно убедиться в том, что первая половина последовательности (16 символов) – одинакова, следовательно, это один и тот же передатчик. Заметим, что вторая часть последовательности разная, это означает, что состояние контролируемого параметра изменилось. Процесс и результаты декодирования двух полученных кодов будет описан ниже более подробно.

Декодирование полученной последовательности и написание программы на языке Python

По найденным данным, кодирование информации было представлено в виде: 32 бит – сигнал, 1 бит– добавочный (1 - логическая единица), 3 бита – 3-я цифра номера передатчика, 3 бита – 2-я цифра номера передатчика, 3 бита – 1-я цифра номера передатчика, 2 бита – дефис между номером передатчика и его состоянием, 4 бита – 4-я цифра номера передатчика, 8+8 бит – состояние передатчика.

У каждого символа имеется своя кодировка, что значительно увеличивает время его декодирования. Для номера передатчика используется обратный код, и перевод в 8-ричную систему исчисления (для 4 битной посылки – было вычленено первые 3 бита). Второй символ состояния передатчика кодируется 8 битами, где первые четыре используются в виде информационной посылки и также, как и в случае с номером передатчика, представлен обратным кодом. При переводе в 16-ричную систему счисления было получено состояние передатчика.

На основе полученной информации было написано программное обеспечение на языке Python для автоматизации декодирования 32-х битной двоичной последовательности, полученной в Simulink'е.

```

g = str()
b = []
d = []
count = 0
a = input()
for i in a:
    count += 1
    if count != 1:
        g = g + i
b.append(oct(int(g[6:9][::-1], 2)))
b.append(oct(int(g[3:6][::-1], 2)))
b.append(oct(int(g[0:3][::-1], 2)))
b.append(oct(int(g[11:14][::-1], 2)))
b.append("xx-")
b.append("xxx")
b.append(hex(int(g[14:18][::-1], 2)))
for x in b:
    a = x[2:]
    d.append(a)
fin = "".join(d)
print(fin)

```

Рис. 6. Программа декодера на Python

<pre> 100000000000000000000000000000000011101000010110 0000-x0 ** Process exited - Return Code: 0 ** Press Enter to exit terminal </pre>	<pre> 1000000000000000000000000000000000101000000001101 0000-x4 ** Process exited - Return Code: 0 ** Press Enter to exit terminal </pre>
---	--

Рис. 7. Результаты компиляции программы декодера

На рис. 6 представлена сама программа.

На рис. 7 – пример декодирования последовательностей полученных в Simulink'e. Пропустив через программное обеспечение две разные последовательности, убедились в том, что первые 4 символа – одинаковы, следовательно, это один и тот же передатчик. Заметим, что вторая часть последовательности разная, значит, контролируемый параметр изменился.

В ходе исследований были получены следующие результаты:

- эфирным радиоконтролем в натуральных условиях получены образцы сигналов LARS;
- определена бодовая скорость передачи данных в системе LARS;
- выделена преамбула сигнала;
- обнаружено, что кодирование данных осуществляется без применения криптографического шифрования, данные передаются в открытом виде;

- определён способ выделения идентификационного номера передатчика;
- определён способ выделения фабулы (информационной составляющей) сообщения передатчика.

В перспективе планируется адаптировать алгоритм под иные модификации сигналов системы LARS

Вывод

Полученные результаты могут позволить осуществлять радиомониторинг сетей передачи извещений по протоколу LARS с получением исчерпывающих сведений о количестве передатчиков. В свою очередь, такая информация позволит обнаруживать незаконно-действующие сети, маскирующиеся под сигналы сетей, действующих легитимно, а также выявлять незарегистрированные радиоэлектронные средства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646 "Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации" // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: pravo.gov.ru (дата обращения: 29.10.2023).
2. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Козьмин В. А. Радиомониторинг – задачи, методы, средства / Под редакцией А.М. Рембовского. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 640 с.
3. «Security Router Software» (google.com) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sites.google.com/site/srmonitoring/>
4. «Специальные радиосистемы» (radioscanner.ru) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.radioscanner.ru/forum/topic21726-6.html>
5. «FSK ЧМн» (rusmonitor.ru) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://wiki.rusmonitor.ru/FSK_ЧМн
6. «Радиоканалы РСПИ» (rusmonitor.ru) [Электронный ресурс].-Режим доступа: https://wiki.rusmonitor.ru/Радиоканалы_РСПИ

УДК 621.391.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Горбенко А.П., Колесник Д.А.

Южный федеральный университет, ИРТСУ, г.Таганрог

Рассмотрены основы построения сверточных кодов и алгоритмов их декодирования. Рассчитана помехоустойчивость сверточного кода. Проанализировано использования сверточного кодирования в современных системах связи.

Анализ сверточных кодеров систем беспроводной связи важен по нескольким причинам. Во-первых, глубокое понимание работы этих кодеров необходимо для проектирования и реализации сотовых систем. Проектирование сотовой системы включает в себя выбор соответствующих

параметров для сверточного кодера, таких как кодовая скорость и длина кодового ограничения. Они влияют на качество и надежность передаваемых данных, что необходимо для разработки эффективной и надежной системы. Во-вторых, анализ сверточных кодеров необходим и для оптимизации других беспроводных систем связи. Известно, что производительность системы беспроводной связи зависит от нескольких факторов, таких как состояние канала, наличие тех или иных помех и шумов. Сверточные кодеры могут помочь смягчить влияние этих факторов, обеспечивая возможность коррекции ошибок [1-3]. Однако оптимальное использование сверточных кодеров требует понимания их ограничений и характеристик. На рисунке 1 представлена упрощенная схема цифровой системы связи [1].



Рисунок 1. Упрощенная схема цифровой системы связи

Особенностью сверточного кода является то, что несмотря на то что элементы последовательности m однозначно определяют элементы последовательности U , входной информационный символ однозначно не связан с выходным кодовым словом. Значение выходного кодового слова зависит от значений предыдущих информационных символов. Типичная схема сверточного кодера представлена на рисунке 2 [1].

Кодер, показанный на рисунке 2, реализуется с помощью kK -разрядного регистра сдвига и сумматорами по модулю 2. Величина K — это длина кодового ограничения. Так как обычно рассматривают кодеры, на которые поступают одноразрядные слова за такт, то длина кодового ограничения определяется числом разрядов регистра сдвига. В каждый такт времени в левый разряд регистра поступает информационный импульс и все биты в регистре смещаются на один разряд вправо, а выходные данные n сумматоров последовательно регистрируются, образуя биты кода. Затем эти символы кода используются модулятором для формирования сигналов, которые будут переданы по каналу. Поскольку для каждого входящего бита сообщения имеется n бит кода, скорость кодирования равна $1/n$. Исчерпывающим представлением сверточного кодера является решетчатая диаграмма, представленная на рисунке 3.

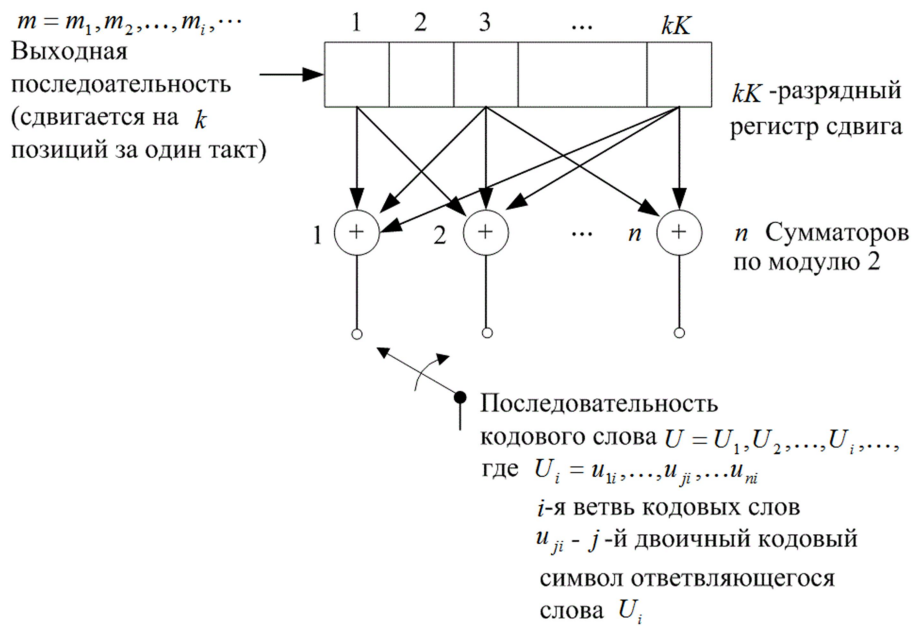


Рисунок 2. Типичная схема сверточного кодера

Решетчатая диаграмма описывает все возможные переходы кодера из одного состояния в другое за один такт. Напомним, что под состоянием кодера понимают двоичное число, записанное в данный момент в разрядах регистра, за исключением левого (информационного) разряда. Так как на решетчатой диаграмме указаны 4 состояния, то она относится к описанию сверточного кодера, имеющего трехразрядный регистр. Необходимо отметить, что решетчатая диаграмма полностью описывает динамику работы кодера. Другим важным моментом является то, что в сверточном кодере невозможно за один шаг переместиться в любое другое состояние кодера. Очевидно, что знание решетчатой диаграммы в приемной части системы связи является необходимым условием.

Декодирование сверточного кода приводит к нахождению наиболее правдоподобной последовательности (пути) сквозь решетку. Для декодирования чаще всего используется алгоритм Витерби, но иногда и алгоритм «грубой силы». Оба эти алгоритма строятся на основе критерия максимального правдоподобия. Но в алгоритме Витерби вводится упрощение с целью сокращения вычислительных затрат [4]. В нем анализируются не все возможные пути, а только те которые на конкретном шаге анализа являются наиболее правдоподобными. Развитие вычислительной техники позволило также достаточно эффективно использовать алгоритм «грубой силы» для декодирования сверточных кодов.

На рисунке 4 приведены усредненные характеристики статистического моделирования помехоустойчивости канала связи с использованием сверточного кодирования и без него. Входной информационный поток искажался введением ошибочных значений от 1 ошибки на 1000 символов до 1 на 20 символов. Помехоустойчивость оценивалась по коэффициенту ошибок на выходе декодера. Очевидно, что коэффициент ошибок в канале без

кодирования увеличивался прямо пропорционально увеличению вероятности ошибки информационной последовательности. В канале с помехоустойчивым кодированием наблюдался пороговый эффект.

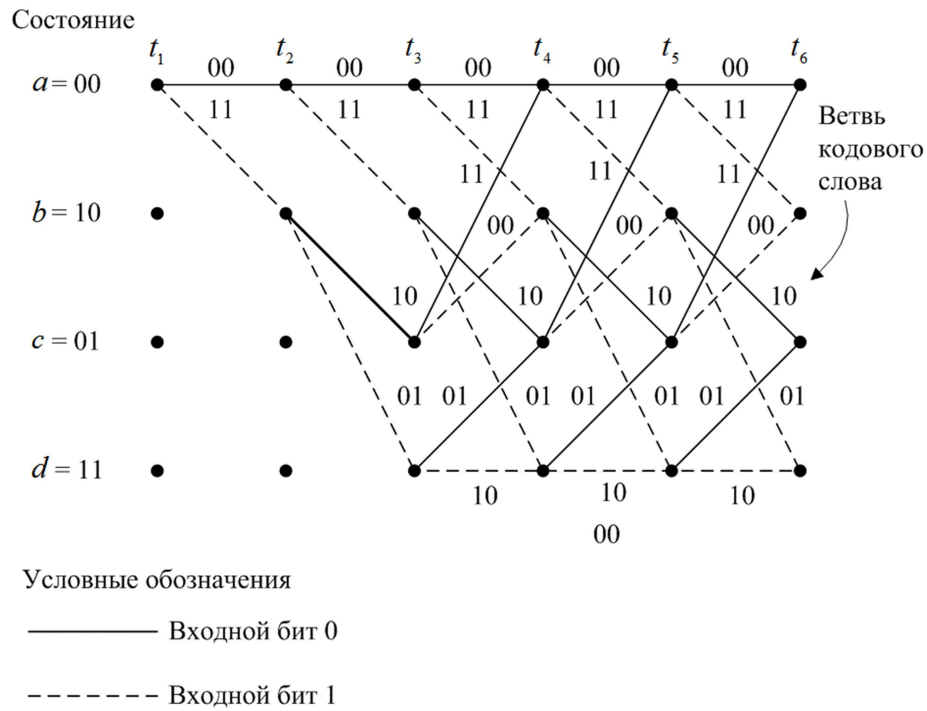


Рисунок 3. Решетчатая диаграмма

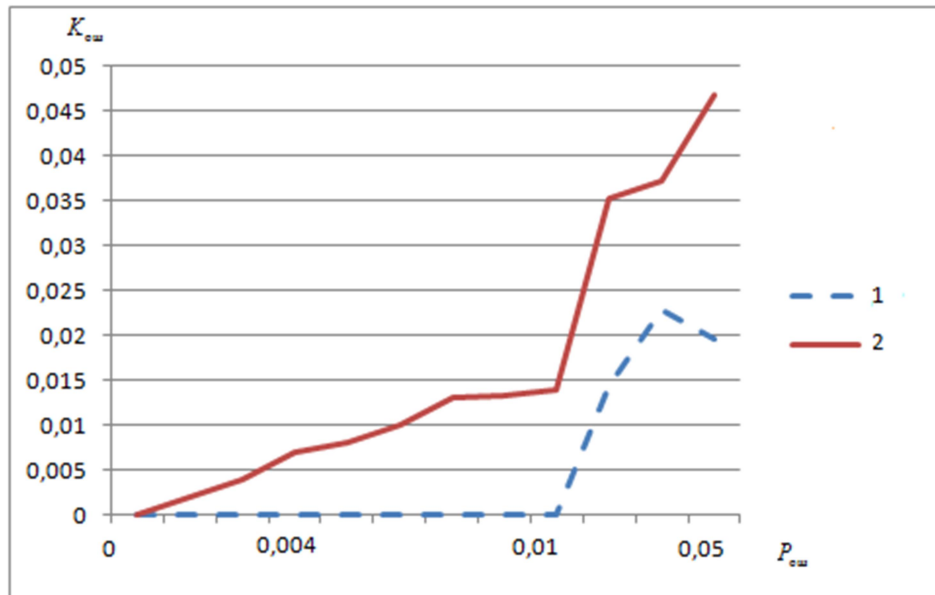


Рисунок 4. Помехоустойчивость канала при наличии сверточного кодирования (1) и его отсутствии (2)

При увеличении вероятности ошибки на входе декодера до 0.01 ошибки на выходе декодера отсутствовали. Затем наблюдалось близкое к линейному увеличение коэффициента ошибок. Можно сделать вывод о допустимости использования сверточного кодирования в ограниченном диапазоне отношений сигнал/помеха.

Выше проведенный анализ показывает, что главная область использования сверточного кодирования это сотовые системы связи. Сотовые системы относятся к технологии, используемой для обеспечения беспроводной связи на радиочастотах. Эта технология используется для предоставления услуг голосовой связи и передачи данных на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшеты. Технологии, лежащие в основе сотовых систем, постоянно развиваются, и новые поколения технологий, такие как 5G, внедряются для обеспечения еще более высоких скоростей передачи данных и поддержки новых приложений. Это ставит задачи по повышению эффективности сверточного кодирования. Необходимо отметить, что сверточное кодирование применяется и в других системах беспроводной связи, таких как спутниковые сети и сети Wi-Fi. Выбор схемы кодирования зависит от нескольких факторов, включая характеристики беспроводного канала, желаемую эффективность коррекции ошибок, а также доступную вычислительную мощность и ресурсы памяти.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скляр Б.* Цифровая связь.- М.: Изд. дом «Вильямс» , 2003.- 1104 с.
2. *Никитин Г.И.* Сверточные коды. – СПб.: СПбГУАП, 2001. – 80 с.
3. *Кудряшов Б.Д.* Основы теории кодирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.
4. *Витерби А.Д., Омура Дж..* Принципы цифровой связи и кодирования. – М.: Радио и связь, 1982. – 536 с.

УДК 621.391.15

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ КОДА РИДА-СОЛОМОНА

Байгулов С.Д., Горбенко А.П.

Южный федеральный университет, ИРТСУ, г. Таганрог

Код Рида-Соломона широко используется в различных областях, таких как телекоммуникации, хранение данных, цифровое видео и т.д. Работа Рида и Соломона в области кодирования и коррекции ошибок оказала огромное влияние на развитие технологий, связанных с обработкой и передачей цифровых данных.

Современный мир основывается на цифровых данных, так как все больше и больше процессов и операций становятся автоматизированными и переносятся в цифровую среду. Цифровые данные используются практически во всех отраслях, таких как медицина, наука, технологии, производство, финансы, коммуникации и т.д. Цифровые данные имеют ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми данными. Они более удобны для хранения и

обработки, а также более точны и надежны. Цифровые данные могут быть обработаны быстрее, легче и с меньшим количеством ошибок. Кроме того, цифровые данные могут быть легко скопированы, переданы и хранены в облаке. Однако, цифровые данные также имеют свои недостатки и риски. Они могут быть взломаны, украдены, повреждены или уничтожены [1].

Код Рида-Соломона (RS-код) – это один из наиболее распространенных методов коррекции ошибок в цифровых системах связи [2-4]. Этот метод был впервые предложен Робертом Ридом и Густавом Соломоном в 1960-х годах и с тех пор нашел широкое применение в различных областях, включая телекоммуникации, компьютерные системы хранения данных, киноиндустрию. RS-код работает на основе математической теории поля Галуа и использует специальный алгоритм для добавления дополнительных проверочных битов в исходные данные, что позволяет обнаруживать и исправлять ошибки передачи данных. Одно из преимуществ RS-кода заключается в том, что он способен исправлять не только случайные ошибки, но и некоторые типы систематических ошибок, таких как сдвиг битов, искажения сигнала, и другие. Кроме того, RS-код обеспечивает высокую скорость передачи данных, что делает его идеальным для использования в системах с высокими требованиями к надежности передачи данных.

Существует множество программных библиотек и инструментов, которые позволяют работать с RS-кодом. Некоторые из них предоставляют готовые реализации RS-кода для различных платформ и языков программирования, что делает его доступным для широкого круга. Таким образом, RS-код является важным инструментом в цифровых системах связи и хранения данных, который обеспечивает высокую надежность и скорость передачи данных. Его использование может быть весьма полезным в различных областях, включая медицину, финансы, науку и технологии.

Коды Рида — Соломона являются важным частным случаем БЧХ-кода, корни порождающего полинома которого лежат в том же поле, над которым строится код. При длине полученного кода n , минимальное кодовое расстояние d является максимальным для всех пар кодовых слов линейных кодов. Код Рида — Соломона, исправляющий t ошибок, требует $2t$ проверочных символов и с его помощью исправляются произвольные пакеты ошибок длиной t и меньше.

Код Рида-Соломона имеет большое значение в наше время из-за того, что мы сталкиваемся с большим количеством цифровых данных, которые нуждаются в надежной передаче и хранении. Важность кода Рида-Соломона заключается в следующих моментах. Код Рида-Соломона позволяет корректировать ошибки при передаче данных. Это особенно важно в сферах, где невозможно допустить ошибки, таких как медицинская диагностика, военные технологии, авиационная и космическая промышленность. Код Рида-Соломона является универсальным и может использоваться в различных областях. Он используется в цифровой связи, хранении данных, системах охранной сигнализации, системах контроля доступа и т.д. Код Рида-Соломона обеспечивает высокую степень надежности передачи и хранения данных. Он позволяет обнаруживать и исправлять ошибки в большинстве случаев, даже

если часть данных потеряна или повреждена. Современные технологии, такие как облачные сервисы, Интернет вещей, стриминговые сервисы и т.д. требуют надежной передачи и хранения большого количества данных. Код Рида-Соломона является одним из наиболее эффективных и надежных методов обеспечения целостности данных.

Алгоритм кодирования RS-кода основан на математической теории поля Галуа и работает следующим образом: сначала исходные данные разбиваются на блоки определенного размера. Затем для каждого блока вычисляются дополнительные проверочные биты, используя определенный алгоритм. Эти проверочные биты добавляются к исходным данным и передаются по каналу связи. На рисунке 1 схематично представлен состав кодового слова [2].

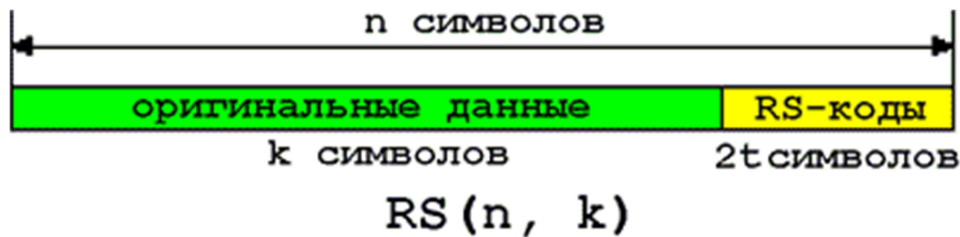


Рисунок 1. Структура кодового слова

Архитектурно кодировщик представляет собой совокупность сдвиговых регистров (shift registers), объединенных посредством сумматоров и умножителей, функционирующих по правилам арифметики Галуа. Сдвиговый регистр (иначе называемый регистром сдвига) представляет последовательность ячеек памяти, называемых разрядами, каждый из которых содержит один элемент поля Галуа $GF(q)$. Содержащийся в разряде символ, покидая этот разряд, «выстреливается» на выходную линию. Одновременно с этим разряд «засасывает» символ, находящийся на его входной линии. Замещение символов происходит дискретно, в строго определенные промежутки времени, называемые тактами. На рисунке 2 представлена типовая схема кодера Рида-Соломона [2].

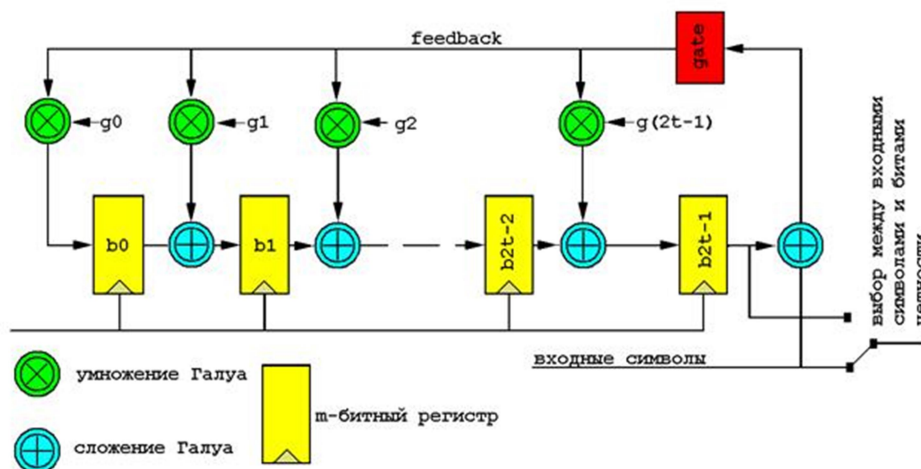


Рисунок 2. Типовая схема кодера Рида-Соломона

Существуют различные технологии и инструменты для реализации RS-кода, включая программные библиотеки и инструменты для работы с математическими операциями над полем Галуа, а также интегрированные среды разработки и языки программирования. Например, существуют популярные программные библиотеки, такие как GMP, которые предоставляют возможность работать с полем Галуа и реализовывать алгоритмы кодирования и декодирования RS-кода. Кроме того, существуют инструменты, такие как MATLAB и Mathematica, которые предоставляют возможность легко и быстро работать с RS-кодом.

В заключение перечислим основные достоинства кода Рида-Соломона. Высокая эффективность: код Рида-Соломона обеспечивает высокую степень коррекции ошибок, что позволяет восстановить данные, поврежденные в результате ошибок при передаче или хранении. Надежность: код Рида-Соломона обеспечивает надежную защиту от ошибок, что позволяет сохранить целостность данных и избежать потерь информации. Простота и универсальность: код Рида-Соломона может быть легко реализован и использован в различных системах и приложениях. Вышеприведенные достоинства определяют высокую универсальность кода Рида-Соломона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трифонов П.В. Основы помехоустойчивого кодирования.- СПб.: Университет ИТМО, 2022.- 231 с.
2. Касперски К. Коды Рида-Соломона в практических реализациях. – Системный администратор, 2003, №11.
3. Скляр Б. Цифровая связь. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
4. Петерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. – М.: Мир, 1976. – 240 с.

УДК 629.331

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЧЕТЫРЁХКОЛЁСНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМОЙ С ВИДЕО И АУДИО НАБЛЮДЕНИЕМ

Михайленко Е.Д., Зборомирский А.В.

г. Таганрог ИРТСУ ЮФУ

С каждым годом повсюду появляется все большее количество разнообразных механизмов, в частности роботов, которые могут ездить, ползать, ходить и даже летать. Использование мобильных роботов с видео и аудио наблюдением обеспечивает расширенные возможности контроля, коммуникации и доступа к информации в различных областях деятельности, например таких, как сфера безопасности, сфера медицины, сфера образования, сфера индустрии и т.д., что делает их востребованными и актуальными в

настоящее время. Огромные державы начали вводить роботизированные системы для облегчения жизни людей, Российская Федерация не является исключением и спонсирует компании в продвижении робототехники.

Введение: Роботизированные системы с каждым днём двигаются в развитии, для чего требуется продвижение существующих и создание новых алгоритмов в области теории управления, теории обработки сигналов, изображений, видео- и аудиопотоков. Информационно-измерительные системы для робототехнических комплексов являются неотъемлемой частью, которая играет очень важную роль, а конкретно обеспечивает передачу данных и общую информацию о состоянии окружающей среды. Понятно, что она является неоднородной по своей сути и состоит из разных датчиков, которые также по-разному влияют на восприятие окружающего мира. При этом большую часть работы выполняет система технического зрения (СТЗ), фиксируя не менее 70-76% информации.

По своей структуре и принципам работы СТЗ отличаются от других информационных датчиков и измерительных систем. В современном мире датчики роботизированных систем детально изучены, а всё развитие направлено на улучшение их функциональности и качества за счет расширения рабочего диапазона технических параметров. Исследования СТЗ принципиально отличаются от систем, упомянутых выше. Это связано с объектами окружающего мира, которые СТЗ предназначен распознавать.

СТЗ имеет ряд конкретных и явных проблем, одним из которых является субъективность восприятия записанных данных. Не меньшую проблему создает и отсутствие универсальной модели какого-либо объекта наблюдения, описывающего одновременно все его аспекты. Если бы такая модель существовала, распознавание можно было бы свести к простому сопоставлению двух похожих изображений и ответить на вопрос "какой аспект мы наблюдаем для текущего объекта?». К сожалению, никакая из этих проблемы даже частично не решена. Эти фундаментальные проблемы относятся не только к развитию искусственного интеллекта и информатики, но и ряда смежных наук: когнитивной психологии, нейрофизиологии и т. д.

Проблемы, решение которых предполагает данная работа, заключается:

1. Разработки СТЗ для определения структуры видимого объекта в пространстве.
2. Определение шумов в пространстве и их направлений.

Аналоги:

На факультете Прикладной математики уже применяются и планируются использовать различные мобильные роботы в учебном процессе и научной деятельности. Вот один из них:



Рис.№1. Мобильный робот Spy Tank.

Мобильный робот Spy Tank сфокусирован на обработке видеоинформации, так как он оснащен встроенной камерой и имеет возможность беспроводной передачи данных через WiFi. Поэтому он может выполнять задачи адаптивного управления и обрабатывать большие объемы данных, поступающих от датчиков. С помощью беспроводного модуля можно передать данные с датчиков на мощный компьютер, где их можно обработать и разработать алгоритмы управления или их адаптивные компоненты, а затем передать обратно на контроллер робота.

Далее для распознавания речи подходит рассмотрения человекоподобного робота, способным не только определять и усваивать человеческую речь , но также и отвечать на поставленные вопросы и вести диалог , показывая различные "эмоции" относительно вопроса обращающегося.

Одним из впечатляющих роботов, созданных в последние годы, является София от Hanson Robotics. Она способна выражать до 60 эмоций, распознавать речь и генерировать ответы на основе своего опыта и интернет-данных. Однако, эксперты признают, что на данный момент София все еще остается преимущественно демонстрационным проектом, который больше служит промо-инструментом. Несмотря на свою впечатляющую мимику, София пока не обладает действительно полезными навыками, ограничиваясь функционалом обычного чат-бота.

Устройство работы микрофонного модуля робототехнической системы: Для передачи звуков микрофонный модуль робота работает следующим образом:

1. Звуковые волны попадают в микрофонный элемент (капсюль) робота.
2. Микрофонный элемент преобразует звуковые колебания в электрические сигналы.
3. Электрические сигналы передаются по проводам или беспроводным каналам связи к обработчику звука внутри робота.
4. Обработчик звука может выполнять различные операции, такие как усиление сигнала, фильтрация шумов, анализ голоса и другие обработки в зависимости от целей робота.

5. Обработанный звуковой сигнал может использоваться для различных целей робота, таких как распознавание голосовых команд, общение с людьми или выполнение других задач, связанных с звуком.

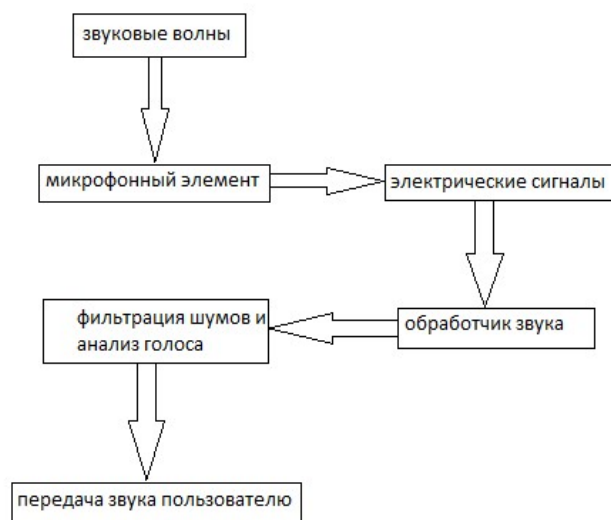


Рис.№2. Блок-схема работы микрофонного модуля.

Для выполнения данного алгоритма подойдет микрофонный модуль MP3 модуль с TF картой. СТЗ робототехнической системы: для представленного робота подход в разработке системы СТЗ является использование алгоритмов компьютерного зрения и глубокого обучения, которые позволяют анализировать изображения и определять объекты, их размеры, форму и положение в трехмерном пространстве. Для решения данной задачи воспользуемся написанием алгоритма на языке программирования Python.

Заключение: Рассмотренная выше система может применяться в различных сферах, включая автономные транспортные средства, медицину, промышленность и т.д. Эти разработки помогают улучшить распознавание и понимание окружающей среды роботами и компьютерными системами, а также способствуют развитию различных приложений в области компьютерного зрения. Однако важно отметить, что конкретные реализации и возможности СТЗ могут различаться в зависимости от используемых алгоритмов и специфики конкретной задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джон Крэйг//Книжное пособие "Робототехника: Введение в мобильную робототехнику"
2. Марк У. Сайдел и Макс Бордакер // "Проектирование и управление роботами"
3. Сахина Яшья. // "Мобильная робототехника: Основные принципы и алгоритмы"
4. И.Б. Гуревича и В.В. Яшиной//Система технического зрения для управления мобильным роботом//<https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=724634>

5. Екатерина Коваленко//Будущее уже здесь: как работают голосовые роботы и что они умеют делать /
/https://habr.com/ru/companies/neuronet/articles/494072/

УДК 517.977, 519.688

ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО КОЛЁСНОГО РОБОТА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Дао Д.Н., Матвеев А.И.

Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, Таганрог

Для нахождения оптимальной траектории мобильного робота при движении его по пересечённой местности построена математическая модель пересечённой местности. На первом этапе оптимального планирования траектории мобильного робота, используется метод диаграммы Вороного, с помощью которой вся карта местности разбивается на области. На втором этапе в каждой области определяется оптимальная траектория мобильного робота. Найденные в каждой области оптимальные траектории сшиваются. Описанный алгоритм позволяет сократить площадь области, в которой будет осуществляться поиск оптимального маршрута, что в свою очередь понижает вычислительную сложность метода планирования траектории. Для нахождения оптимальной траектории внутри области используется алгоритм, который объединяет в себе достоинства метода потенциальных полей и алгоритма Дейкстры.

С развитием робототехники задача планирования траектории подвижных объектов становится все более актуальной [1]. В связи с этим необходимо разрабатывать новые алгоритмы, которые на основе информации об окружающей среде решают задачи оптимального планирования в процессе передвижения мобильного робота по пересечённой местности. В [2] дан обзор следующих методов планирования движения подвижных объектов: на основе метода потенциальных полей, оптимизационные методы, методы на основе графов и клеточной декомпозиции, методы на основе интеллектуальных технологий.

Целью данной работы является разработка алгоритма оптимального планирования траектории мобильного робота, основанного на методах глобального и локального планирования. Для достижения этой цели необходимо реализовать максимально достоверную математическую модель местности. Планирование траектории мобильного робота осуществляется на основе графо-аналитических методов с применением потенциальных полей и диаграмм Вронского. С учетом выбранных критериев необходимо разработать наиболее оптимальный маршрут по пересечённой местности.

Математическая модель, которая имитирует реальный рельеф пересечённой местности, описывается формулой:

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^n z_i e^{-\left(\frac{(x-x_i)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_i)^2}{2\sigma_y^2}\right)}, \quad (1)$$

где z_i – значение максимума i -той возвышенности, x_i, y_i – координаты этой возвышенности; $\sigma_{x_i}, \sigma_{y_i}$ – продольная и поперечная ширина возвышенности. Число вершин n и набор параметров $z_i, x_i, y_i, \sigma_{x_i}, \sigma_{y_i}$ задаются случайным образом. На рис. 1 изображен график функции (1).

На первом этапе глобального планирования траектории необходимо провести разбиение карты пересечённой местности на области. Такое разбиение позволяет экономить время численных расчетов. Разбиение проводится с помощью диаграммы Вороного. Для построения диаграммы необходимо сначала определить множество точек P , по которому выполняется разбиение. Далее удобно использовать карту высот, представленную матрицей

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} \dots z_{1n} \\ \vdots \\ z_{m1} \dots z_{mn} \end{bmatrix}$$

где $i=1,2,\dots, m, j=1,2,\dots, n$. Используя матрицу, определяем максимумы вершин на двумерной карте высот. Эти максимумы берем в качестве множества точек P , по которому выполняется разбиение на области Вороного.

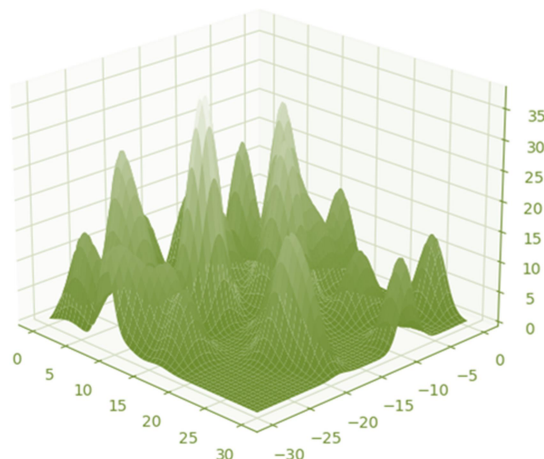


Рис. 1 – Рельеф местности

После разбиения пересечённой местности на области, каждую из них можно рассматривать в отдельности и планировать траекторию в границах этой области. На рисунке 2 приведён пример выбора областей, ведущих от начальной области в конечную, выбранные области помечены серым.

Однако в самом общем случае выбор двух соседних областей неоднозначен. Чтобы устранить эту неоднозначность нужно выбрать критерий отбора нужных областей. В качестве такого критерия предлагается выбрать площадь области, в которую осуществляется переход. Чем больше площадь области на диаграмме Вороного, тем дальше центр этой области от центров смежных областей, что говорит о большей безопасности построенной в её границах траектории. В качестве второго критерия берется высота пика

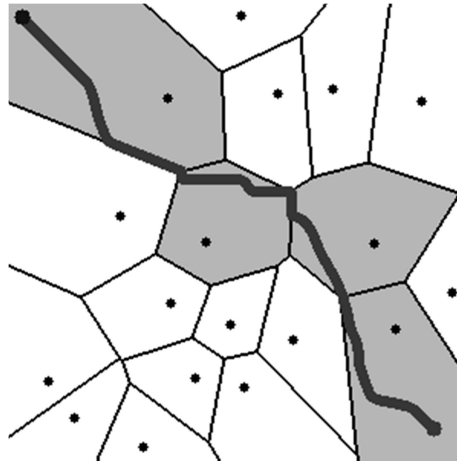


Рис. 2 — Выбранные области, и оптимальная траектория, ведущая из начальной точки в конечную

возвышенности, которая соответствует центру области. С уменьшением высоты пика возвышенности, повышается безопасность пути, проложенного внутри области, и оптимальность этого пути с точки зрения энергетических затрат.

Взяв за основу вышеприведённые критерии можно математически описать задачу выбора областей. Пусть задан граф $G(V, E)$, где V — множество вершин, каждой из которых соответствует центр одной из областей диаграммы Вороного, а E — множество всех направленных рёбер графа, каждое из которых соответствует переходам между двумя смежными областями. Вид графа $G(V, E)$ приведён на рисунке 3, где обозначены вершины графа, соответствующие некоторым областям и рёбра между ними. Каждое ребро $e_{kl} \in E$, направленное из вершины $v_k \in V$ в вершину $v_l \in V$ обладает весом

$$W = h(1 - a), \quad (2)$$

где h — относительная высота пика возвышенности, соответствующей вершине v_l , являющаяся отношением абсолютной высоты этого пика к высоте самого высокого пика во всей пересечённой местности; a — относительная площадь области, соответствующей вершине v_l , равная отношению абсолютной площади области к максимальной площади среди всех областей. Следует отметить, что для каждой пары вершин v_k и v_l имеется как ребро, направленное из вершины v_k в вершину v_l , так и ребро, направленное из вершины v_l в вершину v_k , и эти рёбра в общем случае обладают различными весами.

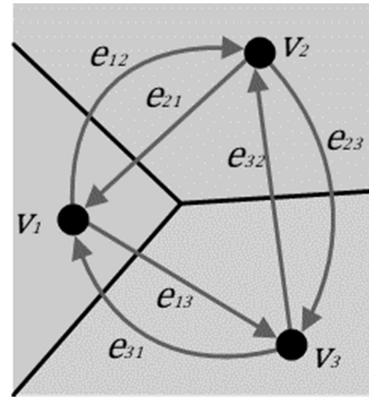


Рис. 3 – Представление графа, построенного на вершинах областей

Чем больше площадь области, тем меньше концентрация возвышенностей вокруг этой области, что является условием безопасности для построения траектории. Этому при поиске оптимальной траектории должно соответствовать меньшее значение компоненты веса $(1 - a)$. В то же время чем меньше высота возвышенности, находящейся внутри области, и меньше энергозатраты при передвижении внутри этой области, что соответствует меньшему значению компоненты веса h .

Вышеописанная оценка веса рёбер графа позволяет выбрать области, содержащие участки целевой траектории, чтобы максимально избежать препятствий и потенциально повысить безопасность целевой траектории.

Решая задачу поиска пути глобальным методом на графе $G(V, E)$ с минимальным суммарным весом, можно применить алгоритм Дейкстры. Описание алгоритма. Пусть начальная точка целевой траектории задана в области, соответствующей вершине $v_s \in V$, а область конечной точки соответствует вершине $v_e \in V$. Определив очередь Q , представляющую собой множество, состоящее из некоторых вершин множества V , задаётся, что первоначально в ней содержится только вершина v_s . Тогда на каждом шаге алгоритма, для каждой вершины, начиная с v_s , будут исследованы смежные вершины, соответствующие области Вороного которых имеют общую границу с областью вершины v_s . Следовательно, на каждом шаге алгоритма последовательно выполняются следующие шаги:

1. Взять первую вершину v_0 из очереди Q ;
2. Для каждой смежной вершины v выполнить:
 - 1) Рассчитать суммарный вес c пути до вершины v с учётом веса w , рассчитанному по формуле (2), для ребра e , соответствующего переходу из вершины v_0 в вершину v ;
 - 2) При условии, что v не была посещена или c меньше известного суммарного веса для пути в вершину v :
 - а) Добавить вершину v в очередь;
 - б) Зафиксировать новый суммарный вес пути до вершины v ;
 - в) Зафиксировать вершину v_0 как вершину, из которой совершался переход в вершину v .

После выполнения полного цикла, который заканчивается, когда суммарный вес пути до всех вершин рассчитан или очередь дошла до целевой вершины v_e , можно восстановить путь от v_s до v_e .

Описанный алгоритм позволяет сократить площадь области, в которой будет осуществляться поиск оптимального маршрута, что в свою очередь понижает вычислительную сложность метода планирования траектории. В результате выполнения алгоритма имеется последовательность областей, соответствующих путевым вершинам, в границах которых будет лежать целевая траектория.

На втором этапе планирования находятся оптимальные траектории внутри в каждой области. В каждой области с помощью сетки введем дискретные координаты. Каждой точке дискретной области сопоставлена сила отталкивания, которая численно описывает степень опасности в окрестности точки. Кроме силы отталкивания имеется сила притяжения, которая действует из конечной точки траектории. Сила притяжения указывает направление, котором должен двигаться робот. Все соседние дискретные координаты соединим ребрами. Каждому ребру сопоставим его вес, который равен проекции силы отталкивания на данное направление. Наша задача: найти оптимальную траекторию, двигаясь по ребрам графа внутри каждой области. Эта задача решена с помощью алгоритма Дейкстры. Связывая траектории, построенные в каждой области, можно получить целевую траекторию, как показано на рис. 2.

Таким образом, предложенный алгоритм планирования траектории подвижного объекта позволяет выделить на карте местности области с наименьшей степенью опасности. При таком подходе достаточно найти оптимальную траекторию в каждой из выделенных областей. Поэтому предложенный метод уменьшает вычислительную сложность алгоритма планирования траектории, увеличить точность определения оптимальной траектории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *LaValle S. M.* Planning Algorithms. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 512 p.
2. *Лю В.* Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) // Математика и математическое моделирование. – 2018. – №1. – С. 15-58.
3. *Белоглазов Д.А., Косенко Е.Ю., Соловьев В.В.* Разработка метода планирования траектории перемещения мобильного автономного робота в трехмерной среде на основе аппарата нечеткой логики // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №4. – 14 с. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3387.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СО СЖАТИЕМ И КОРРЕКЦИЕЙ ОШИБОК

Ефимов С.Д., Корниенко В.Т.

Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, Таганрог

Для наглядного освоения студентами, изучающими дисциплину «Протоколы обмена данными» принципов формирования передаваемых сообщений при помощи базовых протоколов сжатия и коррекции ошибок рассмотрено применение языка программирования Python при постановке лабораторного эксперимента. Для обработки и анализа сигналов как для практических, так и для учебных целей использование технологии программирования на Python [1] объясняется простотой языка, большим разнообразием открытых библиотек [2] и возможностью достаточно просто создавать удобные графические интерфейсы.

Руководствуясь базовым семейством протоколов MNP, реализующим как алгоритмы сжатия, так и помехоустойчивого кодирования, рассмотрим на примере реализации группового кодирования процедуру сжатия данных, и на примере кодирования Хемминга процедуру корректирующего кодирования [3] при выполнении лабораторных экспериментов с созданием простых графических интерфейсов, реализованных на Python.

Процедура сжатия, использующая метод группового кодирования, основана на удалении из потока передаваемых данных слишком длинных последовательностей повторяющихся символов – преобразование каждой группы из трех и более одинаковых смежных символов к виду «символ и число символов». Групповое кодирование не требует сложных вычислений и легко реализуется в реальном масштабе времени при передаче данных по каналам связи [3]. Интерфейсная часть программы, реализованной на языке Python, приведена на рис.1, на котором показано, что после нажатия на кнопку «Открыть файл» считанное из текстового файла сообщение и информация о его размере отображаются в текстовых полях, после чего, результат работы метода повторов (группового кодирования), отображается в текстовом поле ниже, а после нажатия на кнопку «Сохранить файл», отображается информация о его размере. Наглядно демонстрирующий смысл работы простейшего алгоритма сжатия позволяет студентам написать простой код программы и интерфейсную часть приложения.

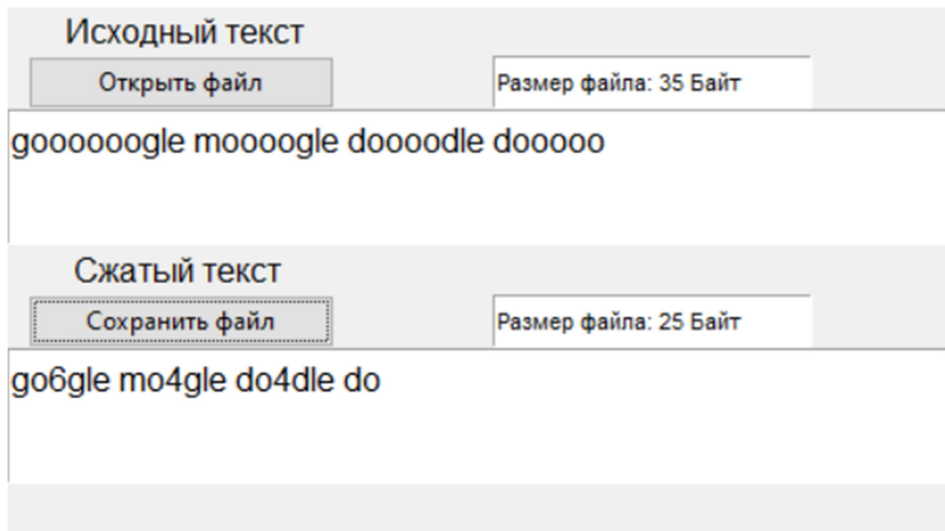


Рис. 1. Интерфейсная часть программы, реализующей алгоритм группового кодирования для сжатия передаваемых данных

Фрагмент кода программы, осуществляющей сжатие данных, приведен на рис.2.

```

54  def compress(text):
55      text = str(text)
56      count = 1
57      string = ''
58      for i_elem in range(len(text)-1):
59          if text[i_elem] == text[i_elem+1]:
60              count += 1
61          else:
62              if count > 1:
63                  string = string + text[i_elem] + str(count)
64                  count = 1
65              else:
66                  string = string + text[i_elem]
67      string = string + text[-1]
68      text_editor1.delete("1.0", END)
69      text_editor1.insert("1.0", string)

```

Рис. 2. Код программы алгоритма для сжатия данных

Процедура корректирующего кодирования, использующая стандартный алгоритм кодирования Хемминга (7,4) [4], при заданных четырёх ($k=4$) информационных символах (a_1, a_2, a_3, a_4) вычисляющий с помощью определенных равенств проверки на чётность три избыточных символа ($k_i, i = 1, 3$), сгруппированных вперемежку с информационными символами в определенных позициях кода, реализована в виде программы на языке Python, интерфейсная часть которой приведена на рис.3. Здесь показано, что после

нажатия ввода в текстовое поле строкового сообщения отображается информация о числе введенных символов, а после нажатия на кнопку «Формирование кода» в текстовое поле окна справа выводится в строковом формате закодированное сообщение и информация о его размере. Наглядно демонстрирующий смысл работы простейшего алгоритма корректирующего кодирования пример программы позволяет студентам отобразить увеличенный в размере и лишенный смысловой нагрузки об исходном сообщении набор закодированных символов, а также самостоятельно написать простой код программы и интерфейсную часть приложения.

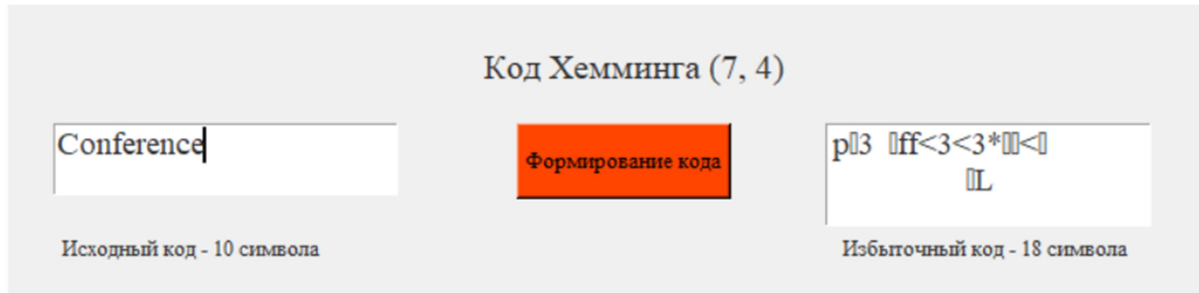


Рис. 3. Интерфейсная часть программы, реализующей алгоритм корректирующего кодирования для помехоустойчивой передачи данных

Фрагмент кода программы, осуществляющей корректирующее кодирование данных по алгоритму Хемминга, приведен на рис.4.

```
def encode(s):
    # Считывание K=4 битов за раз и запись этих битов плюс битов четности
    while len(s) >= K:
        nibble = s[0:K]
        func = hamming(nibble)
        return func

def hamming(bits):
    # Вернуть заданные 4 бита плюс биты четности для битов (1,2,3), (2,3,4) и (1,3,4)
    t1 = parity(bits, [0, 1, 3])
    t2 = parity(bits, [0, 2, 3])
    t3 = parity(bits, [1, 2, 3])
    return t1 + t2 + bits[0] + t3 + bits[1:]

def parity(s, indicies):
    # Вычислить бит четности для заданной строки s и признаков
    sub = ""
    for i in indicies:
        sub += s[i]
    return str(str.count(sub, "1") % 2)
```

Рис. 4. Код программы алгоритм корректирующего кодирования Хемминга на языке Python

Таким образом, данной работе представлены результаты реализации алгоритмов сжатия текстовых данных и корректирующего кодирования на языке программирования Python, с понятным пользователю интерфейсом для использования в учебном процессе при выполнении лабораторных экспериментов по дисциплине «Протоколы передачи данных».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дауни Аллен*. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Пер. с англ. под ред. А. Э. Бряддинского. – ДМК-Пресс, 2017. – 162 с [Downey A.V. Think DSP - Digital Signal Processing in Python, 2014.].
2. *Капкаев Э. Н.* Анализ физиологических сигналов на языке программирования PYTHON. 2019. № 1 (20) Молодежный Вестник УГАТУ Технические науки
3. *Корниенко, В.Т.* Протоколы обмена данными сетей радиосвязи с примерами в проектах LabVIEW [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Т. Корниенко. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2020. – 120 с.
4. *Корниенко, В.Т.* Основы кодирования информации в проектах LabVIEW [Текст]: учебно-методическое пособие / В.Т. Корниенко, А.П. Горбенко. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 80 с.

ПРОБЛЕМАТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ БПЛА ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СТРОЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Русанов Л. А., руководитель Выборных П.П.

Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, Таганрог

В настоящее время перед оборонно-промышленным комплексом стоит задача ускоренного развития системы применения БПЛА. Беспилотные летательные аппараты являются одним из наиболее перспективных направлений развития авиации, поэтому данное исследование является весьма актуальным. Сегодня БПЛА всё больше набирают популярность и активно используются на театре военных действий. Быстрое развитие технологий ЛА, а также возрастающий спрос их технологий в военной сфере России требуют дополнительных исследований для их высокой результативности при ведении боевых действий.

В качестве объекта исследования данной работы выступают беспилотные летательные аппараты в современной военной сфере, их определение, общие характеристики, классификации данных ЛА, и их виды.

Предметом исследования данной работы предстают недостатки в практическом использовании беспилотных летательных аппаратов, а также метод их устранения.

Целью исследования данной работы является комплексное изучение БПЛА и выявление их недостатков.

Для реализации поставленной цели выделю следующие задачи:

- проанализировать технические проблемы использования БПЛА в воздушном пространстве;
- изучить потенциал применения и перспективы развития БПЛА;
- исследовать проблему некорректного отображения координат с GPS трекера при низком заряде местной аккумуляторной батареи.

В данной работе будут использоваться теоретические и практические методы исследования.

К теоретическим методам исследования относятся: Метод классификации и Метод сравнения.

К практическим методам относится: Метод моделирования.

Данная научная работа посвящена одной из новейших технологий, внедрённых за последнее время в армию России и других развивающихся стран. Речь пойдёт о беспилотных летательных аппаратах, сокращённо БПЛА. Чтобы сформировать общее представление об обсуждаемом вооружении, предлагаю начать с определения: БПЛА – это беспилотный летательный аппарат, в котором в воздухе, при выполнении боевой задачи или при проведении учений, в кабине нет пи-лота. Управление данным средством осуществляет оператор.

С появлением беспилотников стало возможным сохранить наиболее ценный ресурс – бойцов на поле боя. Современные технологии позволяют использовать боевые машины дистанционно, что исключает потерю оператора даже при уничтожении единицы техники.

В наше время многие развивающиеся страны выделяют из бюджета немалые денежные средства на совершенствование и разработку новых образцов БПЛА — беспилотных летательных аппаратов. На театре военных действий не редкостью стали случаи, когда при решении боевой или учебной задачи командование отдавало предпочтение цифровой машине, нежели летчику. На это был ряд веских причин. Во-первых, это непрерывность работы. Дроны способны выполнять задачу на протяжении длительного времени без перерыва на отдых и сон — неотъемлемых элементов человеческих потребностей. Во-вторых, это долговременная работоспособность.

Беспилотник способен работать практически бесперебойно, в условиях достаточно высоких перегрузок, и там, где человеческий организм буквально не в состоянии выдержать перегрузки в 9G, дрон может продолжать работу. Ну, а в-третьих, это отсутствие человеческого фактора и выполнение задачи согласно заложенной в компьютерный комплекс программы. Ошибиться может разве что только оператор, который вводит информацию на выполнение определённой цели — роботы не ошибаются.

Кроме того, что беспилотники летают, они в то же время устойчивы к атмосферным воздействиям и имеют много преимуществ, что позволяет нам рассматривать такое устройство как инструмент, упрощающий жизнь и помогающий получать определенную информацию с театра военных действий.

Простейшая схема компонентов, из которых состоит БПЛА: Процессор; барометр для определения высоты; акселерометр; гироскоп; навигатор; оперативные запоминающее устройство (ОЗУ); приёмник сигнала.

Помимо того, что беспилотники отличаются друг от друга составными частями, они в то же время различаются и способами управления. Перейдём к следующему пункту:

Какие бывают беспилотники? По способу управления. По весовой категории:

По способу управления:

- Неуправляемые. В неуправляемых БПЛА человек принимает участие только при пуске и указании параметров полета перед взлетом дрона. Как правило, это недорогостоящие беспилотники, для управления ими не требуется особой подготовки оператора и специально обустроенных площадок для приземления.

- Дистанционно управляемые. Контроль над ними осуществляется с помощью пульта дистанционного управления посредством радиосвязи, либо по спутникам. Но такой метод контроля ЛА ограничивает дальность действия. У дистанционно управляемых дронов предусмотрена корректировка полёта, с помощью указания координат. Это, в частности, отличает их от неуправляемых.

- Автономные. Автономные лётные аппараты выполняют задачу полностью автономно. Успех выполнения поставленной цели в конкретном случае зависит от точности и достоверности введения предполетных параметров оператором в стационарный компьютерный комплекс, находящийся на земле. Данные аппараты способны осуществлять сложно выполнимые задачи в воздушном пространстве. Эта категория летательных машин является самой перспективной и многофункциональной в данный момент.

По весовой категории:

- Микро. Вес микро-аппаратов не превышает отметку в 10 килограммов. Данная разновидность дронов может находиться в воздухе не более одного часа при оптимальных погодных условиях.

- Малые. Дроны малой группы могут весить до 50 килограммов. Такая разновидность лётных аппаратов способна выполнять поставленную боевую задачу от 3 до 5 часов без перерыва на подзарядку.

- Средние. В средней весовой категории масса дронов может достигать 1 тонны. Следовательно время работы у них больше, нежели в других категориях (микро, малые) оно составляет около 15 часов.

- Тяжёлые. Что касается данной категории БПЛА, которая является самой тяжелой и автономной, то летательные аппараты, входящие в эту группу, весят больше 1 тонны. Эти беспилотники могут непрерывно летать более 24 часов, а вместе с тем некоторым из них под силу межконтинентальные перелеты.

По месту старта БПЛА бывают: наземные, воздушные, воздушно-космические, космические.

Принцип работы:

Принцип работы БПЛА зависит от его особенностей конструкции. Существует несколько схем компоновки, которых придерживается большинство современных ЛА:

- Фиксированное крыло. В этом случае устройства приближены к самолетной компоновке, имеют роторные, реактивные, электрические двигатели. Такой вариант наиболее экономичен по расходу топлива и энергии из внутренних АКБ. Имеет большой радиус действия;

- Мульти коптеры. Это машины, оснащенные винтами, имеющие не менее двух моторов, способны осуществлять вертикальный взлет и посадку, парить в воздухе, благодаря этому качеству они хорошо подходят для разведывательных операций, в том числе в городской среде;

- Вертолетный тип. Компоновка в точности как у вертолета. Системы винтов могут быть разными, например, российские разработки часто оснащаются соосными винтами, что роднит модели с такими машинами, как «Черная акула»;

- Конвертопланы. Это комбинация вертолетной и самолетной схемы. Данная схема позволяет экономить пространство для взлета, такие машины взмывают в воздух вертикально, в полете меняется конфигурация крыла, и становится возможным самолетный метод передвижения;

- Планеры. В основном это летательные аппараты без двигателей, которые высаживаются с более тяжелой машины и двигаются по ранее заданной им траектории. Этот тип подходит для разведывательных целей, пролёта над объектом.

- Квадрокоптеры. Квадрокоптер, или дрон, — это беспилотное летательное устройство с четырьмя пропеллерами. Им можно дистанционно управлять при помощи специального пульта.

Недостатки беспилотных летательных аппаратов:

Одним из недостатков БПЛА является сложность управления ими. Так, к пульту управления не может подойти рядовой, который не прошёл курс специальной подготовки и не знающий определенных особенностей при использовании компьютерного комплекса.

Ещё одним недостатком является ярко выраженная чувствительность некоторых моделей к ветру, за счёт лёгкости их конструкции, это касается ЛА в весовой категории «микро» и «малые», массой от 5 до 50 килограммов.

Некоторые беспилотники могут подниматься на большую высоту, и это, в редких случаях, требует, для занятия высоты того или иного дрона, разрешения у органа управления воздушным движением, это может существенно осложнить выполнение задачи к назначенному времени, потому как приоритет в воздушном пространстве отдается судам под управлением пилота, а не оператора.

Научность данной работы заключается в проблеме о которой пойдёт речь далее: был определён самый важный недостаток, по нашему мнению, и в дальнейшем была найдена статья в сети Интернет, где данная проблема упоминалась. Этот недостаток касается только БПЛА на встроенных аккумуляторных батареях. Он заключается в сложности обнаружения беспилотников,

после их экстренного приземления. Потому, как некоторые модели, ко-гда заряд их аккумулятора близок к критическому значению могут выдавать некорректные данные о своём местонахождении.

В рамках данной работы я изучил беспилотные летательные аппараты армии Российской Федерации и определил масштаб данной проблемы:

- Дороговизна такой техники;
- Большие финансовые убытки для государства при потере дрона;
- Рабочий БПЛА, попавший в руки врага – способен воевать против нас, выполняя вражеские задачи.

- С потерянного ЛА могут быть украдены разведывательные данные и вооружение.

Задумка, заключается в установке дополнительного батарейного или аккумуляторного модуля для питания только GPS трекера, установленного на летательный аппарат. Батарейный блок можно разместить непосредственно внутри корпуса или на нём.

Реализовано это будет примерно таким образом: в БПЛА, питающийся от внутреннего аккумулятора, можно разместить дополнительный батарейный или аккумуляторный модуль, который при хорошем заряде местного энергоснабжения беспилотника никак не задействован и в нём поддерживается 100% уровень заряда от местного аккумулятора. Но как только заряд главной батареи близится к критическому или равен нулю и его энергии недостаточно для дальнейшего полёта, включается батарея для снабжения системы GPS трекера которую мы внедрили. Данная система облегчит поиски летательного аппарата после выполнения задачи. Что бы местный аккумулятор не «вытягивал» энергию из дополнительного во время полёта т.к. они заключены в одну схему энергоснабжения, необходимо между ними установить реле, которое будет пропускать токи от местного к дополнительному, для поддержания постоянно полной ёмкости батареи, но не наоборот. Если не установить в эту схему реле, то есть вероятность того, что основной аккумулятор разрядит дополнительный и система не работает в момент, когда это необходимо.

В процессе размышления над проблемой мы столкнулись с ещё одной проблемой, что прибор, работающий на излучение, расходует большое количество энергии, именно к таким приборам относится GPS трекер устанавливаемый в БПЛА, в целях снижения расхода энергии аккумуляторной батареи, целесообразно установить таймер в цепи электропитания, таким образом GPS не будет работать на постоянной основе. Можно будет выбрать необходимый временной промежуток отправления сигнала на пункт управления ЛА с трекера. Например, каждые 3–5 минут GPS включается и передаёт свои координаты на пункт управления. Схема такова: пока уровень заряда местного аккумулятора БПЛА не приближен к критическому, АКБ которой мы оснастили летательный аппарат, бездействует и в ней постоянно поддерживается 100% заряда от местного. Как только местная встроенная батарея отказывает, перестаёт питать двигатели и GPS, реле срабатывает и питание начинает осуществлять дополнительная батарея. В целях повышения надёжности до-

полнительного питания GPS трекера, аккумуляторную батарею можно разместить под ним. В таком случае, при попадании снаряда или при падении ЛА шансы корректной работы системы питания увеличатся.

В целях импортозамещения необходимо использовать Российские элементы питания с повышенной ёмкостью, такие как Космос, Энергия, Liotech, ССК, Фотон. Для таких целей более подходящими, из всех батареек, представленных на рынке, являются элементы формата D (высота которой – 61.5 мм, а диаметр – 34.2 мм, ёмкостью от 8000 до 12000мАч). Крона (размеры: 48 мм × 26 мм × 17 мм).

Немного отойдя от формата простых щелочных батареек и взглянув в сторону относительно новых технологий, взор падает на литий-ионные аккумуляторы. Их основные плюсы это: компактные размеры при большей ёмкости, гораздо продолжительный срок службы по сравнению с щелочными батарейками.

Если углубиться в новейшие технологии и делать данную работу с перспективой развития в будущем то, как источник питания можно применить батарею на углероде-14, она отличается рядом преимуществ по сравнению с атомными батарейками на основе других радиоактивных изотопов, а именно: экологичностью, дешевизной и длительным периодом эксплуатации. У неё невероятно долгий срок службы, ведь период полураспада углерода-14 составляет 5730 лет, но пока непонятно какая ёмкость будет у этих источников и сколько их потребуется для нормального функционирования GPS трекера. Можно с уверенностью сказать, что это энергия будущего, разработкой этих батарей в России занимается самарский государственный университет СамГУ. Процесс создания новейших элементов питания идёт с 2016 года и уже есть опытные образцы.

Заключение: В аспекте их применения и потенциала БПЛА показывают не-вероятный вектор устремлённого в будущее развития. Большинство исследовательских и аналитических центров сходятся во мнении о том, что в следующем десятилетии мировой рынок БПЛА военного назначения будет расти быстрыми темпами. Разработки по БПЛА будут сосредоточены на таких направлениях, как новые материалы, двигатели, аккумуляторы, разработки в области искусственного интеллекта, повышение автономности БПЛА, а также противодействие средствам радиоэлектронной борьбы и системам запрета и ограничения доступа. Такие изменения в конструкции беспилотных летательных аппаратов позволят сохранять дорогостоящие боевые машины, при небольшой себестоимости компонентов дооснащения. Тем самым ведение боя станет более эффективным и продуктивным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бодрова А.С., Безденежных С.И. «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». Коломна, 2019.
2. Научная статья «Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов». Москва, 2021.
3. <https://warbook.club/voennaya-tehnika/samolety/bpla/>

4. <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/bespilotnye-letatelnye-apparaty/>
5. https://fishki.net/2612028-bespilotnye-apparaty-rossii.html?utm_source=aab&sign=781746492098052%2C605969989746057
6. <https://profile.ru/military/kakie-bespilotniki-est-na-vooruzhenii-u-rossijskoj-armii-275319/>
7. https://pikabu.ru/story/yadernye_batareyki
8. <https://втораяиндустриализация.рф/atomnaya-batarejka-na-osnove-ugleroda-14/>
9. <https://habr.com/ru/post/65627/>
10. <https://naked-science.ru/article/tech/otvet-i-zhnetsu-i-bajraktaru-rossijskie-udarnye-bpla>
11. <https://topwar.ru/187335-legkie-kvadrokoptery-dlja-rossijskoj-armii.html>
12. <http://www.tzmagazine.ru/jpage.php?uid1=1348&uid2=1474&uid3=1479>

УДК 621.375

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ СИНТЕЗА ОЗОНА МНОГОЯЧЕЙСТЫМ ИМПУЛЬСНО-БАРЬЕРНЫМ АДАПТИВНЫМ ОЗОНАТОРОМ

Качелаев О.В., Светличный Н.И., Полуянович Н.К.

Южный Федеральный Университет, ИРТСиУ, каф. ЭиМ, г. Таганрог

Представлены результаты разработки устройства озонирования воздуха. Разработана силовая электрическая часть озонатора, структурная схема системы озонирования воздуха, принципиальная схема системы озонирования. Показано совершенствование импульсно-барьерного адаптивного озонатора по средством многоячейстой конструкции.

Энергетика, энергоэффективность, экология, система озонирования.

Обзор синтеза озона в электрическом поле высокой напряженности. Озон (O_3) – второе аллотропное, метастабильное простое молекулярное соединение, которое наряду с гомеопольярной формой молекулы O_2 образует кислород гомеопольярной формы O_3 . Синтез озона [1] рассматривается как процесс разрыва молекулярного кислорода на атомарный кислород и присоединение одного атома кислорода к молекулярному кислороду в барьерном, коронном, кистевом и т.д. разрядах. В [2] диссоциация молекул кислорода в разрядах в газовой среде в основном рассматривается как диссоциация, осуществляемая за счет столкновений молекул с ускоренными в электрическом поле электронами (диссоциация электронным ударом). Дополнительными факторами могут быть ультрафиолетовое излучение самого разряда и столкновение молекул кислорода с возбужденными атомами или молекулами, в том числе с атомами или молекулами примесей. Образование озона возможно во всех известных формах электрического разряда в среде [3], содержащей кислород. Разряд происходит в газах из-за диссоциации молекул на аэроионы, которые являются

носителями зарядов, наряду с электронами, их возбужденными, что в конечном итоге приводит к разряду.

Рассмотрим теорию синтеза молекулы озона в «барьерном разряде» [4]. Если к гомеоплярной молекуле кислорода приложить электрическое поле с высокой напряжённостью, то произойдёт вначале вытягивание молекулы со смещением координат протонов и орбит электронов (поляризация молекулы). Одновременно с этим происходит направленное ускоренное движение заряженных частиц (электронов) в поле между приложенными электродами. Электроны, «соударяясь» с молекулой кислорода, выбивают электроны с орбиты, разрушая ковалентные связи и одновременно разрушая некоторые электроны на фотоны, которые и видны как свечение «разряда», при этом кроме фотонов выделится и тепловая энергия. Происходит диссоциация молекулы на аэроионы и растаскивание их к противоположным полюсам электрического поля. А атомы, у которых на орбите не будет хватать электронов, будут положительным аэроионом.

Образование же молекулы озона происходит при смене полярности электрического поля. Аэроионы резко меняют направление своего движения и разгоняются при движении в сторону противоположных электродов. В тот момент, когда напряжённость электрического поля мала или равна нулю, аэроионы выскакивают за границу действия электростатических сил, соударяются с молекулярным кислородом (O_2) и образуют с ним дополнительную ковалентную связь (т.е. два электрона молекулярного кислорода начинают двигаться по внешней орбите, опоясывающей и присоединённый атом (аэроион), однако эта внешняя орбита присоединенного атома кислорода оказывается смещённой на 117° относительно исходной внешней орбиты молекулярного кислорода, т.е. включается в работу вторая пара электронов (рисунок 2.3).

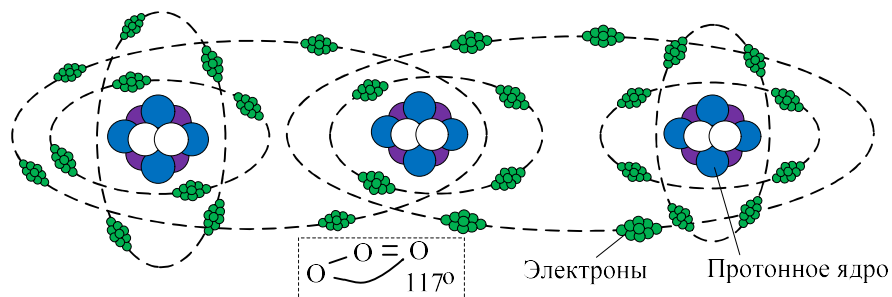
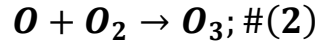
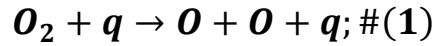


Рис. 1 Упрощённый синтез молекулы озона.

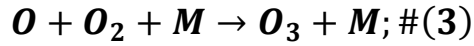
Энергия, необходимая для синтеза молекулы озона поглощается из внешнего источника питания. Причём количество этой энергии будет многократно больше, чем количество энергии, выделившейся при диссоциации. Рассмотрим, что же произойдёт, если в процессе диссоциации не образуется два аэроиона, а образуется только один аэроион и один атом кислорода (мало энергии). Смена полярности приложенного электрического поля не выбросит его за границы действия полей, а дальнейшее увеличение напряжённости также выбьет с его орбиты электроны. Снова образуется положительный аэроион.

Который, как только произойдёт следующая смена полярности «ударится» в следующую молекулу O_2 .

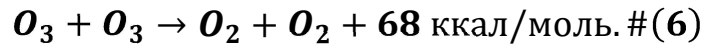
Реакции приводящих к диссоциативному синтезу озона (без учета протекающих энергетических процессов) описываются уравнениями [1, 5]:



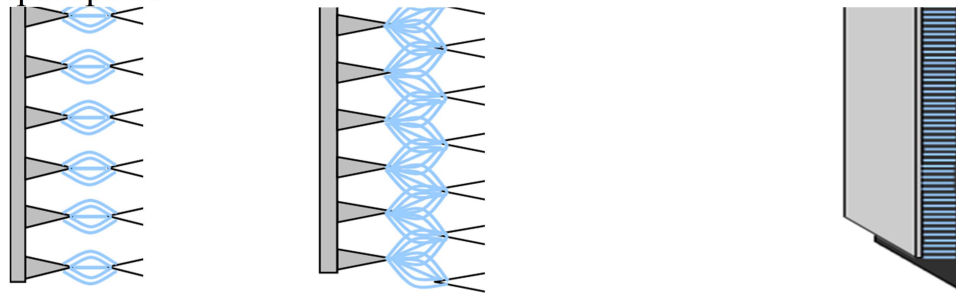
или



где q – частица субатомной энергии, например электрон, фотон, возбужденный атом или молекула буферного газа, примеси и т. д.; M – любая частица, например атом или молекула кислорода, молекула озона, атом или молекула примеси, диэлектрического слоя и т. д. Одновременно с синтезом озона протекают реакции в результате которых озон разлагается [5]:



Схематично показаны (рис. 2) конструкции активных формирующих пространств генераторов озона.



а)

б)

в)

г)

Рис 2. Упрощённые конструкции генераторов озона: а, б) – игольчатые (кистевой разряд); в) – поверхностно-барьерный; г) – объёмно-барьерный.

Игольчатый генератор озона (рис. 2, а) является самым экономичным, но низкопроизводительным. Так как «площадь поверхности» с напряжённостью электрического поля, достаточной для разрыва ковалентных связей, мала, то соответственно объем кислорода, попавший в эту зону, тоже мал.

Более производительной является конструкция (рис. 2, б). «Площадь поверхности» с напряжённостью электрического поля, достаточной для разрыва ковалентных связей, в этом случае больше в несколько раз, и соответственно объем кислорода, попавший в эту зону, тоже увеличивается в несколько раз. Достоинством таких генераторов является маленькое сопротивление воздушному потоку. Генератор с поверхностно-барьерным разрядом (рис. 2, в) более высокопроизводительна – разновидность генератора с «кистевым» разрядом, максимальная напряжённость рассредоточена вдоль электродов и по поверхности барьера. Самым высокопроизводительным

является объёмно-барьерный (рис. 2, г), напряжённость электрического поля практически однородная и рассредоточена по всей площади электродов. Весь объем кислорода, попадающий между электродом и барьером, диссоциирует на ионы и при выходе из зоны разрыва синтезируется в озон.

Для повышения производительности в барьерном озонаторе можно повысить напряжённость электрического поля и обеспечить приток воздуха к «разрядным зонам».

На основании вышеизложенного анализа была разработана классификация основных факторов, влияющих на производительность барьерных озонаторов, рис.3.

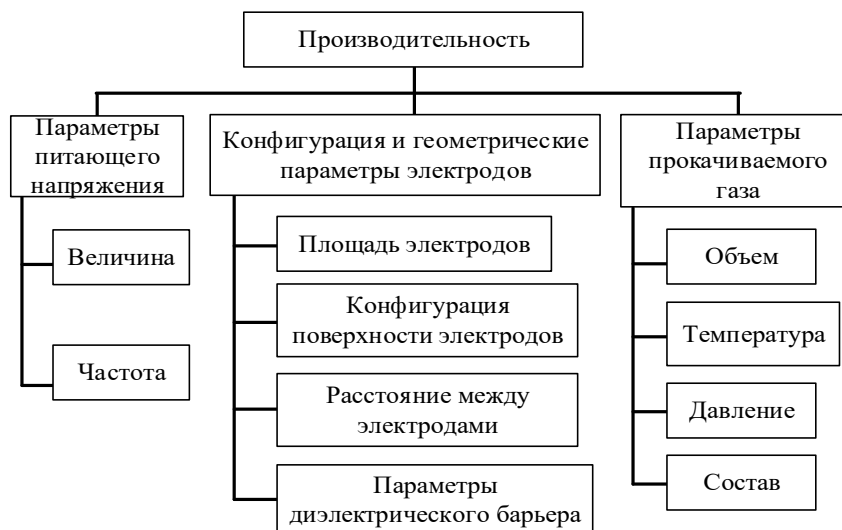


Рис 3. Классификация факторов, влияющих на производительность озонаторов

Механизм влияния электростатического поля на генерацию озона в барьерном разряде. Электроны, находящиеся на внешней орбите молекулы кислорода, взаимодействуют с протоном ядра с силой, равной F . Согласно закону Кулона сила взаимодействия F между двумя точечными зарядами q_1 и q_2 , помещенными в диэлектрик равна.

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon \cdot r^2} \quad \#(7)$$

где q_1, q_2 – величина заряда электрона, равная $1,602176487(40) \cdot 10^{-19}$ Кл.; r – расстояние между точечными зарядами; ε – диэлектрическая проницаемость среды; k – коэффициент пропорциональности, в СИ: $k = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0}$; ε_0 – электрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н м²)

Напряженность электростатического поля, создаваемая точечными зарядами q на расстоянии r , определится как:

$$E = \frac{q}{\varepsilon \cdot r^2} \quad \#(8)$$

Сила взаимодействия электронов и ядра, а также напряженность поля между ними, в статическом режиме, определяется уравнениями 7 и 8.

Для начала генерации озона необходимо создать минимальную напряжённость электрического поля, большую, чем рассчитанная по 8, То есть $E_{min} > E$, в идеале приложенная $E_{min} \gg E$.

Если предположить, что фигура, очерченная силовой линией напряжённости E_{min} при изменении питающего напряжения, будет изменяться от цилиндрической с радиусом основания R_0 до сферической с радиусом $R \approx h_\delta$, то, с определённым допущением расчётный объём фигуры выразится:

$$V = K_{FV} \cdot \pi \cdot (h_\delta)^3, \#(9)$$

где K_{FV} – коэффициент приведения объёма фигуры, очерченной силовой линией напряжённости E_{min} к сфере с радиусом $R \approx h_\delta$; h_δ – толщина воздушного зазора между электродом и барьером, м.

Таблица 1. Определение коэффициента приведения объёма фигуры, очерченной силовой линией напряжённости E_{min} к сфере.

E, В/м	1000000	5000000	9000000	13000000	17000000	21000000	25000000
K_{FV}	0,0043	0,0367	0,0691	0,102	0,134	0,166	0,199

$$K_{FV} = 8.1 \cdot 10^{-9} \cdot E - 0.0038 = \left(8.1 \cdot 10^{-5} \frac{U}{h_B + h_\delta} - 38 \right) \cdot 10^{-4}, \#(10)$$

где $E = \frac{U}{h_B + h_\delta}$ – напряженность приложенного электрического поля В/м; U – приложенное напряжение, В; h_B – толщина барьера, м.

Влияние напряжённости электрического поля на производительность озонатора учитывается по геометрическим размерам (толщина воздушного зазора, величина приложенного напряжения).

Влияние геометрических параметров генератора озона на производительность. Для определения зависимости между производительностью генератора озона и его геометрическими параметрами необходимо принять допущения:

- электрод считать в виде множественного точечного, распределённого равномерно по площади поверхности барьера;
- разряд считать «кистевым», приведённым в зависимости от напряжённости к полусферической форме;
- напряженность электростатического поля в «разрядной» зоне считать достаточной для диссоциации молекул кислорода.

Мгновенный объём преобразованного кислорода возле одного электрода можно определится:

$$Vi_{O_3} = 0,21 \cdot 0,5 \cdot K_{FV} \cdot \pi \cdot (h_\delta)^3, [м^3]. \#(11)$$

Напряженность электрического поля обратно пропорционально зависит от толщины барьера, поэтому увеличение толщины воздушного зазора в два раза при неизменном напряжении приведёт к снижению напряжённости поля, уменьшению площади основания конуса распределения напряжённости и снижению производительности озонатора также ориентировочно в два раза.

Массу мгновенно преобразованного кислорода можно также определить на основании уравнения 11, преобразовав его в уравнение вида:

$$M_{iO_3} = V_{iO_3} \cdot m_{O_3}, [\text{г}] \#(12)$$

где m_{O_3} - масса атомарного кислорода, содержащегося в одном метре кубическом воздуха, находящегося в нормальных условиях, $m_{O_3} = 271.5 \text{ г/м}^3$

Количественно рассчитать влияние площади электродов на мгновенный выход объёма преобразованного в озон кислорода можно, зная количество «разрядных» зон на единицу площади поверхности n_i , [1/см²]. На основании уравнения (2), можно рассчитать массу мгновенно преобразованного в озон кислорода возле всех «разрядных» зон на единицу площади:

$$M_{O_3} = M_{iO_3} \cdot n_i = V_{iO_3} \cdot m_{O_3} \cdot n_i [\text{г/СМ}^2] \quad (13)$$

Основываясь на уравнении (12) можно количественно рассчитать влияние площади электродов на мгновенный выход объёма преобразованного в озон кислорода. При этом уравнение 13, будет преобразовано в следующее промежуточное уравнение вида:

$$M_{sO_3} = S \cdot M_{O_3} = S \cdot V_{iO_3} \cdot m_{O_3} \cdot n_i [\text{г}] \quad (14)$$

где S – площадь ткане-сетчатого электрода, см².

И здесь возникла идея устанавливать во входном патрубке не одно, равное диаметру патрубка устройство озонирования, а несколько таких ячеек.

Влияние частоты питающего напряжения на производительность. Количественно рассчитать влияние частоты питающей сети (количества смен полярностей напряжённости) на выход объёма преобразованного в озон кислорода.

$$M_{sfO_3} = K_f \cdot M_{sO_3} = K_f \cdot S \cdot V_{iO_3} \cdot m_{O_3} \cdot n_i \#(15)$$

где K_f – эмпирический коэффициент влияния частоты напряжения подаваемого на электроды генератора озона, полученный в результате предварительных экспериментальных исследований:

$$K_f = 13.217 \cdot \ln(f) - 6.9465, \quad \text{при } 0 < f \leq 2000 \text{ Гц,} \#(16)$$

$$K_f = 9 \cdot 10^{-9} \cdot f^2 - 0.0009 \cdot f + 96.044, \quad \text{при } 2000 < 100000 \text{ Гц,} \#(17)$$

где f – частота питающей сети.

Несмотря на явно нелинейный характер влияния частоты подаваемого напряжения на производительность озонатора, необходимо учитывать тот факт, что увеличение частоты приведёт к изменению диэлектрической проницаемости барьера генератора озона, что в свою очередь приведёт к увеличению потерь энергии (мощности, рассеиваемой в диэлектрике). А это соответственно приведёт к увеличению температуры нагрева барьера, увеличению температуры нагрева воздуха, подаваемого в «разрядные» зоны и ускорению распада озона из-за усиления столкновения молекул газов друг с другом.

Влияние подачи воздушного потока на производительность озонатора. Рассчитать влияние изменения подачи воздушного потока в озонатор на его производительность по озону можно, количественно рассчитав изменение объёма воздуха, прошедшего через «разрядные» зоны [7]. Учитывая, что сечение корпуса озонатора неизменно, можно взаимосвязь между изменением

объёмов нагнетаемого воздуха в разрядные зоны и изменением подачи, скорости движения воздуха и кратности воздухообмена внутри озонатора, описать следующим выражением:

$$\frac{M_{O_3\ 1}}{M_{O_3\ 0}} \approx \frac{V_1}{V_0} \approx \frac{Q_1}{Q_0} \approx \frac{v_1}{v_0} \quad (18)$$

На основании уравнения (18) можно составить следующую зависимость

$$\frac{\Delta M_{O_3}}{\Delta t} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (19)$$

где $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_1 - V_0}{t_1 - t_0}$ - изменение объёма воздуха, нагнетаемого в озонатор в единицу времени.

Подачу воздуха в озонатор можно определить по формуле:

$$Q = S_K \cdot v \quad (20)$$

где S_K - площадь поперечного сечения корпуса озонатора; v - скорость движения воздуха в озонаторе при подаче Q ; Δt - интервал времени нагнетания воздуха подачей Q .

Основываясь на выражениях (19, 19 и 20) можно определить кратность воздухообмена внутри корпуса озонатора, которая будет пропорциональна кратности воздухообмена в «разрядных» зонах, но с учётом коэффициента аэродинамического сопротивления.

$$K_B = K_v \cdot \frac{Q}{V_K \Delta t} \quad (21)$$

где V_K - объём воздуха внутри корпуса озонатора по длине генерирующего сегмента; K_v - эмпирический коэффициент аэродинамического сопротивления озонатора;

$$K_v = 3,6 * Q^{-0,53} \quad (22)$$

Разработка системы озонирования. Известны различные схемные решения систем озонирования. В работе предлагается использовать для получения озона импульсно-барьерный разряд. Структурная схема системы озонирования, представлена на рис.2.

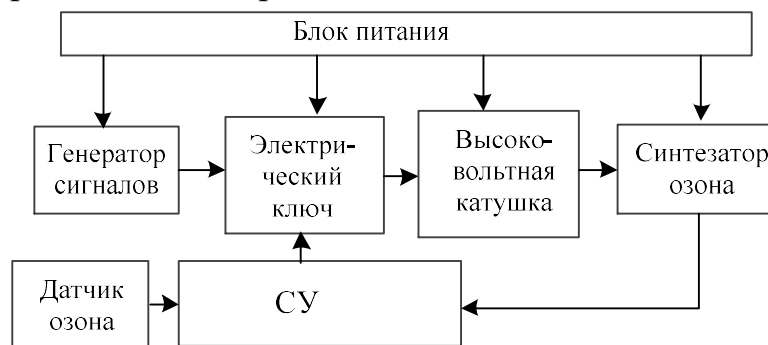


Рис. 2. Структурная схема системы озонирования.

В данной системе (рис.2), используется блок питания 9-14В, 0-10А, генератор сигналов с регулировкой скважности и частоты напряжения, силовой электрический ключ представляет собой силовой транзистор, высоковольтная катушка поднимает напряжение до 30кВ, затем высоковольтное напряжение поступает на сетки синтезатора озона, с датчика озона считывается сигнал и обрабатывается в устройстве вывода данных.

Многоячейстый озонатор. Конструкция многоячейстого озонатора приведена на рис.3, где: 1 – изолирующий корпус – патрубок; 2,3 – электроды для подключения высоковольтного преобразователя; 4 – положительная высоковольтная электродная сетка; 5 – отрицательная высоковольтная электродная сетка, 6 – изолятор цилиндрического электрода; 7 – цилиндрический электрод; 8 – вентилятор. Конструктивно внутри изолирующего корпуса устанавливается несколько одно-ячейстых озонаторов, а в начале каждого расположен вентилятор [8, 9].

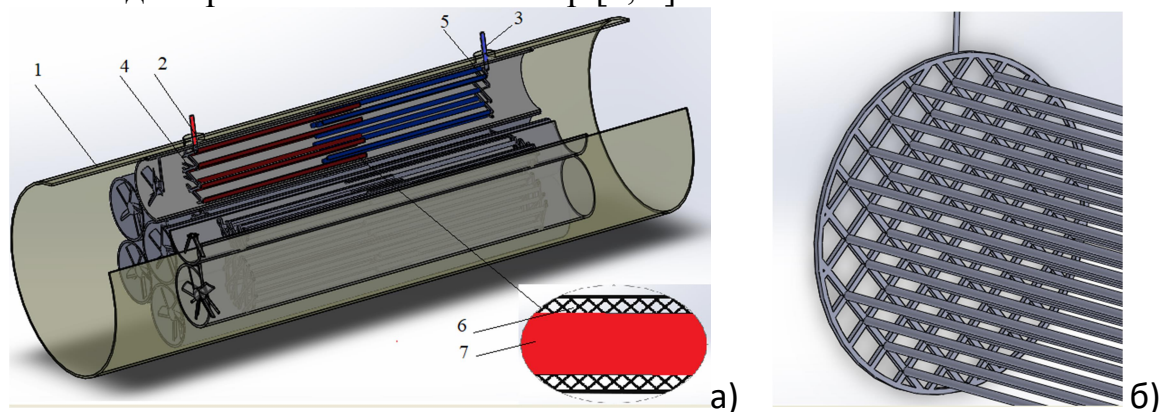


Рис. 3 Внешний вид устройства озонирования воздуха: а–многоячейстый озонатор, б–высоковольтная электродная сетка.

Предложено усовершенствовать конструкцию озонатора, за счёт введение не одной ячейки, а нескольких. Введение несколько ячеек позволит: – уменьшить мощность, подводимую к каждой из ячеек. При этом выходная мощность озонатора будет складываться как сумма мощностей каждой из ячеек. Поток проходящего воздуха O_2 будет более распределенным, что способствует более полному преобразованию потока O_2 в O_3 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

- 1.Самойлович, В.Г. Физическая химия барьерного разряда [Текст]/ В.Г. Самойлович, В.И. Гибалов, К.В. Козлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989.
- 2.Лунин, В.В. Физическая химия озона [Текст] / В.В.Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. – М.: Изд-во МГУ, 1998.
- 3.Самойлович, В.Г. Современные тенденции в конструировании промышленных озонаторов [Текст]: всероссийская научно-практическая конференция, 7–9 июня 2005 г., г. Москва / В.Г. Самойлович, В.В. Панин, Л.Н. Крылов. – М., 2005.
- 4.Галицкий, В.М. Теория столкновения атомных частиц [Текст] / В.М. Галицкий, Е.Е. Никитин, Б.М. Смирнов. – М., 1981. – 358 с., Леонас, В.Б. Межмолекулярные взаимодействия и столкновения атомов и молекул [Текст] / В.Б. Леонас // Итоги науки и техники. Серия Физика атома и молекулы. Оптика. Магнитный резонанс. – М., 1980. –Т.1.
- 5.Филиппов, Ю.В. Электросинтез озона [Текст] / Ю.В. Филиппов В.А. Вобликова, В.И. Пантелеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 265 с.

6. *Притула А.Н., Полуянович Н.К.* Разработка и исследование системы топливподачи на базе озонатора. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции молодых ученых. г. Томск, 2010г.

7. *Озеров И.Н.* Обоснование параметров и режимов работы генератора озона для обеззараживания комбинированных кормов высококонцентрированной озono-воздушной смесью, *Зерноград*, 2018, с.167.

8. *Полуянович Н.К., Дубяго М.Н., Щуровский В.А.* Методы испытания силового электрооборудования / Южный Федеральный Университет, Инженерно-технологическая академия, Институт радиотехнических систем и управления, Кафедра электротехники и мехатроники. Таганрог, 2016

9. *Полуянович Н.К., Береснев А.Л., Притула А.Н.* Адаптивная система озонирования воздуха для двигателя внутреннего сгорания. Патент на полезную модель RUS 112948 31.03.2011

10. *Данильченко В.И., Полуянович Н.К., Бурьков Д.* Разработка и исследование системы озонирования топливно-воздушной смеси. *Международное научное сотрудничество, образование и культура*. 2014. № 3. С. 89.

УДК 004.023

ПЛАНИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРУППЫ РОБОТОВ В НЕКАРТОГРАФИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Лазарев В.С.

Южный федеральный университет, Таганрог

Введение. Групповое управление роботами является актуальной темой, особенно в контексте развития робототехники и искусственного интеллекта. Оно помогает повысить эффективность деятельности роботов и расширяет возможности их применения.

Групповое управление роботами позволяет создать команду, которая может совместно выполнять задачи, которые один робот не может выполнить самостоятельно. Это особенно полезно в ситуациях, где требуется совместная работа, координация действий или выполнение сложных задач.

Примеры такого применения включают поиск и спасение, исследование и мониторинг окружающей среды [1], строительство и сельское хозяйство. В этих областях групповое управление роботами позволяет эффективно использовать ресурсы и повысить скорость и точность выполнения задач.

Кроме того, групповое управление роботами может быть полезно для создания автономных транспортных средств, таких как автономные автомобили или беспилотные летательные аппараты. В таких системах групповое управление позволяет роботам взаимодействовать друг с другом и с окружающей средой, обеспечивая безопасность и эффективность движения.

Основополагающей для робота (подвижного объекта) является задача планирования траектории и движения по ней. В монографиях [2] и [3] рассмотрены методы планирования траекторий одиночного подвижного объекта и группы подвижных объектов, для двумерной и трехмерной среды соответственно.

Дальнейшим развитием методов планирования с целью повышения их эффективности является их гибридизация. В работе [4] показано, что гибридизация может повысить эффективность планирования траектории в группах подвижных объектов до 50%.

Постановка задачи.

Рассматривается задача мониторинга трехмерной среды группой, состоящей из некоторого количества (n) подвижных объектов (рис. 1). Подвижные объекты должны осуществлять движение, распределяясь на некоторой территории, при этом избегая столкновения во время движения.

Математическая модель подвижного объекта задана в виде [5]:

$$\dot{y}_i = R(y_i)x_i, \quad (1)$$

$$\dot{x}_i = M_i^{-1}(F_{ui} + F_{di} + F_{vi}), \quad (2)$$

где y_i – вектор линейных и угловых координат в неподвижной системе; x_i – вектор линейных и угловых скоростей в связанной с подвижным объектом системе координат; $R_i(y_i)$ – матрица кинематики; F_{ui} – вектор управляющих сил и моментов; F_{di} – вектор динамических сил и моментов; F_{vi} – вектор возмущений; $i = \overline{1, N}$; N – число подвижных объектов в группе.

Трехмерная прямоугольная область является некартографированной, то есть, в ней находятся препятствия Π_i , координаты которых не известны заранее.

Подвижные объекты оснащены навигационной системой, которая позволяет системе управления определять свое положение в глобальной системе координат. Подвижные объекты также оснащены системой технического зрения, которая позволяет обнаруживать текущее положение препятствий и других подвижных объектов на расстоянии $R_{СТЗ}$, в секторе, ограниченном углами в горизонтальной плоскости и в вертикальной плоскости.

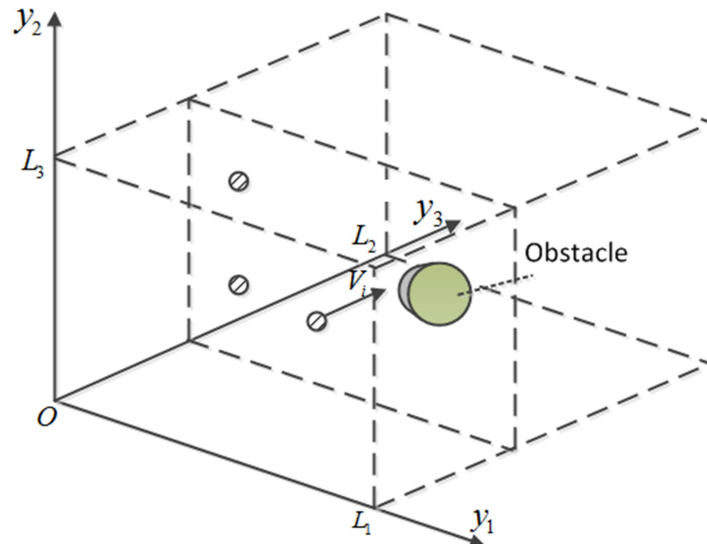


Рис. 1. Область функционирования

Распределение на некоторой территории. Чтобы покрыть некоторую территорию, в работе [6] предлагается использовать кластеризацию трехмерного пространства. Кластеризация осуществляется следующим образом. Подвижные объекты вместе с препятствиями (при наличии) и границами области функционирования образуют множество объектов среды.

Сама кластеризация состоит из двух этапов. Вначале строится триангуляция Делоне между роботами в группе (рис.2), а затем и между всеми объектами среды (рис. 3). В трехмерной версии триангуляция Делоне разбивает пространство на тетраэдры, что видно на рис. 2.

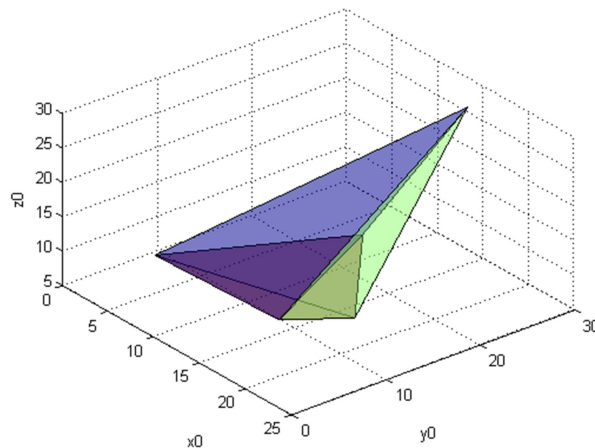


Рис. 2. Создание связей между роботами в группе

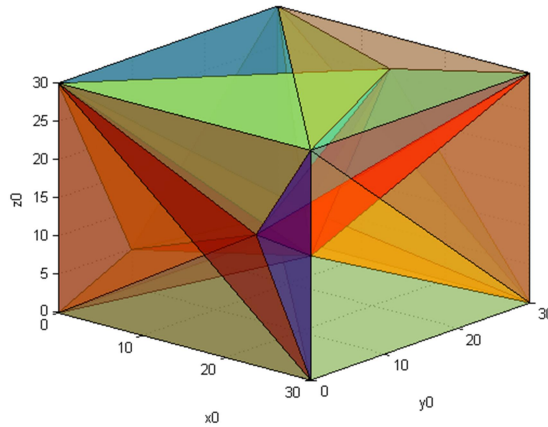


Рис. 3. Трехмерная триангуляция Делоне для объектов среды

На втором этапе создается массив связей каждого робота с объектами среды. Создание данного массива описано в работах [7] и [8].

Планирование траектории. Как уже было сказано, объекты среды включают всех роботов, препятствия при наличии и границы области функционирования. Расстояние до них от i -того подвижного объекта определяет по формуле (3):

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - y_j)^2}, \quad (3)$$

где r_{ij} – расстояние от i -того объекта до j -того, x и y – координаты объектов по осям x и y , i -порядковый номер робота в группе, j -номер объекта среды.

Чтобы оптимизировать положение робота в среде, используется минимаксная задача, которая описана в работе [7] для двумерной среды.

Минимаксная задача – это математическая задача оптимизации, в которой необходимо найти оптимальное решение, максимизирующее минимальное значение функции-цели.

Формально, минимаксную задачу можно определить следующим образом: пусть имеется некоторое множество X и функция $f: X \rightarrow \mathbb{R}$, где \mathbb{R} – множество действительных чисел. Требуется найти точку x^* , такую что $f(x^*) = \min\{f(x) \mid x \in X\}$, то есть такую точку, которая минимизирует максимальное значение функции f на всем множестве X .

В качестве минимизируемой функции будет выступать расстояние от робота до любого объекта среды r_{ij} в формуле (3).

Моделирование. В программе Matlab проведено моделирование движения пяти роботов в трехмерной некартографированной области (Рис. 4). Исходные позиции роботов (1;1;1), (5;2;2), (10;1;1), (12;3;2), (15;4;1). Область функционирования ограничена 20 метрами по ширине и 5 метрами по высоте.

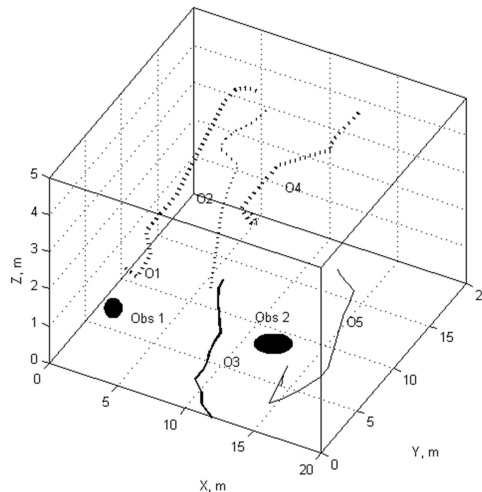


Рис. 4. Результаты моделирования

Проведенное моделирование демонстрирует, что роботами были обнаружены два препятствия, в связи с чем, планировщик перестроил траектории всей группы с учетом задачи минимакса.

Заключение. В данном исследовании решалась задача планирования траектории для группы роботов в трехмерной среде с препятствиями. Среда представляет собой замкнутый параллелепипед [9]. Решение задачи было разбито на два этапа.

Первый этап включал в себя кластеризацию трехмерного пространства. Для этого использовалась трехмерная триангуляция Делоне и алгоритм создания связей объектов среды, предложенный автором ранее.

На втором этапе для планирования траектории предложено использование минимаксного критерия для формирования оптимальной траектории движения всей группы. Моделирование в Matlab демонстрирует работоспособность предложенного подхода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лазарев В.С. Методы группового управления БПЛА в неопределенной среде // Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии управлении «КомТех-2022»: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием: в 2т., Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2022. – Т.2 – с.114-119.

2. Белоглазов Д.А., Гузик В.Ф., Косенко Е.Ю., Крухмалев В.А., Медведев М.Ю., Переверзев В.А., Пшихопов В.Х., Пьявченко А.О., Сапрыкин Р.В., Соловьев В.В., Финаев В.И., Чернухин Ю.В., Шаповалов И.О. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями / под ред. В.Х. Пшихопова. – М.: Физматлит, 2014. – 300 с. – ISBN 978-5-9221-1595-7.

3. Белоглазов Д.А., Гайдук А.Р., Косенко Е.Ю., Медведев М.Ю., Пшихопов В.Х., Соловьев В.В., Титов А.Е., Финаев В.И., Шаповалов И.О. Групповое

управление подвижными объектами в неопределенных средах / под ред. В.Х. Пшихопова. – М.: Физматлит, 2015. – 300 с.

4. *Pshikhopov V.Kh. et al. Path Planning for Vehicles Operating in Uncertain 2D Environments // Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2017. – 312 p.*

5. *Medvedev M., Lazarev V., Kulchenko A. and Zhakov A., 3D Area Monitoring Using Group Control Technique and Dynamic Repellers // 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC), Chelyabinsk, Russia, 2018. – pp. 1-6.*

6. *Lazarev V. 3D Area Monitoring Using Group Control Technique and Optimization Algorithms // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, 2020. – pp. 1-5.*

7. *Медведев М.Ю., Лазарев В.С. Метод формирования траектории для группы подвижных объектов с помощью кластеризации в двумерной среде // Научный вестник НГТУ, Новосибирск, вып 4 (77). 2019. – с. 45-54. 1.*

8. *Лазарев В.С. Децентрализованное управление движением группы подвижных объектов (БПЛА) на базе динамических репеллеров // Сборник трудов VII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика» («ПАРУСА-2018»), 2018, Т 1 . – С. 254–260.*

9. *Лазарев В.С. Распределение БПЛА в группе при движении в замкнутой среде // Сборник трудов XVIII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Информационные технологии, системный анализ и управление» (ИТСАУ-2020), 03-05 декабря 2020 г, Издательство Южного Федерального Университета, 2020, – Т.2 – с. 148-150.*

УДК 62–843.4

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТВС НА ПИК ДАВЛЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ. СРАВНЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ И ПРОМОДЕЛИРОВАННЫХ ГРАФИКОВ

Денисенко Н.С., Береснев А.Л.

ИТА ЮФУ, Таганрог

Введение:

Одним из основных методов диагностики двигателя внутреннего сгорания является его проверка по осциллограммам динамической компрессии, полученных при помощи диагностического прибора – мотортестера.[1] В данном случае диагностике подвергаются многие параметры полученной осциллограммы – в том числе и ее пик. Однако на величину пика давления влияют многочисленные узлы двигателя внутреннего сгорания, изменяя таким образом состав топливно-воздушной смеси. [2] Тем не менее при помощи компьютерного моделирования можно отследить влияние всех этих параметров.

Таким образом, цель данной работы – это сравнить осциллограммы давления в камере сгорания при различных составах топливно-воздушных смесей, полученных двумя разными способами.

Научная новизна данной работы состоит в изучении влияния состава заряда топливно-воздушной смеси на пик давления в камере сгорания. На практике же данный подход позволит более эффективно производить диагностику автомобилей, что может вылиться в лучшую экономию топлива и снижение вредных выбросов, которые имеют место быть при эксплуатации неисправного транспортного средства. [3-6]

Основная часть.

В ходе проведенных ранее работ, проведенных ранее были получены соответствующие графики давления при различном составе топливно-воздушной смеси. Был сделан акцент на необходимости анализа снятых осциллограмм при широком спектре оборотов, дабы снять погрешность показаний. При различных оборотах график давления ведет себя несколько по-разному. Однако если отсеивать все, данные имеющие искажения формы графиков, несущие случайный характер, то получится график, изображенный ниже на Рис. 1.

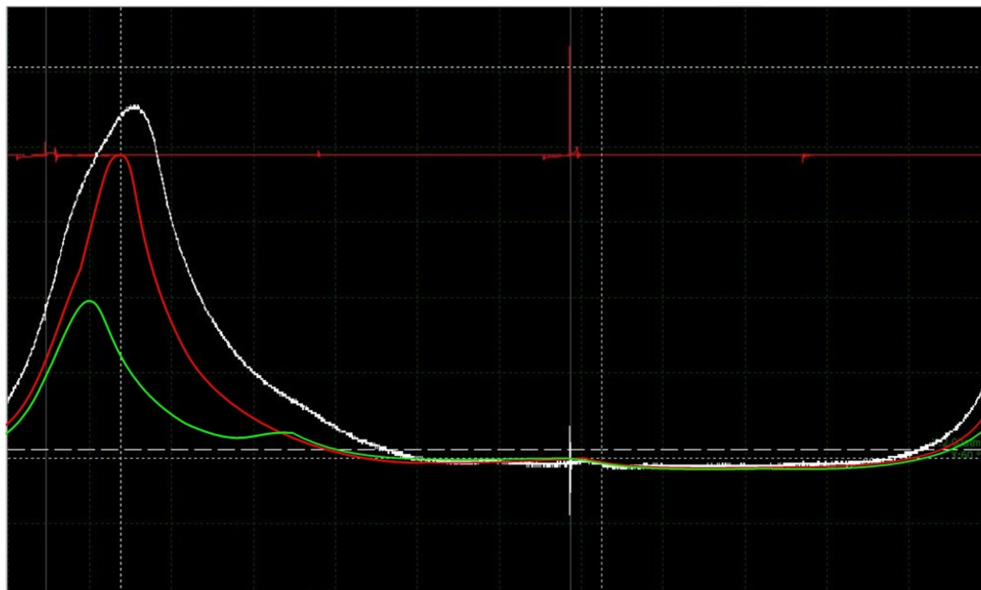


Рис. 1 Графики давления в камере сгорания при различных содержаниях топливно-воздушной смеси

Данный график получен при высоких оборотах значением в 2000 об/мин, однако он отражает полную картину состояния давления для всех диапазонов оборотов. Белым цветом – обозначена стехиометрическая смесь, тогда как двумя другими нижними – богатая и бедная соответственно.

Исходя из [10] можно привести другой график давления, полученный при компьютерном моделировании, который приведен ниже на Рис. 2.

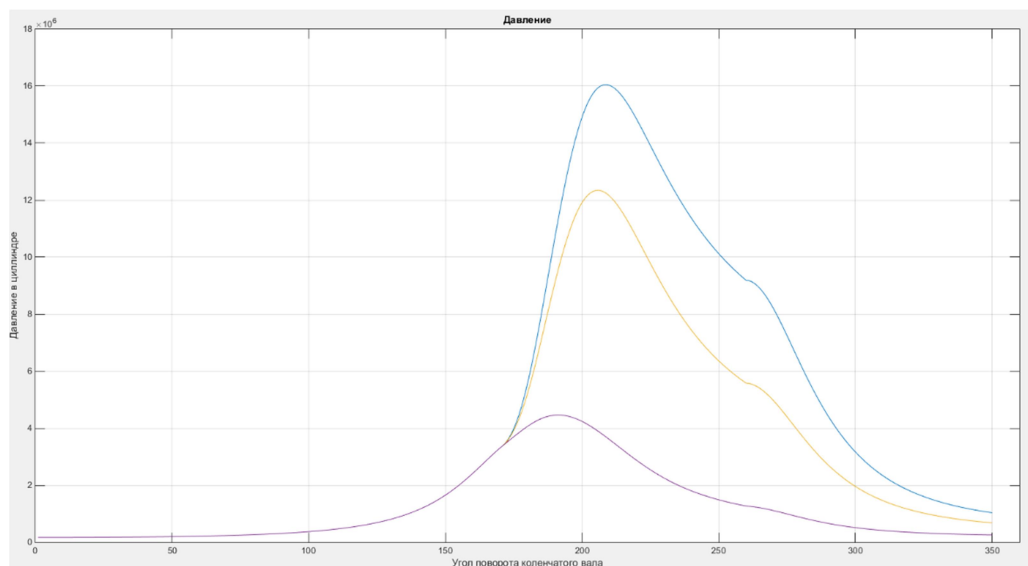


Рис. 2 Промоделированные графики давления с теми же условиями, что и выше

В данном случае на верхнем графике обозначена стехиометрическая смесь, тем, что посередине – богатая, а нижним – бедная.

Таким образом, были приведены обе группы графиков давлений в камере сгорания одного и того же объекта, полученными двумя разными способами. На глаза попадают сразу несколько сходств:

- Общая форма графиков;
- Соответствие величин пиков давления, а также очередность их величин по убыванию от стехиометрической смеси к бедной;
- Соответствие длительности горения при различных топливовоздушных соотношениях.

Между тем наблюдаются и некоторые различия:

- Искажение формы графиков, снятых с объекта;
- Слабое несовпадение со скоростью разгорания топливно-воздушной смеси.

Различия вызваны несколькими факторами. Искажение формы появляется в силу полной случайности процессов горения в реальности. Математическая модели будет показывать всегда самый идеализированный вариант поведения графика давления в камере сгорания, тогда как в реальности такой вариант событий зачастую попросту невозможен. Отсюда выходит и некоторое несовпадение в скорости разгорания.

Однако, большая схожесть графиков говорит о правильности составленной программной модели, а значит таким образом можно сделать итоговый вывод о влиянии состава топливно-воздушной смеси на форму графика давления.

При богатой смеси пик давления будет несколько ниже, нежели при стехиометрическом составе смеси, что будет говорить о пониженной эффективности работы двигателя в таком режиме. Длительность нарастания и спада давления в таком случае также невелика.

Чего нельзя сказать о бедном составе смеси, длительность горения которой достаточно продолжительна. Однако величина пика давления в таком случае является самой низкой из всех.

Глубокое понимания процессов горения, а также учет вариативности конфигураций топливно-воздушной смеси позволит производить автодиагностику глубже, качественнее и быстрее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Береснев А. Л., Берснев М. А. Диагностика автомобиля с помощью сканера: практикум по лабораторным работам. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010г. – 26с.

2 Береснев А. Л., Берснев М. А. Особенности систем управления ДВС подвижных объектов на альтернативных видах топлива – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015г.

3 Денисенко Н. С., Береснев А. Л. Определение термодинамической составляющей давления в цилиндре. - Управление социально-экономическими системами: направления развития, вызовы и возможности сборник материалов Научного семинара, Таганрог: Изд. ЮФУ, 2021г. – 152 с.

4 Денисенко Н. С., Береснев А. Л. Определение термодинамической составляющей давления в цилиндре. – Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко «КомТех-2021», Таганрог: Изд. ЮФУ, 2021г. – т.2 320с.

5 Денисенко Н. С., Береснев А. Л. Модель определения давления в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания. - Сборник материалов II всероссийской молодежной научнопрактической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2021г. – 197с.

6 Денисенко Н. С., Береснев А. Л. Определение идеализированного графика давления в цилиндре без поджига топливовоздушной смеси – Проблемы современной системотехники Сборник научных статей Выпуск XV, Таганрог, Изд-ль ИП Ступин С. А. 2021г. – 24с.

7 Береснев М. А., Береснев А. Л. Разработка датчика для определения момента достижения максимума давления в цилиндре двигателя внутреннего сгорания – Материалы VI Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера» (ICATS'2011), Казань: ЗАО «Мир без границ», 2011г. – 226с.

8 Береснев М. А., Береснев А. Л. Управление составом бинарного топлива для улучшения показателей ДВС – АвтоГазоЗаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2012. - №3(63). 7-11с.

9 Береснев М. А., Береснев А. Л. Управление составом бинарной топливной смеси для улучшения крутящего момента и экологических параметров двигателя внутреннего сгорания – Материалы VII Международной научно-практической конференции «Научные проблемы европейского континента», Прага: Изд-во Education and Science, 2011–71-73с.

10 Денисенко Н.С., Береснев А.Л. Изучение влияния качества ТВС на

пик давления в камере сгорания. Математическое моделирование - XX Всероссийская научная конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «ИТСАУ-2022», 2022г.

УДК 621.865.8.

ПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ WI-FI И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НА СЕРВЕРЕ

Грунтовский В.И., Савченко Д.А.
Таганрог. ИРТСУ ЮФУ

Введение. С постоянным ростом интереса к проблемам окружающей среды и необходимостью контролировать климатические изменения, разработка систем контроля стала неотъемлемой частью современной науки и технологий. Это сложный комплекс из множества элементов, который позволяет собирать информацию о температуре, влажности, атмосферном давлении и других климатических параметрах в реальном времени. Такие данные играют важную роль в научных исследованиях, позволяют прогнозировать погоду, а также принимать рациональные решения в области экологии и энергетики. Однако, чтобы эта система работала эффективно, требуется разработка интегрированной аппаратной части. Верный выбор датчиков, адекватная обработка данных, эффективная передача и защита информации - все эти компоненты необходимы для обеспечения надежного функционирования системы.

Терминология: Ардуино – для краткости так будет называться Arduino UNO. Скетч – программа загружаемая на ардуино. Web server – сайт в локальной сети в радиусе действия wi-fi маршрутизатора. GET-запрос — метод передачи данных от клиента к серверу.

Постановка задачи. В нашей статье мы проведем детальный обзор аппаратной части системы сбора и передачи данных с климатических датчиков.

Решение проблемы. В нашей системе будут работать два датчика BMP180 и DHT22, так как они оба относятся к бюджетному сегменту, будем калибровать опытным путем в сравнении с обычным оконным термометром. Подключим оба датчика одновременно к макетной плате (рис. 1).

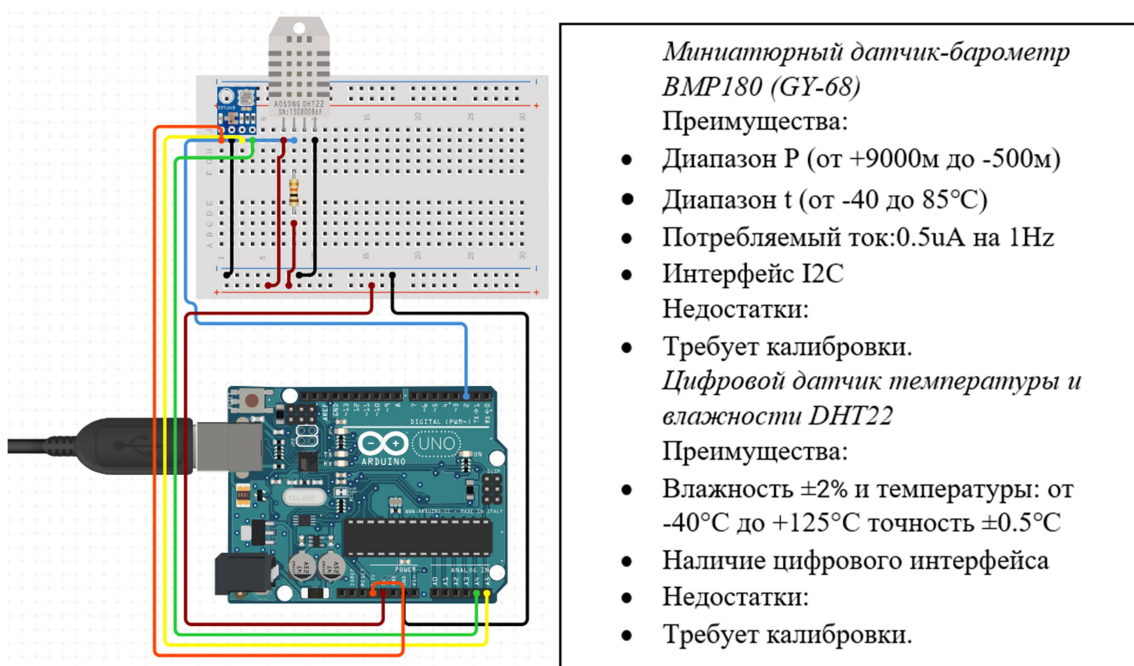


Рис. 1 Arduino UNO и датчики

Проверяем работоспособность датчиков и видим результаты на рис.2

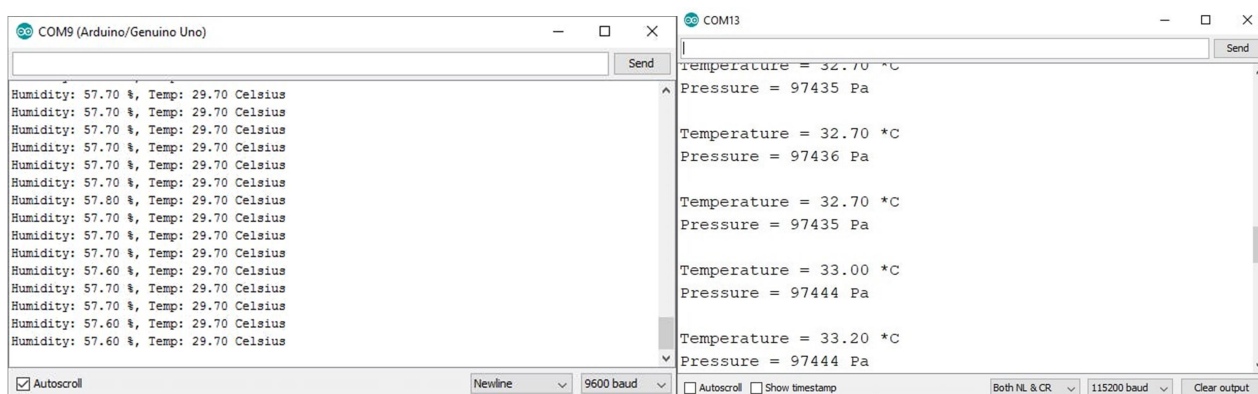


Рис. 2 слева DHT11, а справа VM

Для передачи информации с датчиков дальнейшей обработки данных мы будем использовать wifi модуль dt-06. Внешний вид и схема подключения (рис. 3). Важно, так как скетч будет загружаться на Arduino UNO, а передача информации с dt-06 осуществляется через rx-tx, то необходимо отключать эти контакты, а после загрузки подсоединять обратно.

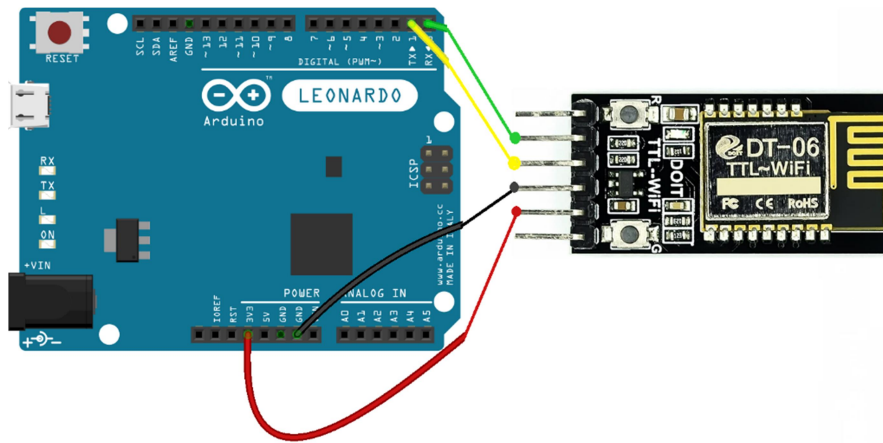


Рис. 3 схема подключения dt-06 к Arduino UNO

Для удобной работы с wifi-модулем установим на него прошивку esp-link и напишем скетч для web server'a (рис. 4) Так как код программы получился большим, то его можно будет посмотреть на github, ссылка в конце.

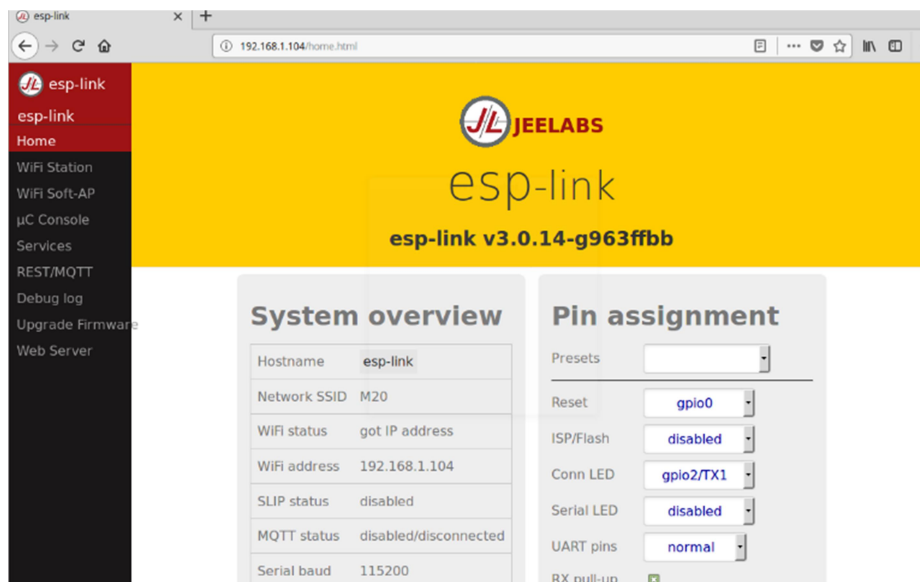


Рис. 4 Внешний вид прошивки esp-link

Рассмотрим часть кода файла webserver_temperature.ino, где происходит формирование массива “tem” и его отправка на web server:

```
void climatePageLoadAndRefreshCb(char * url)
{
  String data = String((float)temp);
  data += " °C ";
  data += String((float)humid);
  data += " %";
  webServer.setArgString(F("Temperature"), data.begin());
}
```

Создаем массив “data” где формируем человеко-понятную строку с данными о температуре переменной “temp” и влажности переменной “humid” и их единицах измерения. Последняя строка вместе с данными передает через

wifi id метку “Temperature” на основании которой webserver отличит получаемую информацию.

Теперь посмотрим в файл climate.html где происходит создание и вывод полученного массива на экран.

1. `<meta name="refresh-rate" content="500" />`
2. `<div class="header">`
3. `<h1>temperature and humidity</h1>`
4. `</div>`
5. `<div class="content">`
6. `<p id="Temperature" align="center" style="font-size: 600%"/>`
7. `</div>`
8. `</body></html>`

Нас интересует 6 строка файла, где мы видим поиск id метки “Temperature” Согласно установленной прошивке, нам достаточно создать простой сайт на html. Алгоритмы esp-link сами будут выводить динамически значение с датчиков с помощью Java script (рис. 5)

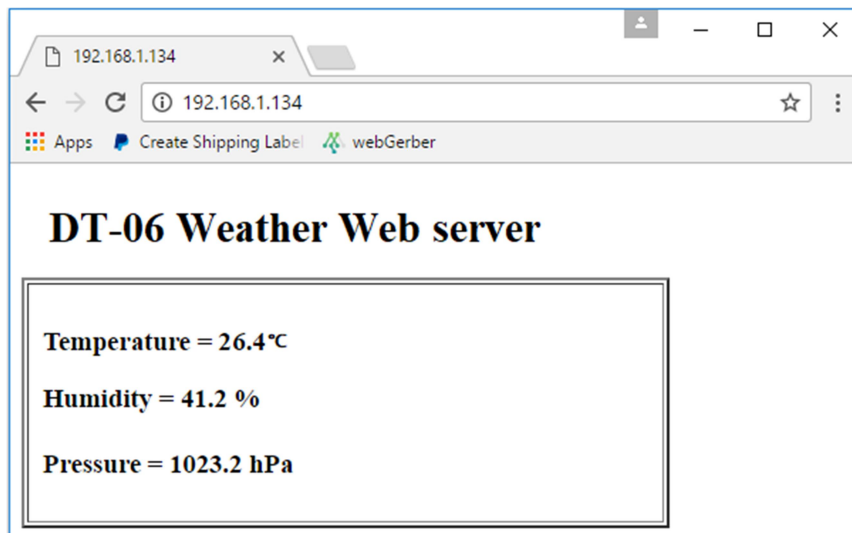


Рис. 5 Созданный webserver с данными датчиков

Полученные результаты. В данной статье была рассмотрена аппаратная часть системы сбора и передачи данных с климатических датчиков. Были описаны применяемые датчики BMP180 и DHT22, а также wifi модуль dt-06 для передачи информации. Разработано программное обеспечение для web server'a, позволяющее отображать данные с датчиков на веб-странице. Полученные результаты позволяют контролировать температуру и влажность в реальном времени. Разработанная система имеет потенциал применения в научных исследованиях, прогнозировании погоды, экологии и энергетике. Дальнейшее развитие и усовершенствование аппаратной части системы может способствовать ее более широкому использованию и эффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способ прошивки wifi модуля dt-06
<https://dzen.ru/a/X6ksQNfFoiMVCryZ>
2. Код подключения датчиков
https://github.com/Vorstok/webserver_temperature
3. Макгрэт М.Н. и Маккарти М.Р. Arduino. Стартовое руководство с.10-18.
4. Кузнецов В.И. Arduino. Подключаем датчики с.44-50.
5. Ефимов А.А. Беспроводные технологии Arduino с.32-37

УДК 621.396.67

РЕКОНФИГУРИРУЕМАЯ НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ БПЛА

Алябьев С.И., Кисель Н.Н.

Южный федеральный университет, ИРТСУ, Таганрог

Представлены результаты моделирования в программе Altair FEKO реконфигурируемой монопольной антенны резонаторного типа с шунтовым питанием для БПЛА. Для управления рабочей частотой антенны используется система PIN-диодов в составе короткозамыкателей.

Введение.

При разработке антенн для БПЛА необходимо учитывать ряд противоречивых требований такие как малые габариты, которые существенно зависят от типа БПЛА, требования обеспечения аэродинамических характеристик, низкая стоимость, так как время жизнеспособности БПЛА достаточно ограничено [1-8]. Кроме того, как правило, антенны должны иметь изотропную диаграмму направленности в азимутальной плоскости и иметь коэффициент усиления антенны не меньше полуволнового диполя и полосой пропускания не менее 100 МГц.

В настоящее время возрос интерес к реконфигурируемым антеннам, для которых путем использования дополнительных, как правило сосредоточенных управляемых элементов, изменяется распределение тока на излучающей поверхности, что приводит к изменению рабочей частоты, полосы частот, входного импеданса антенны, возможно и изменение характеристик направленности антенны, хотя для монопольных антенн это проявляется в незначительной степени. В качестве элементов управления можно предложить электрически управляемые элементы: PIN-диоды, варакторы, варикапы. Такие антенны позволят менять частотный диапазон в процессе функционирования.

Основная часть. Антенна представляет собой конструкцию из металлического диска диаметром R_3 с шунтовым питанием и системы из нескольких короткозамыкателей, симметрично расположенных по отношению к линии питания. Диск антенна расположена внутри полости цилиндрической формы с радиусом $R_1=15$ см, глубина резонатора 18 мм. Антенна такого типа может быть легко установлена на фюзеляже БПЛА, не

ухудшая аэродинамические характеристики аппарата. Полость между диском и резонатором может быть заполнена диэлектриком или иметь внешний обтекатель. Питание осуществляется коаксиальным фидером, проходящим сквозь слой диэлектрика при его наличии и соединяющий антенны в центре диска. Шунтовые элементы-короткозамыкатели позволяют увеличить входное сопротивление антенны и улучшить прочностные характеристики антенны.

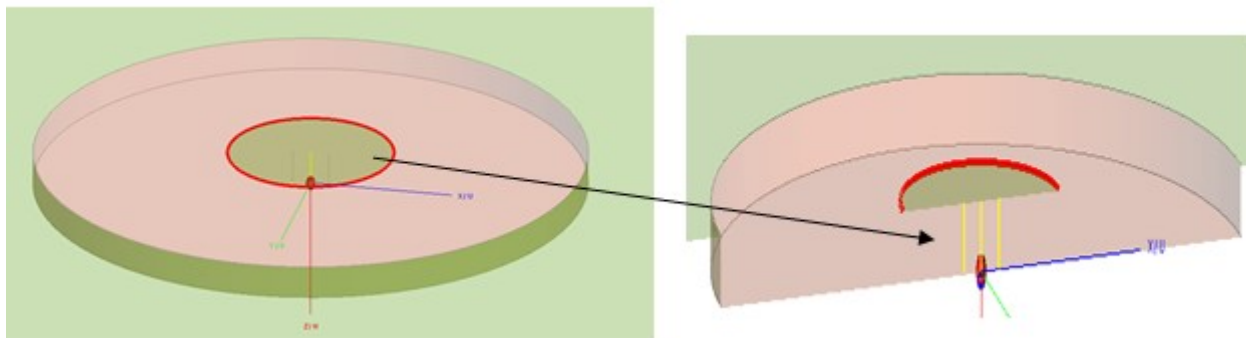


Рис.1 - Конструкция конформной антенны

В работе исследовано влияние места расположения короткозамыкателей на характеристики антенны в САПР *Altair FEKO* [9-11]. Как видно из рис. 2 при разнесении короткозамыкателей от центра диска с 0,01 м до 0,04 м наблюдается смещение резонансной частоты с 700 МГц до 850 МГц, при этом расширяется и рабочая полоса антенны.

Выводы. Как показали расчеты при изменении положения шунтовых элементов, а именно при их разнесении относительно точки питания дисковой антенны наблюдается изменение рабочей частоты антенны. Таким образом, с помощью электронного управления PIN-диодами можно получить реконфигурируемую антенну с управляемой рабочей полосой.

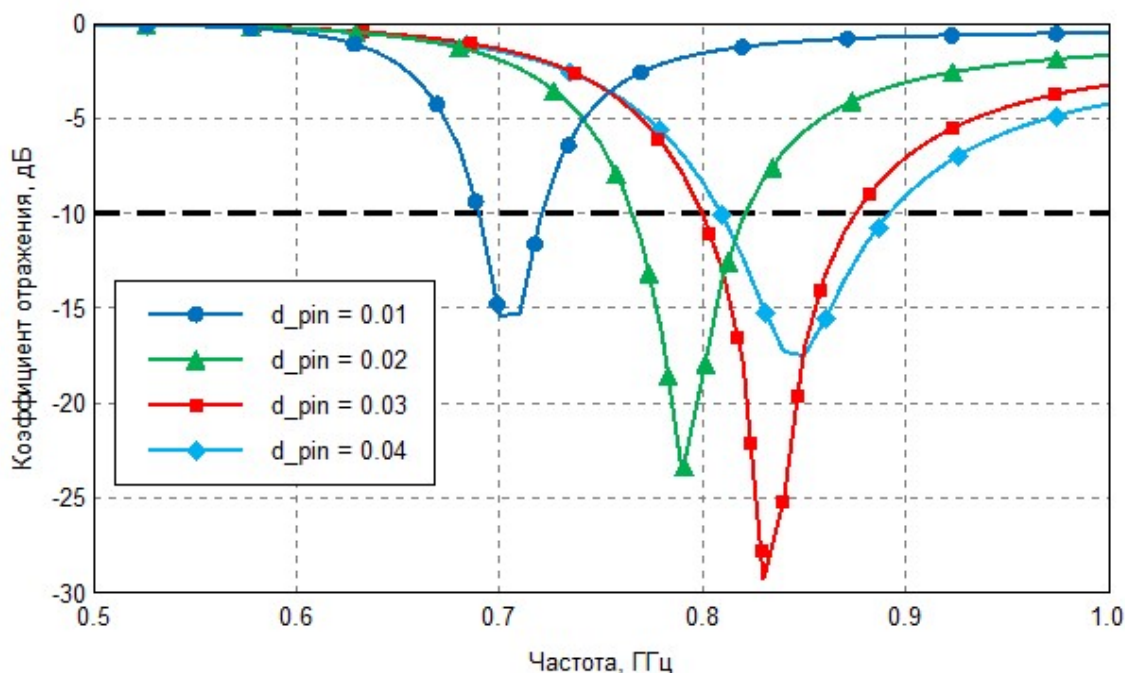


Рис. 2 – Частотная зависимость коэффициента отражения антенны при различном расположении короткозамыкателей d_{pin} относительно центра дисковой антенны

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование и экспериментальное исследование антенн для БПЛА / А. С. Антонов, Ю. Г. Антонов, С. В. Балландович, М. И. Сугак // Сб. докл. науч.-техн. школы-семинара «Инфокоммуникационные технологии в цифровом мире», СПб., 2012. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. С. 49–50.
2. Антонов А. С., Антонов Ю. Г., Балландович С. В., Сугак М. И. Низкопрофильная антенна для БПЛА // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2013. № 6. С. 3-7.
3. Климентьев В.П. Малогабаритная низкопрофильная укороченная антенна для беспилотных летательных аппаратов. Описание полезной модели к патенту. Н01Q9/36(2017.08).
4. Трофимов Н. А. Технологии беспилотных летательных аппаратов: применение в военных конфликтах будущего // Наука за рубежом. 2012. № 12. С. 1-15.
5. Sharawi M. S., Aloi D. N., Rawashdeh O. A. Design and Implementation of Embedded Printed Antenna Arrays in Small UAV Wing Structure // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2010. Vol. 58. Iss. 8. P. 2531-2538.
6. Sun L., Sun B.-H., Sun Q., Huang W. Miniaturized Annular Ring Slot Antenna for Small/Mini UAV Applications // Progress in Electromagnetics Research C. 2014. Vol. 54. P. 1-7.
7. Sharawi M. S., Aloi D. N., Rawashdeh O. A. Design and Implementation of Embedded Printed Antenna Arrays in Small UAV Wing Structure // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2010. Vol. 58. Iss. 8. P. 2531-2538.

8. Sun L., Sun B.-H., Sun Q., Huang W. Miniaturized Annular Ring Slot Antenna for Small/Mini UAV Applications // Progress in Electromagnetics Research C. 2014. Vol. 54. P. 1-7.

9. Кисель Н.Н. Моделирование прикладных задач электродинамики и антенн на супервычислительной системе в пакете FEKO/ Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2013.

10. Кисель Н.Н. Электродинамическое моделирование антенн и устройств СВЧ в пакете FEKO. Учебное пособие / Таганрог: Изд-во ТРТИУ, 2010.

11. Кисель Н.Н. Основы компьютерного проектирования РЭС САПР СВЧ//учебное пособие / Таганрог, 2016.

УДК 621.396.67

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ БПЛА

Гузь Е.Э., Кисель Н.Н

Южный федеральный университет, ИРТСУ, Таганрог

Представлены результаты моделирования в программе Altair FEKO характеристик низкопрофильной сверхширокополосной микрополосковой монополюсной в диапазоне 3 – 16 ГГц. Выполнена верификация результатов численного моделирования с экспериментально полученными данными. Показано, что при удачном выборе размеров элементов антенны в диапазоне 3,5 ГГц – 16 ГГц можно реализовать КСВ не выше 2.

Введение.

Использование СШП сигналов позволяет увеличить дальность использования систем связи и локации, а для систем БПЛА расширить функционал системы управления и передачи [1-8].

В качестве бортовой слабонаправленной антенны может быть использован монополь с всенаправленной диаграммой направленности в азимутальной плоскости. Антенна может быть установлен в зависимости от БПЛА на фюзеляже или на крыльях аппарата, может в своем составе иметь один излучатель или набор, составляющих антенную решетку. Место компоновки антенны зависит от типа летающего аппарата, диапазона частот, возможного влияния элементов конструкции на результирующую диаграмму направленности.

Основная часть.

Антенна имеет скругленную Y-образную форму, а также заземляющую пластину с небольшой выемкой сзади. Диэлектрическая подложка антенн состоит из материала Rogers Duroid 5880LZ. Внутри Y-излучателя расположен дополнительный элемент в виде диска. Моделирование характеристик антенны выполнено в специализированном САПР Altair FEKO [9-11].

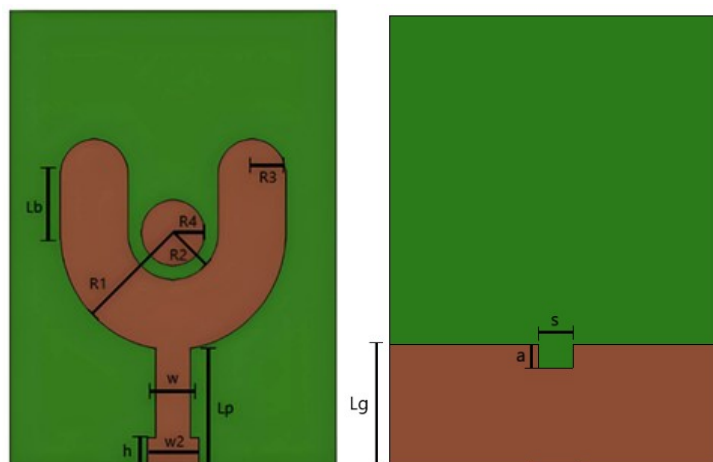


Рис. 1 – Конструкции СШП-антенн: вид сверху (а), вид снизу (б)

Результаты численного моделирования показали, что данная антенна обеспечивает коэффициент отражения меньше -10 дБ в диапазоне 5 ГГц- 9 ГГц (рис.2). Однако изменением параметров подложки – высоты, размеров выемки, а также размеров Y-образного излучателя можно расширить рабочий диапазон до 13 ГГц, а нижнюю частоту можно уменьшить изменением параметров питающей линии до 3 ГГц.

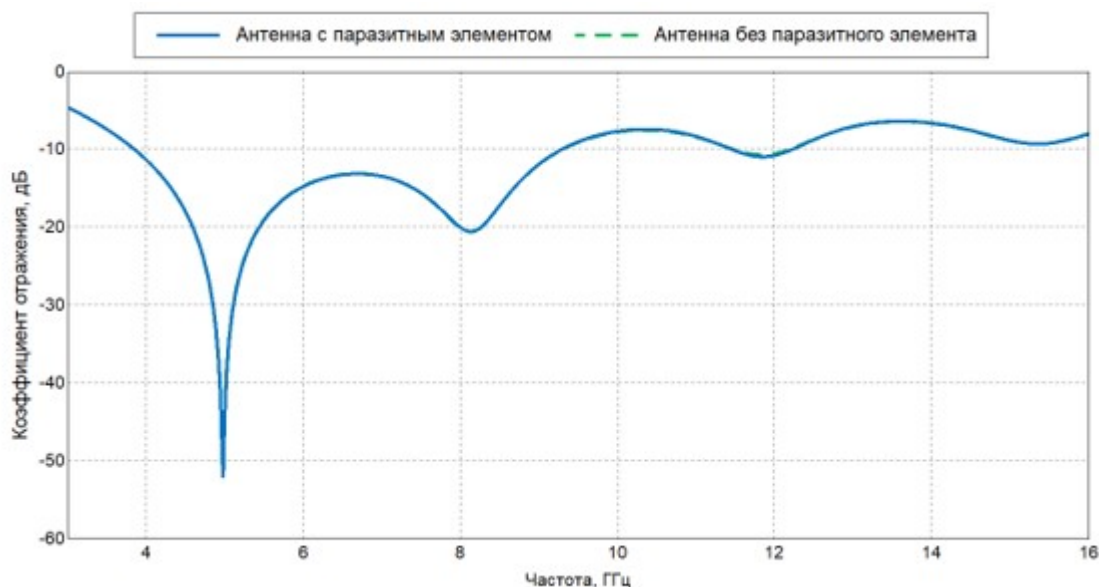


Рис. 2 – Частотная характеристика КСВ

Для верификации численных результатов и для оценки соответствия математической модели проведены экспериментальные исследования реального образца антенны (рис.3). Измерения выполнялись в Центре инженерных разработок «Микроволновые технологии электродинамических структур» ЮФУ. В качестве материала для антенны был использован фольгированный материал СВЧ – диапазона марки ФАФ-4Д с диэлектрической проницаемостью 2,5.

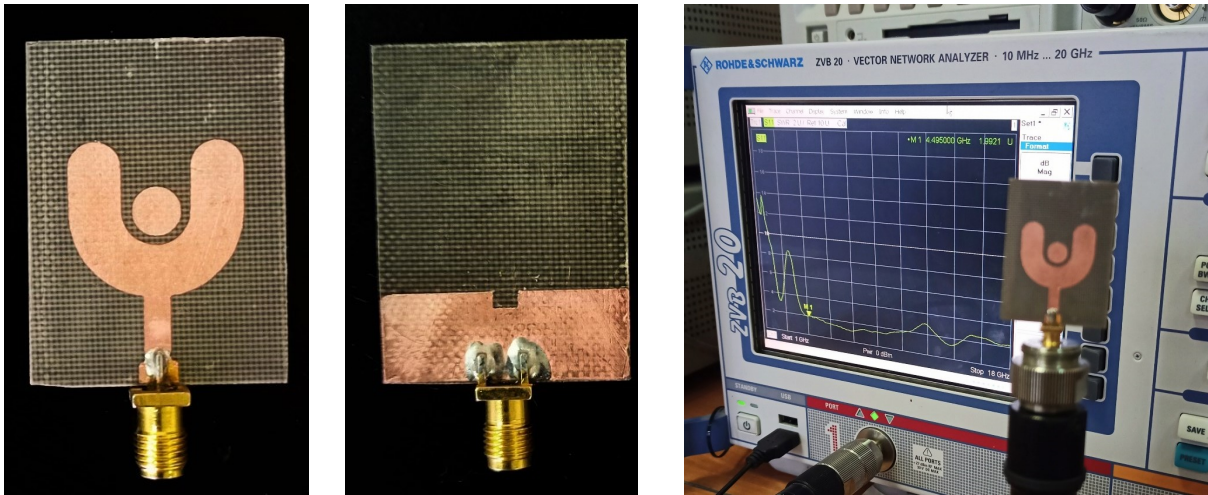


Рис. 3 – Макет антенны и экспериментальная установка

На экспериментальном стенде были измерены следующие характеристики антенны: КСВ, входное сопротивление и диаграмма направленности. Как видно из приведенных результатов (рис. 4) экспериментальные и расчетные данные хорошо согласуются друг с другом в диапазоне частот 4,5 ГГц до 10 ГГц, однако для более низких и более высоких частот наблюдается существенное расхождение.

Причин такого различия много: начиная от точности изготовления антенны, корректности используемых параметров материала подложки, разброс параметров может достигать более 15%, дополнительные паразитные емкости и возможные потери в SMA-разъеме, которые не учитываются при моделировании, неполным соответствием математической модели, используемой для численного моделирования физической модели. Но даже в областях наибольшего отклонения результатов качественное поведение кривых совпадает.

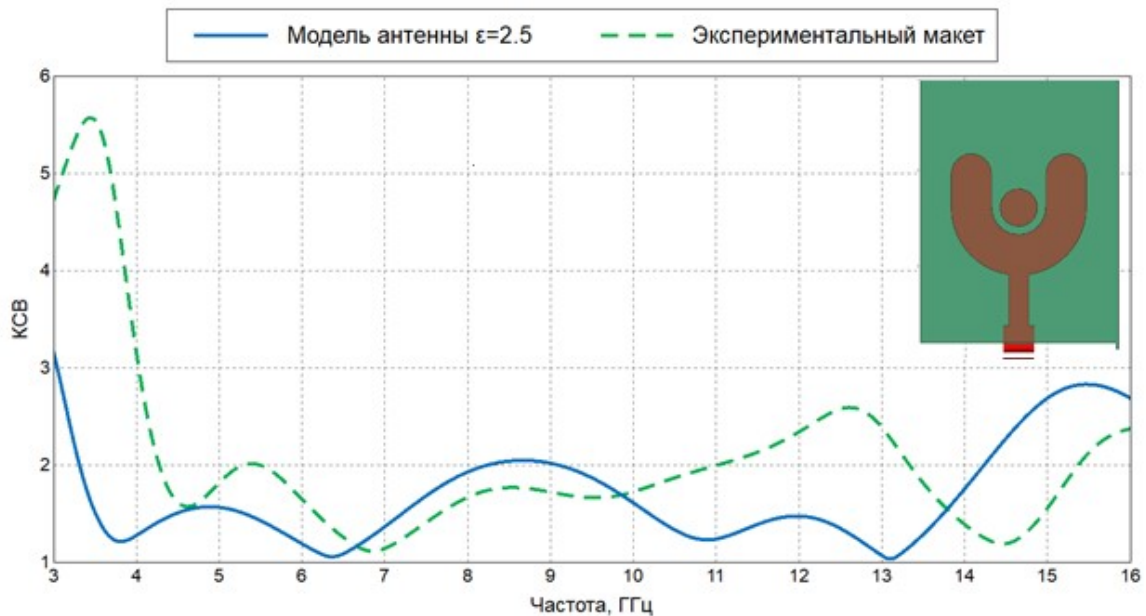


Рис. 3 – Частотные зависимости коэффициента отражения (численное моделирование и эксперимент)

Выводы. В работе выполнен параметрический анализ с целью определения наибольшего влияния размеров конструкции на характеристики антенны. Показано, что при удачном выборе размеров элементов антенны в диапазоне 3,5 ГГц – 16 ГГц можно реализовать КСВ не выше 2. Данная антенна может быть рекомендована к использованию в СШП-радиосвязи для БПЛА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. J. Tiemann, F. Schweikowski, and C. Wietfeld, ``Design of an UWB indoor-positioning system for UAV navigation in GNSS-denied environments// in Proc. Int. Conf. Indoor Positioning Indoor Navigat. (IPIN), Banff, AB, Canada. Oct. 2015. pp. 1-7.
2. Z. Yin, Z. Shi, J. Liang, and Z. Wu Design of unmanned aerial vehicle space communication links based on DS-UWB// Inf. Technol. J. 2010. vol. 9. no. 8, pp. 1713-1718.
3. F. B. Sorbelli and C. M. Pinotti On the localization of sensors using a drone with UWB antennas// in Proc. RSFF, L'Aquila, Italy. 2018. pp. 18-29.
4. J. Chen, D. Raye, W. Khawaja, P. Sinha, and I. Guvenc Impact of 3D UWB antenna radiation pattern on air-to-ground drone connectivity// in Proc. IEEE 88th Veh. Technol. Conf. 2018, pp. 1-5.
5. Saha, T.K.; Goodbody, C.; Karacolak, T.; Sekhar, P.K. A compact monopole antenna for ultra-wideband applications// Microw. Opt. Technol. Lett. 2019, 61, 182–186.
6. Zahran, S.R.; Abdalla, M.A.; Gaafar, A. Time domain analysis for foldable thin UWB monopole antenna// AEU Int. J. Electron. Commun. 2018, 83, 253–262.
7. Zahran, S.R.; Gaafar, A.; Abdalla, M.A. A flexible UWB low profile antenna for wearable applications// In IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI); IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2016; pp. 1931–1932.
8. Saha, T.K.; Knaus, T.N.; Khosla, A.; Sekhar, P.K. A CPW-fed flexible UWB antenna for IoT applications. Microsys. Technol. 2018, 28, 5–11.
9. Кисель Н.Н. Моделирование прикладных задач электродинамики и антенн на супервычислительной системе в пакете FEKO/ Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2013.
10. Кисель Н.Н. Электродинамическое моделирование антенн и устройств СВЧ в пакете FEKO. Учебное пособие / Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2010.
11. Кисель Н.Н. Основы компьютерного проектирования РЭС САПР СВЧ//учебное пособие / Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2016.

УДК 621.396.67

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Дзуцев Р.К., Кисель Н.Н.

Южный федеральный университет, ИРТСУ, Таганрог

В работе приведены сравнения экспериментальных результатов с данными численного моделирования широкополосной микрополосковой антенны. Моделирование характеристик антенны выполнено с использованием полноволнового метода, реализованного в специализированной САПР Altair FEKO. Экспериментальные исследования выполнялись на базе Центра инженерных разработок «Микроволновые технологии электродинамических структур».

Введение.

Микрополосковые монополярные антенны в настоящее время широко используются для сверхширокополосных систем связи, например, для беспроводных систем связи (wireless networks) [1-3, 7-11]. Принято считать, что к СШП-антеннам относят антенны, имеющие относительную ширину полосы BW более 20% от центральной частоты и минимальную полосу пропускания 500 МГц

$$BW = 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} \geq 0.2 \text{ и } f_H - f_L \geq 500 \text{ МГц}$$

где f_H и f_L — верхняя и нижняя частоты, определяющие рабочий диапазон антенны.

Основное направление исследований в области проектирования СШП-антенн состоит в применении и последующей оптимизации новых топологий антенн. Сверхширокополосные свойства микрополосковых антенн могут быть объяснены возбуждением мод разных типов, которые обеспечивают широкий рабочий диапазон частот.

Основная часть. В работе рассмотрена топология антенны [1], представленная на рис. 1. Излучатель имеет восьмиугольную форму с дополнительной нагрузкой в виде круглой щели радиуса R , общие габариты подложки $W \times L = 42 \text{ мм} \times 42 \text{ мм}$, материал подложки - FR4 с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2.2$, тангенсом потерь $\text{tg} \delta = 0.0009$ и толщиной 0.8 мм. Питание осуществляется конической фидерной линией, подведенной к излучателю. Обратная часть подложки имеет прямоугольный металлический экран, занимающий 50% площади подложки (модель 1). Численные результаты сравниваются антенной (модель 2), имеющей прямоугольный металлический экран, занимающий 100% площади подложки.

В работе проанализировано влияние геометрических параметров, включая изменение геометрических форм подложки на коэффициент отражения, КСВН и входное сопротивление антенны. Моделирование проведено в среде *Altair FEKO* [4-6] с использованием метода моментов. На рис. 2 представлены в сравнении частотные зависимости КСВН и коэффициента отражения для двух моделей. Видно, что изменение формы экрана подложки (для данного случая площади экрана подложки существенно меняются характеристики антенны, рабочий диапазон работы СШП-антенны, обеспечивающий $КСВН < 2$ составляет 2,7 ГГц до 13 ГГц, при этом не использовались дополнительные согласующие элементы. Расширение рабочего диапазона частот связано с многомодовым режимом работы антенны, при котором наблюдается серия резонансов на разных частотах.

Важной проблемой использования современных САПР является оценка достоверности численных результатов, поскольку всегда математическая модель будет отличаться от физической модели, поэтому способ верификации результатов занимает важное место при проектировании антенных излучателей. Численное исследование моделей антенн с помощью разных САПР или разных методов в рамках одной САПР дает оценку погрешности численных подходов для конкретной математической модели антенны. Но такое сравнение не подтверждает достоверность результатов для реальной антенны, поскольку при таком подходе невозможно оценить насколько верно была построена математическая модель антенны. Поэтому даже при использовании САПР критерием достоверности численных результатов являются экспериментальные данные.

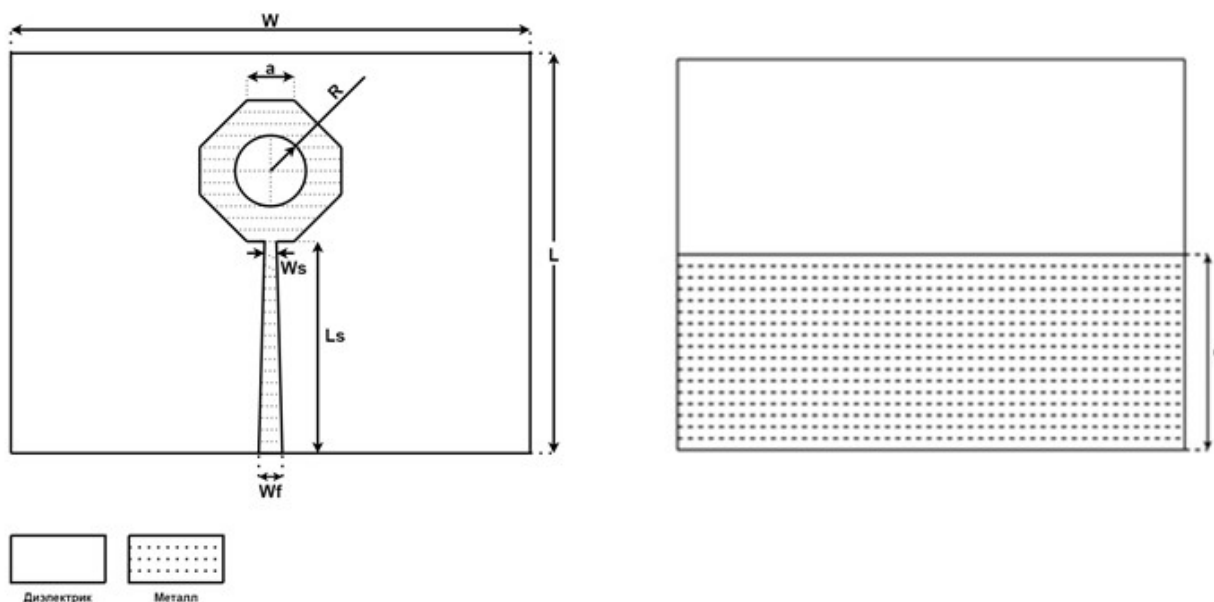


Рис. 1 – Внешний вид исследуемой СШП-антенны восьмиугольным излучателем

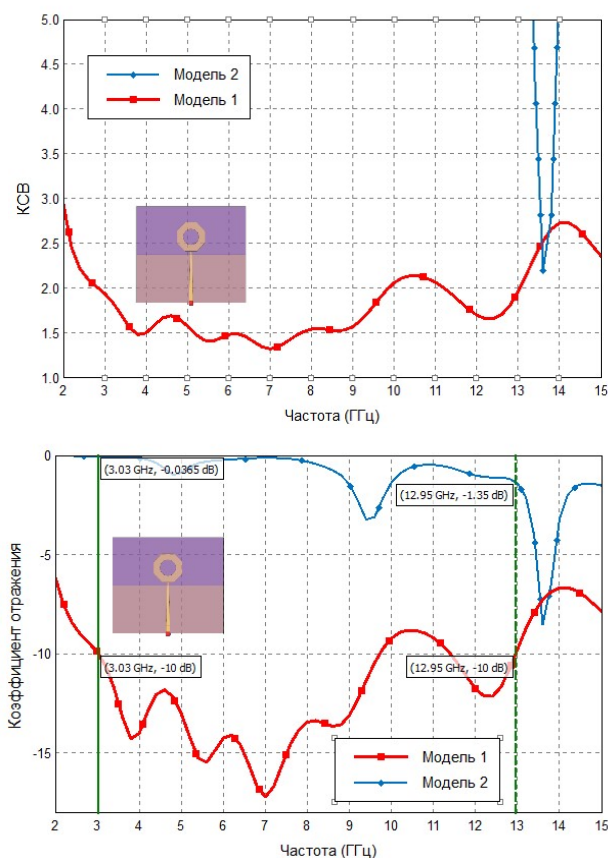


Рис. 2 - Частотная зависимость КСВ и коэффициента отражения для исследуемой антенны (модель 1) и для антенны со сплошной металлизацией экрана подложки (модель 2)

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований антенны (модель 1), макет которой изображен на рис. 3.

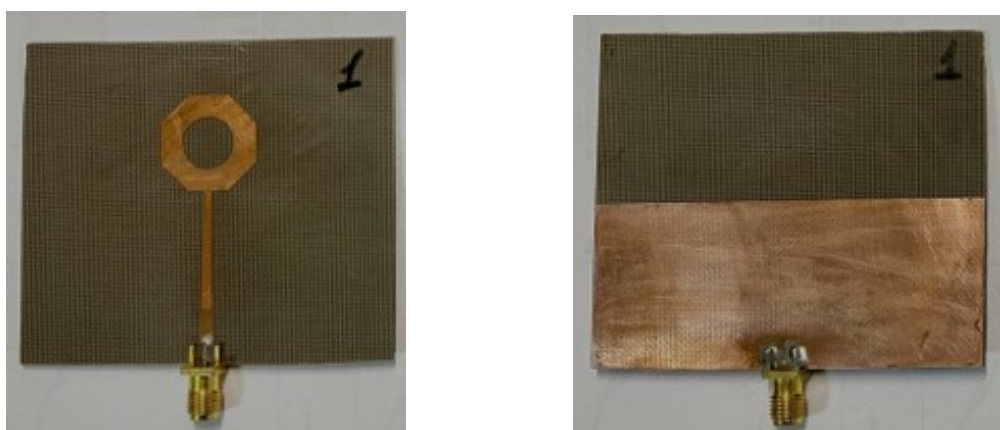


Рис. 3 Экспериментальный образец антенны (модель 1)

Экспериментально измеренные характеристики антенн (рис. 3, 4) подтвердили корректность электромагнитного моделирования, форма кривых повторяет друг друга, отличия по частотам 10-13 ГГц для КСВ могут быть

объяснены как погрешностями самой математической модели, в модели не рассматривался переход с коаксиального кабеля на микрополосковую линию, а использовалась математическая модель - edge port, возможным отличием диэлектрической проницаемости от заданной при моделировании и вероятно анизотропными свойствами материала подложки.

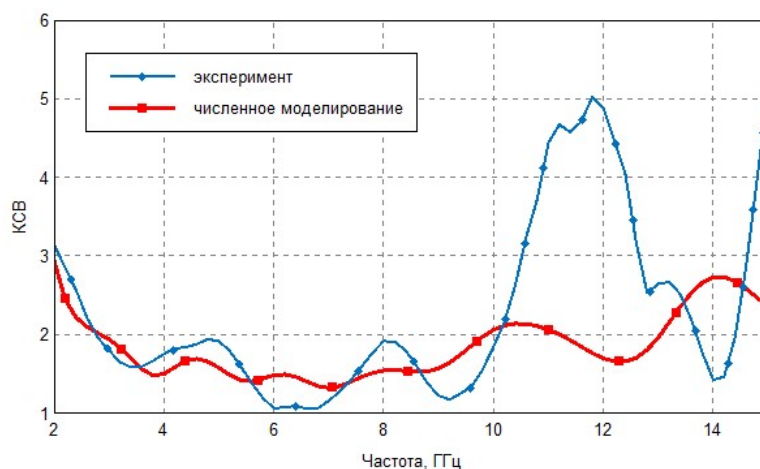


Рис. 4 Частотная характеристика КСВ: экспериментальное и численное моделирование

Расчитанная и экспериментальные диаграммы направленности антенны приведены на рис. 5 для частоты 5 ГГц для вертикальной и горизонтальной поляризации приемной антенны. Формы характеристики направленности коррелируются, а неполное совпадение в большей степени можно объяснить как установкой антенны на поворотном устройстве, так и возможными погрешностями при измерении в безэховой камере.

Заключение. Таким образом, результаты численного моделирования с хорошей точностью подтверждены экспериментальными измерениями как КСВ, так и диаграмм направленности, что подтверждает корректность математической модели антенны.

Показано, что за счет применения новых топологий излучателей и форм экранирующей части подложки возможно расширение диапазона рабочих частот антенны без дополнительных элементов согласования и малых размеров антенны. Для данной модели рабочий диапазон частот составил 2,7 ГГц до 13 ГГц и реализован только за счет модификации формы экранирующей подложки.

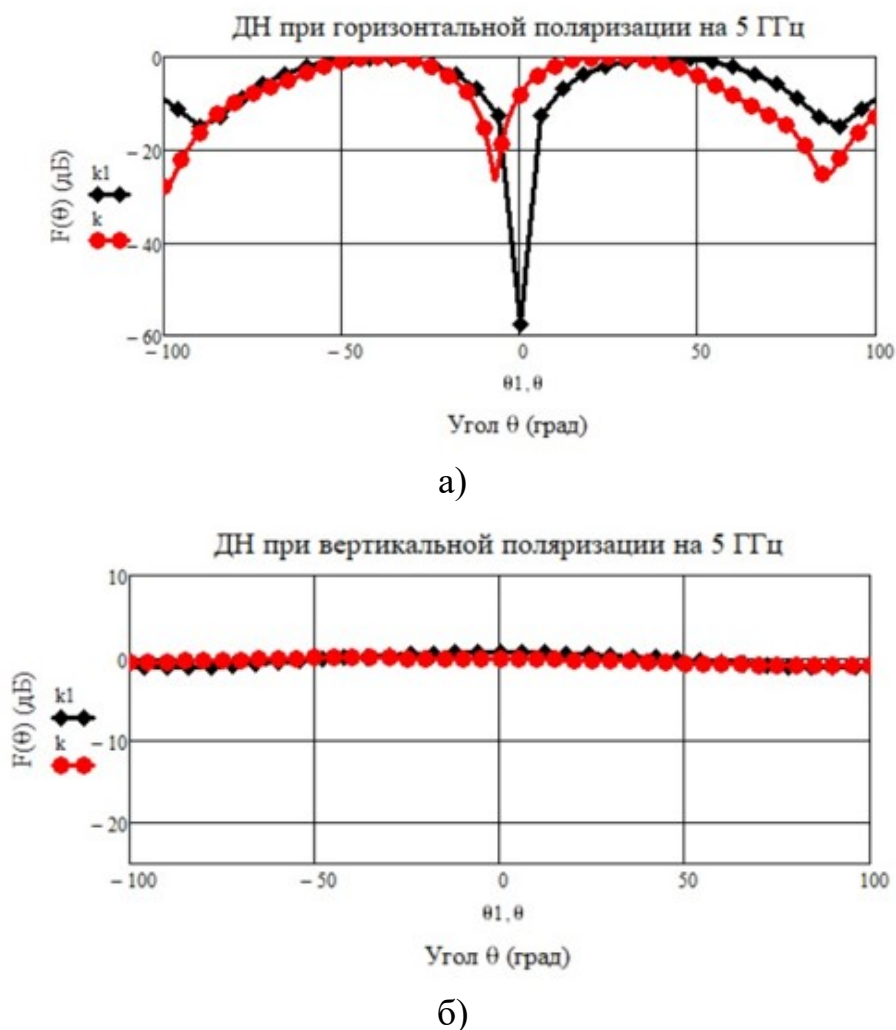


Рис. 5 Диаграмма направленности на частоте 5 ГГц: экспериментальная (красная кривая) и расчетная (черная кривая) для горизонтальной (а) и вертикальной (б) поляризаций

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sunil S. Parit, Veeresh G., "Ultra-Wideband Antenna with Reduced Radar Cross Section," P. G. Dept., MBES College of Engineering, Ambajogai, pp. 24-30, 2016, India.
2. Клян В.В., Кисель Н.Н. Теоретические и экспериментальные методы исследования печатных щелевых антенн при импульсном возбуждении (обзор работ)//В сборнике: Рассеяние электромагнитных волн. Междуведомственный тематический научный сборник/ Таганрог: Изд-во ТРТУ , 2006. С. 96-104.
3. Kisel N.N., Cheremisov V.A., Derachitc D.S. The modeling of characteristics of the patch antenna with non-uniform substrate metamaterial//В сборнике: Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2016 2016. С. 7807718.
4. Кисель Н.Н. Моделирование прикладных задач электродинамики и антенн на супервычислительной системе в пакете FEKO/ Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2013.

5. *Кисель Н.Н.* Электродинамическое моделирование антенн и устройств свч в пакете FEKO. Учебное пособие / Таганрог: Изд-во ТРТИУ, 2010.
6. *Кисель Н.Н.* Основы компьютерного проектирования РЭС САПР СВЧ//учебное пособие / Таганрог, 2016.
7. *Кисель Н.Н., Грищенко С.Г., Челобитчиков М.О.* Исследование характеристик микрополосковой антенны на подложке с неоднородным заполнением//В сборнике: Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014: Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014. Материалы Международных научно-технических конференций. 2014. С. 54-55.
8. *Мусаев М.М.О., Кисель Н.Н.* Исследование характеристик антенны на основе метаматериала//Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 6 (191). С. 249-258.
9. *Абдо Махьюб Х.Е., Кисель Н.Н.* оценка эффективности применения метаматериала в разработках микрополосковых антенн на основе ЛТСС-технологии//Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. № 3 (205). С. 179-190.
10. *Абдо Махьюб Х.Е., Кисель Н.Н.* Исследование характеристик микрополосковой антенны с управляемым метаматериалом//Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. № 3 (205). С. 190-198.
11. *Kisel N.N., Cheremisov V.A., Derachitc D.S* The modeling of characteristics of the patch antenna with non-uniform substrate metamaterial//В сборнике: Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2016. Yerevan, 2017. С. 7807718.

УДК 621.396.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ CSRR-РЕЗОНАТОРА НА РАБОЧУЮ ПОЛОСУ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ

Жамаладин Ж. Т., Кисель Н.Н.

Южный федеральный университет, ИРТСУ, Таганрог

Представлены результаты моделирования в программе Altair FEKO характеристик низкопрофильной сверхширокополосной микрополосковой монополюсной антенны с CSRR-резонатором в диапазоне 3 – 18 ГГц. Показано, что интегрирование в состав дисковой антенны CSRR-резонатора приводит к появлению так называемых зон заграждения в частотной характеристике, положение которых определяется размерами резонатора и местом его расположения.

Введение. Интерес к печатным СШП-антеннам приводит к необходимости выбора наиболее удачной топологии антенны, при которой обеспечивается наилучшее соотношение между размерами антенны и полосой пропускания. Для ряда задач требуется обеспечить широкополосность антенны с формированием для определенных диапазонов зон заграждения (зон режекции). Конструкции СШП-антенн с полосно-заграждающей характеристикой представляют СШП-антенны, в конструкцию которых

добавлены элементы, реализующие зоны режекции. В качестве таких элементов могут быть разнообразные щели, резонаторы, элементы метаматериалов, настроенные на определенный диапазон частот [1-9]. Эти элементы могут размещаться в цепи питания, на подложке, могут быть интегрированы непосредственно в излучатель.

Основная часть. В данной работе рассмотрена дисковая антенны с CSRR-резонатором (двойное разомкнутое кольцо прямоугольного сечения), расположенным на излучателе (рис.1). Два разомкнутых кольца формируют две частотные области заграждения, частотное положение которой и глубина режекции определяется как размерами колец, так и местом их расположения на излучателе [1 – 9].

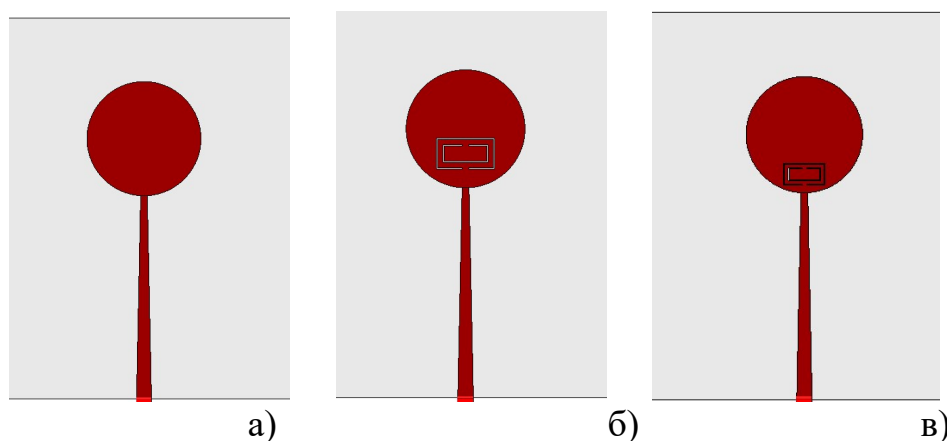


Рис. 1 – Конструкции СШП-антенн: дисковая антенна (модель 1); дисковая антенна с интегрированным в излучатель резонатором (модель 2); модель с уменьшенным размером резонатора (модель 3).

Моделирование характеристик антенны выполнено в специализированном САПР Altair FEKO [10-12]. Ниже приведены результаты расчетов КСВ, входного сопротивления антенн для моделей 1–3. В отличие от антенны без резонатора (модель 1) включение резонатора приводит к появлению зон заграждения для модели 2 в области 6 ГГц и 10 Гц, для модели 3 – в области 4,3 ГГц и 7,5 ГГц.

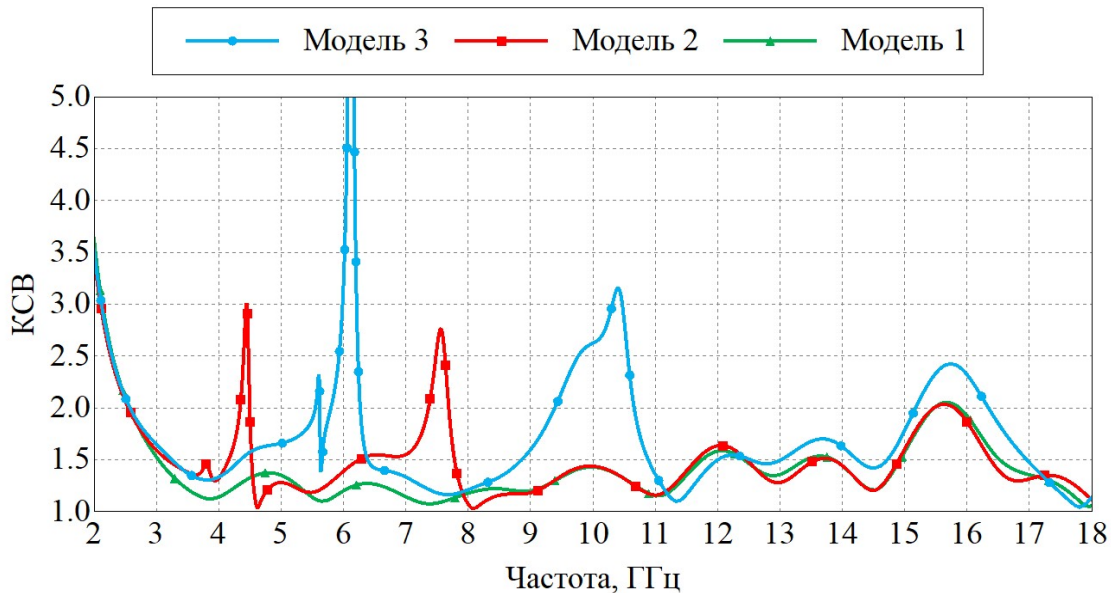


Рис. 2 – Частотная характеристика КСВ для различных моделей антенн

Для подтверждения, полученных численно эффектов формирования зон запираия в частотной характеристике КСВ, а также валидации математической модели антенны, были выполнены экспериментальные исследования в Центре инженерных разработок «Микроволновые технологии электродинамических структур» ЮФУ. Структурная схема эксперимента для снятия КСВ представлена на рис. 3.

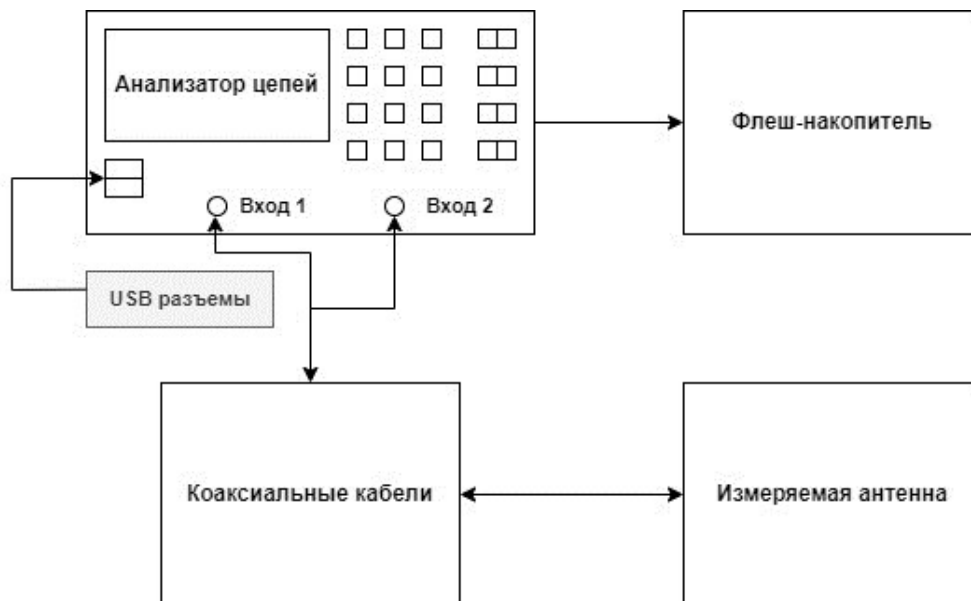


Рис. 3 – Структурная схема установки по измерению КСВ антенны

На рис. 4 приведены частотные характеристики КСВ для моделей 1,2 в сравнении с экспериментальными данными. Как можно увидеть в экспериментальной характеристике наблюдается также две зоны запираия, однако по сравнению с численным моделированием они сдвинуты в область более высоких частот. Причин этого несоответствия может быть достаточно

много: некоторые отличия математической и физической моделей, возможный разброс электрофизических параметров подложки, неточность изготовления макета.

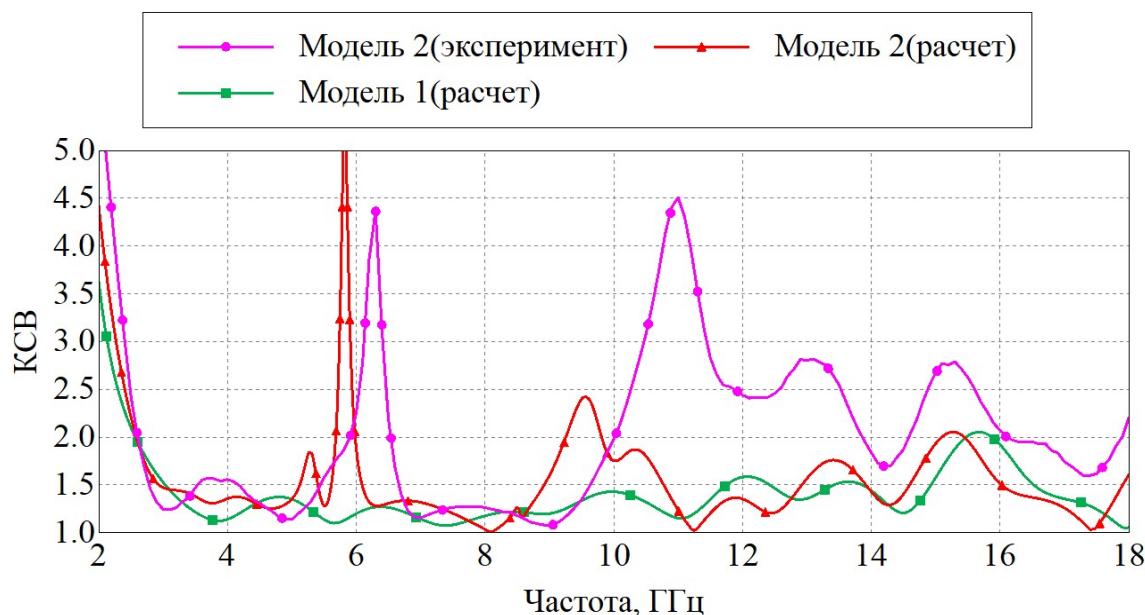


Рис. 4 – Частотная зависимость КСВ

Выводы. Таким образом показано, что интегрирование в конструкцию дополнительных элементов типа CSRR-резонатора, позволяет формировать в полосно-заграждающую частотную характеристику коэффициента отражения. Ширина полосы заграждения и частотный диапазон определяется формой, размером и местом расположения резонатора в конструкции антенны. Результаты экспериментальных исследований подтверждают формирование двух зон режекции, а смещение их частотного положения объясняется рядом факторов, таких как неточности изготовления, разброс диэлектрической проницаемости подложки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вендик И.Б., Русаков А.С., Каньянсит К. Печатные сверхширокополосные антенны с узкими полосами запираия// Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2015. Т. 1. С. 306-310.
2. Русаков А.С. Печатная сверхширокополосная антенна с узкими полосами запираия//Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2016. № 3. С. 40-48.
3. Karimian R., Oraizi H., Fakhte S. Design of a Compact Ultra-Wide-Band Monopole Antenna with Band Rejection Characteristics // IET Microwaves, Ant. & Prop. 2014. Vol. 8, iss. 8. P. 604–610.
4. A CPW-Fed Dual-Band-Notched Antenna with Sharp Skirt Selectivity for UWB Applications / D. Dong, S. Chen, Z. Liao, G. Liu / Int. J. of Ant. and Prop. 2014. Vol. 2014.

5. Planar Ultra Wideband Monopole Antenna with Tri-Notch Band Characteristics / S. K. Venkata, M. Rana, P. S. Bakariya, S. Dwari, M. Sarkar // Progress in Electromagnetics Research C. 2014. Vol. 46. P. 163–170.
6. Bakariya P. S, Dwari S., Sarkar M. Triple Band Notch UWB Printed Monopole Antenna with Enhanced Bandwidth / AEU – Int. J. of Electronics and Communications. 2015. Vol. 69, iss. 1. P. 26–30.
7. Sarkar D., Srivastava K. V., Saurav K. A Compact Microstrip-Fed Triple Band-Notched UWB Monopole Antenna //IEEE Ant. and Wireless Prop. Lett. 2014. Vol. 13. P. 396–399.
8. Electromagnetic Behaviors of Thin Film CPW-Fed CSRR Loaded on UWB Transparent Antenna / M. S. A. Rani, S. K. A. Rahim, M. R. Kamarudin, T. Peter, S. W. Cheung, B. M. Saad / IEEE Ant. and Wireless Prop. Lett. 2014. Vol. 13. P. 1239–1242.
9. Liu H., Xu Z. Design of UWB Monopole Antenna with Dual Notched Bands Using One Modified Electromagnetic- Bandgap Structure // The Scientific World J. 2013. Vol. 2013.
10. Кисель Н.Н. Моделирование прикладных задач электродинамики и антенн на супервычислительной системе в пакете FEKO/ Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2013.
11. Кисель Н.Н. Электродинамическое моделирование антенн и устройств СВЧ в пакете FEKO. Учебное пособие / Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2010.
12. Кисель Н.Н. Основы компьютерного проектирования РЭС САПР СВЧ//учебное пособие / Таганрог: Изд-во ИТА ЮФУ, 2016.

УДК 623.746

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ АВТОДОРОГИ

Алхеджаили Р.Б., Ласприлья Бохоркес Э.А.,
руководитель – доцент, к.т.н. Кульченко А.Е

*Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального
университета, г. Таганрог*

В статье анализируются работы, посвященные системе управления БПЛА для автодороги, дается информация о том, что представляет собой эта система. Рассмотрены и поясняются, какие проблемы существуют в системе управления БПЛА в настоящее время и как можно найти решение этих проблем: юридические ограничения, безопасность и конфиденциальность данных, технические ограничения, взаимодействие с другими участниками дорожного движения, обучение и квалификация персонала, датчики, эффективность и безопасность.

Введение. В современном мире автомобильные дороги играют важную роль в обеспечении мобильности и экономического развития. Однако эффективное обслуживание и безопасность автодорог требуют постоянного

мониторинга, инспекции и поддержания их в хорошем состоянии. В этом контексте система управления БПЛА (Беспилотный летательный аппарат) для автодороги становится полезным инструментом.

Задачи системы управления БПЛА для автодороги. Система управления БПЛА для автодороги представляет собой специализированную программно-аппаратную систему для контроля и управления действиями беспилотных летательных аппаратов на автодороге. Она объединяет в себе аппаратное обеспечение, программное обеспечение для управления, специальные датчики и оборудование, а также связь для передачи данных.

Система управления БПЛА позволяет автоматизировать выполнение задач на автодорогах, включая мониторинг трафика, инспекцию дорог, картографирование, контроль скорости и другие. При помощи передовых технологий и программного обеспечения, она обеспечивает точные измерения, сбор данных и анализ информации, что позволяет операторам принимать более информированные решения в отношении обслуживания и улучшения состояния автодорог.

Использование системы управления БПЛА для автодороги не только помогает повысить эффективность и точность мониторинга дорог, снижает риски для операторов, а также временные и финансовые затраты.

Эта инновационная технология является важным элементом в современной инфраструктуре автомобильных дорог, способствуя их эффективному управлению, безопасности и комфорту для всех участников дорожного движения.

Какие проблемы возникают при использовании системы управления БПЛА для контроля автодороги.

С прогрессом технологий и развитием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в последние годы, их применение на автодорогах становится все более актуальным. Однако, внедрение систем управления БПЛА на дорогах несет в себе ряд проблем и сложностей, которые требуют серьезного внимания и научного подхода:

1. *Юридические ограничения:* Использование беспилотных летательных аппаратов на дорогах регулируется законодательством, которое может иметь ограничения и требования. Необходимо соблюдать нормы и получить все необходимые разрешения и сертификации для использования БПЛА на автодорогах.

2. *Безопасность и конфиденциальность данных:* Система управления БПЛА работает с большим объемом данных, включая информацию о состоянии дорог, трафике и других параметрах. Важно обеспечить надежную защиту этих данных от несанкционированного доступа и использования.

3. *Технические ограничения:* Беспилотным летательным аппаратам свойственны ограничения по мощности батарей и времени полета. Также могут возникать проблемы с точностью измерений и надежностью оборудования, что может повлиять на эффективность и надежность системы управления БПЛА.

4. *Взаимодействие с другими участниками дорожного движения:* Безалитные летательные аппараты могут взаимодействовать с другими моделями транспорта и пешеходами на дороге. Необходимо разработать

механизмы для безопасного сосуществования и предотвращения возможных конфликтов на дороге.

5. *Обучение и квалификация персонала:* Внедрение системы управления БПЛА на автодорогах требует квалифицированного персонала, обеспечивающего эффективное управление и контроль над беспилотными летательными аппаратами. Обучение и сертификация операторов являются важными компонентами успешной эксплуатации этой технологии.

Для эффективного использования системы управления БПЛА для автодорог необходимо решить эти проблемы и сложности, уделяя внимание разработке новых технологий и стандартов безопасности.

Пути решения проблем при использовании системы управления БПЛА для контроля автодороги. Эти предлагаемые решения основаны на достижениях современных научных исследований и технологических разработок. Они требуют комплексного и мультидисциплинарного подхода, включающего в себя участие правительственных и частных организаций, инженеров, пилотов и специалистов в области юриспруденции и безопасности. Применение этих решений способно преодолеть текущие проблемы и сложности, связанные с системой управления БПЛА на автодорогах, и обеспечить безопасное и эффективное функционирование таких систем в будущем:

1. *Юридические ограничения.* Для успешной реализации автономных систем управления на дорогах необходимо разработать и привести в действие соответствующий нормативно-правовой базис. Это включает установление правил и регулирование области использования БПЛА на дорогах, включая контроль безопасности, ответственность, лицензирование и стандарты безопасности.

2. *Безопасность данных.* При работе с автономными системами управления БПЛА на автодорогах необходимо уделять особое внимание защите данных и предотвращению несанкционированного доступа. Использование криптографических методов, защищенных сетей и средств аутентификации может помочь обеспечить конфиденциальность и целостность данных.

3. *Технические ограничения.* Для достижения оптимальной производительности и безопасности систем управления БПЛА на дорогах необходимо улучшить технические компоненты и алгоритмы. Это включает разработку надежных систем детекции и избегания препятствий, точной системы позиционирования и навигации, искусственного интеллекта для анализа и прогнозирования дорожной обстановки, а также мощных вычислительных систем.

На рис. 1 переводится структурная схема разработанной системы управления БПЛА для контроля автодороги, в которую входят:

1. БПЛА для контроля автодороги.
2. модуль подсистема навигации отвечает за навигацию и планирование маршрутов.
3. модуль подсистема сбора данных собирает информацию с сенсоров, таких как камеры и LiDAR.

4. модуль ПО для анализа данных обрабатывает и анализирует собранные данные.

5. модуль система управления задачами определяет, что должен делать БПЛА.

6. подсистема коммуникации обеспечивает связь с операторским пунктом.

7. операторский пункт управления это место где операторы мониторят и управляют БПЛА.

Разработанная система управления БПЛА для контроля автодороги обеспечивает надежность работу системы детекции и избежания препятствий, точного позиционирования и навигации, с возможностью использования искусственного интеллекта для анализа и прогнозирования дорожной обстановки. Использование криптографических методов, защищенных сетей и средств аутентификации позволяет обеспечить конфиденциальность и целостность данных

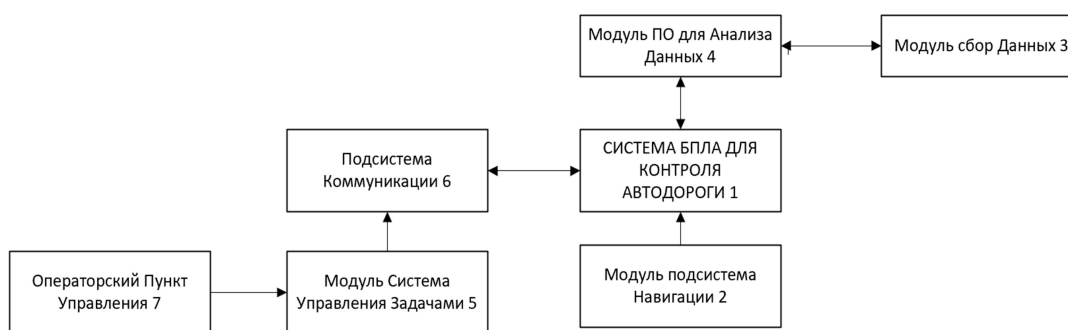


Рис 1. – Структурная схема системы БПЛА для контроля автодороги

Взаимодействие с другими участниками дорожного движения. Внедрение автономных систем управления БПЛА требует гармоничного взаимодействия с другими участниками дорожного движения. Разработка стандартов коммуникации, предупреждающих систем и средств сигнализации может помочь обеспечить безопасное и предсказуемое взаимодействие между БПЛА и транспортными средствами, пешеходами и другими участниками дорожного движения.

Обучение персонала. Необходимость профессионального обучения персонала, включая пилотов и инженеров, становится все более актуальной при использовании автономных систем управления БПЛА на дорогах. Организация обучений, сертификация и непрерывное обновление знаний помогут обеспечить высокий уровень квалификации и безопасности в работе с БПЛА.

Вывод. Использование интегрированного подхода, совместная работа между правительственными и частными организациями, а также постоянная научная и инженерная разработка позволят преодолеть проблемы и сложности,

связанные с системами управления БПЛА на автодорогах, и обеспечить их эффективное и безопасное функционирование в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Али Б., Р.Н.Садеков, В.В.Цодокова. Алгоритмы навигации беспилотных летательных аппаратов с использованием систем технического зрения. DOI: 10.17285/0869-7035.00105.
2. Моркова М.И. Исследование влияния сложных условий пожарной обстановки на качество наблюдения и безопасность полёта БЛА//Известия ЮФУ. Технические науки.2021.DOI: 10.18522|2311-3103-2021-1-112-124.
3. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] //Госавтоинспекция МВД России: официальный сайт. URL: <http://stat/gibdd.ru> (Дата обращения: 27.01.2022).

УДК 62-192

МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ ПРИЗНАКИ

Веревкин А.Л.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. Одним из инновационных направлений развития современных систем управления является то, что для управления несколькими мультиагентными (наземные, подводные, летательные) устройствами, создается распределенная структура части, которой могут работать, как сами, так и объединяться для действий в одной миссии. У таких систем неопределённость и случайность состояний позволяют отличать мультиагентные адаптивные от неадаптивных структур. Термин неопределённости и существующие типы неопределённостей содержатся в ГОСТ 34100.3-2017 [1]. Термин детерминированная подразумевает, что неопределенность состояний равна нулю, в то время как термин «случайный» означает, что неопределенность системы равна единице.

Постановка задачи. Все мультиагентные адаптивные структуры имеют показатель неопределенности между нулем и единицей. Полагаем, что суммарная стандартная неопределенность состояний БЛА u_c в мультиагентной группе, одновременно учитывает влияние случайных и известных факторов неопределённости. По сути, суммирует все факторы неопределённости, с учётом их весов. Вычисляется по следующей формуле:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i \cdot u_i^2}$$

где u_i i -ый фактор неопределённости;
 k_i – вес i -го фактора неопределённости;

n – количество факторов неопределённости;

U_c – неопределенность (измерения) - параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Параметром может быть, например, стандартное отклонение (или величина, пропорциональная стандартному отклонению) или полуширина интервала, которому соответствует заданный уровень доверия.

Неопределенность измерения, как правило, включает в себя много составляющих. Некоторые из них могут быть оценены из статистического распределения результатов ряда измерений и описаны выборочными стандартными отклонениями. Другие составляющие, которые также могут быть описаны стандартными отклонениями, оценивают, исходя из основанных на опыте предположений или иной информации о виде закона распределения.

Предполагается, что результат измерения является лучшей оценкой измеряемой величины, а все составляющие неопределенности, включая обусловленные систематическими эффектами (разного рода поправками, используемым эталоном сравнения), вносят вклад в разброс значений измеряемой величины.

Определение неопределенности измерения, приведенное в ГОСТ 34100.3-2017, относится к понятиям результата измерения и оценки неопределенности. Однако оно не противоречит использованию понятия неопределенности измерений в других смыслах, таких как:

- мера возможной погрешности оценки измеряемой величины, полученной как результат измерения;
- оценка, характеризующая диапазон значений, в пределах которого находится истинное значение измеряемой величины.

Хотя оба этих традиционно используемых представления справедливы, как идеализация, основной акцент в них сделан на неизвестные величины: "погрешность" результата измерения и "истинное значение" измеряемой величины (в противоположность известной оценке этой величины) соответственно. Тем не менее, независимо от того, какой смысл вкладывают в понятие неопределенности, для оценивания составляющей неопределенности всегда используют одни и те же данные и имеющуюся информацию.

Оценивание неопределенности типа А - метод оценивания неопределенности путем статистического анализа ряда наблюдений.

Оценивание неопределенности типа В - метод оценивания неопределенности, отличный от статистического анализа ряда наблюдений.

Мультиагентная адаптивная система определяется, как система, имеющая много независимых элементов, каждый из которых может взаимодействовать с остальными. В мультиагентных адаптивных системах целое сложнее, чем его части, и более сложное и значимое, чем совокупность его частей [2].

Одна из актуальных и сложных задач, стоящих перед наукой сегодня, — выработать способность предсказывать появление неожиданных свойств на основании свойств отдельных элементов системы. Адаптивная система (сама

приспосабливающаяся система) — система, автоматически изменяющая данные алгоритма своего функционирования и (иногда) свою структуру с целью сохранения или достижения оптимального состояния при изменении внешних условий [3].

Классификация мультиагентных распределенных структур. На рис.1 приведена классификация мультиагентных распределенных структур в зависимости от значения неопределенности состояния.



Рис. 1 – Классификация мультиагентных распределенных структур в зависимости от значения неопределенности состояния

В табл. 1 предложена классификация мультиагентных распределенных структур по сложности взаимодействия структурных частей посредством факторов неопределённости их состояний, с учётом весов состояний.

Хаотичная (спонтанная) - полная неопределенность состояний $U_c=1$.

Стохастическая система — это система, изменения в которой происходят под воздействием случайных факторов. Для их описания вводится случайный оператор S_0 , описывающий пространство элементарных событий с вероятностной мерой и учитывающий, как случайные начальные состояния системы, так и случайные переходы [4].

Детерминированная система это система, у которой, состояния однозначно определяются оказанными на нее управляющими воздействиями. Согласно классификации Ст. Бира такие системы могут быть простыми например, оконная задвижка и сложными, как компьютер [5].

А мультиагентная адаптивная система - это система, в которой безупречное понимание отдельных частей не дает автоматически идеального понимания всей системы и ее поведения. До появления высокоскоростных электронных вычислительных машин было невозможно изучать такие системы. Эти системы либо слишком велики, либо слишком сложны для того, чтобы можно было с помощью обычной математики рассчитывать их характеристики. Наиболее важным результатом компьютерных исследований мультиагентных адаптивных систем стало понятие неожиданного свойства.

Например, куча песка может рассматриваться, как сложная система, поскольку нажатие на одну песчинку увеличивает силы давления на все другие песчинки в куче, а эти песчинки, в свою очередь, отвечают на это легкой деформацией, вызывающей силы противодействия. Если добавлять песчинки к куче по одной, то неожиданно появится новый тип поведения - произойдет сход лавины, такое поведение принципиально отличается от явления передачи давления, которое имело место ранее. Другими словами, с этой миллионной песчинкой достигается точка, где понятие «больше» превращается в «иное» [5].

В статье предлагается классифицировать мультиагентные структуры с учетом свойств, и взаимодействия структурных частей (табл. 1).

Табл.1 Характеристика структур по сложности и взаимодействию структурных частей

Мультиагентная структура			
Хаотичная (спонтанная)	Адаптивная	Стохастическая	Детерминированная
Неопределённость состояния $u_c = 1$	Неопределённость состояния $0 < u_c < 1$	Неопределённость состояния $0 < u_c < 1$	Неопределённость состояния $u_c = 0$
Устройства полностью автономны и не связаны между собой	Соблюдается частичный порядок в группе устройств	Соблюдается порядок в группе устройств	полная определенность – жесткий порядок
Решения принимает каждое устройство самостоятельно	Устройства связаны между собой частично и автономны частично и имеют свободу выбора решений	Устройства связаны между собой	Устройства не автономны и жестко связаны между собой (не имеют свободы)
Группа устройств неорганизованная (хаотичная и спонтанная)	Самоорганизация в группе и эволюция в миссии (частичный порядок и гибкий план, действия по ситуации)	Прогнозируемые случайные начальные состояния системы, так и случайные переходы и выходы	Высокая организованность (полный порядок и четкий план, ситуация не влияет)
Поведение и состояние непредсказуемо из-за невозможности точных измерений оценки фактора или большого числа факторов	Согласованное эмерджентное поведение (взаимодействие для выработки и согласования решений)	Полностью предсказуемое много вариантное поведение	Полностью предсказуемое поведение, жесткий алгоритм
Поведение шаров на бильярдном столе.	Группа самолетов во время боя	Система электропитания самолета	Механизм часов в самолете

Устройства, неопределенность которых $u_c = 1$, находятся на грани хаоса. Состояние характеризуется необычными свойствами, большой вариацией, то

есть при небольшом изменении факторов возникают большие изменения, неожиданная смена траектории, эффект резонанса и прочие непредсказуемости.

Заключение. Предложенные признаки классификации мультиагентных систем предназначены для системного анализа таких систем управления, определения требований к параметрам надежности в соответствии с [ГОСТ 27.002](#) и [ГОСТ 27.003](#), вероятностных состояний, неопределённость и случайность состояний позволяют отличать мультиагентные адаптивные от неадаптивных структур. Номенклатуру показателей надёжности изделий задают из учитывая классификационные признаки систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 34100.3-2017 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения».
2. https://ru.wikichi.ru/wiki/Complex_adaptive_system (дата обращения 07.06.2023).
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Адаптивная_система (дата обращения 05.04.2023).
4. https://studme.org/174085/tehnika/stohasticheskie_sistemy (дата обращения 17.05.2023).
5. https://economic_mathematics.academic.ru/1365/Детерминированная_система (дата обращения 04.07.2023).
6. https://elementy.ru/trefil/21116/Slozhnye_adaptivnye_sistemy (дата обращения 07.09.2023).

УДК 658.5(075.8)

СТРУКТУРА ЦИКЛА ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОСВОЕНИЯ И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА РОБОТОТЕХНИКИ

Веревкина Л.С.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. Инновационный процесс освоения и серийного производства робототехники связан с проблемой определения его стоимости и продолжительности по причине новизны, как изделий, так и самой технологии производства.

Инновационная робототехника требует крупных инвестиционных вложений в производство, комплектующие и технологию и требуется стоимостная и временная оценка продолжительности освоения и серийного производства робототехники, что весьма затруднительно в связи с необходимостью учета многих факторов.

Постановка задачи. Необходимо привести структуру цикла инновационного процесса освоения и серийного производства робототехники,

определить взаимосвязь стадий жизненного цикла изделия и графическим методом определить продолжительность стоимость инновационного процесса освоения и серийного производства робототехники.

Инновационный процесс освоения и серийного производства робототехники тесно связан с проектирование изделия выполняются последовательно в течение стадий. Стадия – это отрезок времени в течение которого создается проект и выполняются работы, в результате которых разрабатывается комплект проектной документации. Для каждой стадии проектирования в Г ГОСТ2.103? определены работы, которые должны выполняться и документы, выпускаемые в результате выполнения работ и предъявляемые заказчику [1-4]. Стадию проектирования, как правило, разбивают на этапы, для оплаты определенных объемов работ в течение стадии. Жизненный цикл изделия показан на рисунке 3.1.

Жизненный цикл

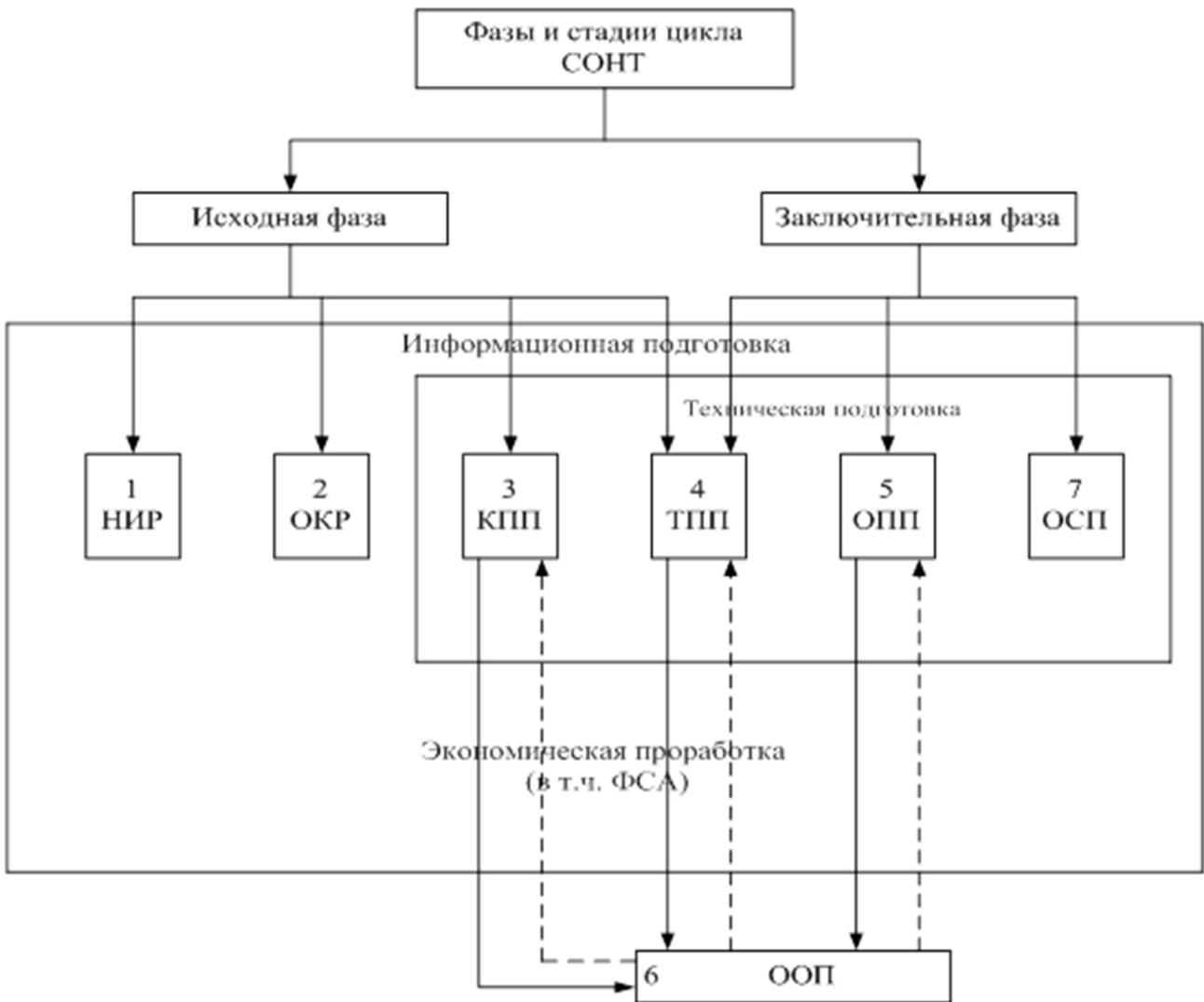


Рис. 1 – Жизненный цикл изделия робототехники

Инновационный процесс освоения и серийного производства робототехники выделился организационно и носит название цикл создания и освоения новых товаров – СОНТ. Его часто называют цикл «наука – производство». Система СОНТ базируется на следующих основополагающих принципах: комплексность; специализация; интеграция; принцип комплектности документации и составных частей изделий; непрерывность; пропорциональность; параллельность выражается в совмещении во времени различных фаз, стадий, работ; прямоточность – наименьший путь, проходимый новым изделием по всем стадиям его разработки и освоения.

Необходимо определить продолжительность и стоимость (рис. 2): конструкторской подготовка производства новой продукции (КПП); технологическая подготовка производства новой продукции (ТПП); организационная подготовка производства новой продукции (ОПП); освоение выпуска новой продукции (ОВНП) – отработку нового изделия в опытном производстве (ООП) и освоение нового изделия в промышленном производстве (ОСП). Исходными данными являются продолжительность и стоимость эскизного проекта $T_Э C_Э$; технического проекта; $T_Т C_Т$, продолжительность испытания макета $T_И$ и стоимость макета $C_М$;

Структура системы инновационного процесса. Структура системы инновационного процесса освоения и серийного производства робототехники приведена на рис.2



КПП – конструкторской подготовка производства; ТПП – технологическая подготовка производства; ОПП – организационная подготовка производства новой продукции; ОВНП – освоение выпуска новой продукции; ООП – отработку опытного производства; ОСП – освоение серийного производства.

Рис. 2 - Структура системы инновационного процесса освоения и серийного производства робототехники

Общая картина изменения расходов на этапах создания и освоения производства инновационной робототехники приведена на рис. 3 и показан характер наращивания расходов участок OS_{N1} и спад на участке $S_{N1} S_k$ с каждой последующей серией S_N / S_k . Первые три стадии КПП, ТПП, 2/3ОСП охватывают работы, которые по своему содержанию не связаны с непосредственным производством.

Алгоритм построения графика следующий:

1. Продолжительность и стоимость КПП полагаем такими же, как продолжительность и стоимость эскизного проекта - : участок графика ОА получаем отложив отрезки $Oa=T_{ЭП}$ и отрезок $aA=C_{ЭП}$;

2. Продолжительность и стоимость ТПП полагаем такими же, как продолжительность и стоимость технического проекта: участок графика АВ получаем отложив отрезки $ad=T_{ТП}$ и отрезок $Bb=C_{ТП}$;

3. Продолжительность и стоимость 2/3ОСП полагаем такими же, как 2/3 продолжительности и 2/3 стоимости стадии проекта РКД: участок графика ВС получаем отложив отрезки $bn_1=2/3*T_{РКД}$ и отрезок $n_1C=2/3*C_{РКД}$;

4. Продолжительность и стоимость 1/3ОСП полагаем такими же, как 1/3 продолжительности и 1/3 стоимости стадии проекта РКД: участок графика CD получаем отложив отрезки $n_1d=1/3*T_{РКД}$ и отрезок $dD=2/3*C_{РКД}$;

5. Стоимость ОСП производства опытной партии SN_1 определяем так: из точки C откладываем известную стоимость DS_1 изготовления одного образца на стадии РКД робототехнического изделия: участок графика отрезок CS_{N1} , получим точку $SN_1=N_1*DS_1$ умножив количество N_1 штук изделий в опытной партии на стоимость одного изделия - отрезок DS_1 .

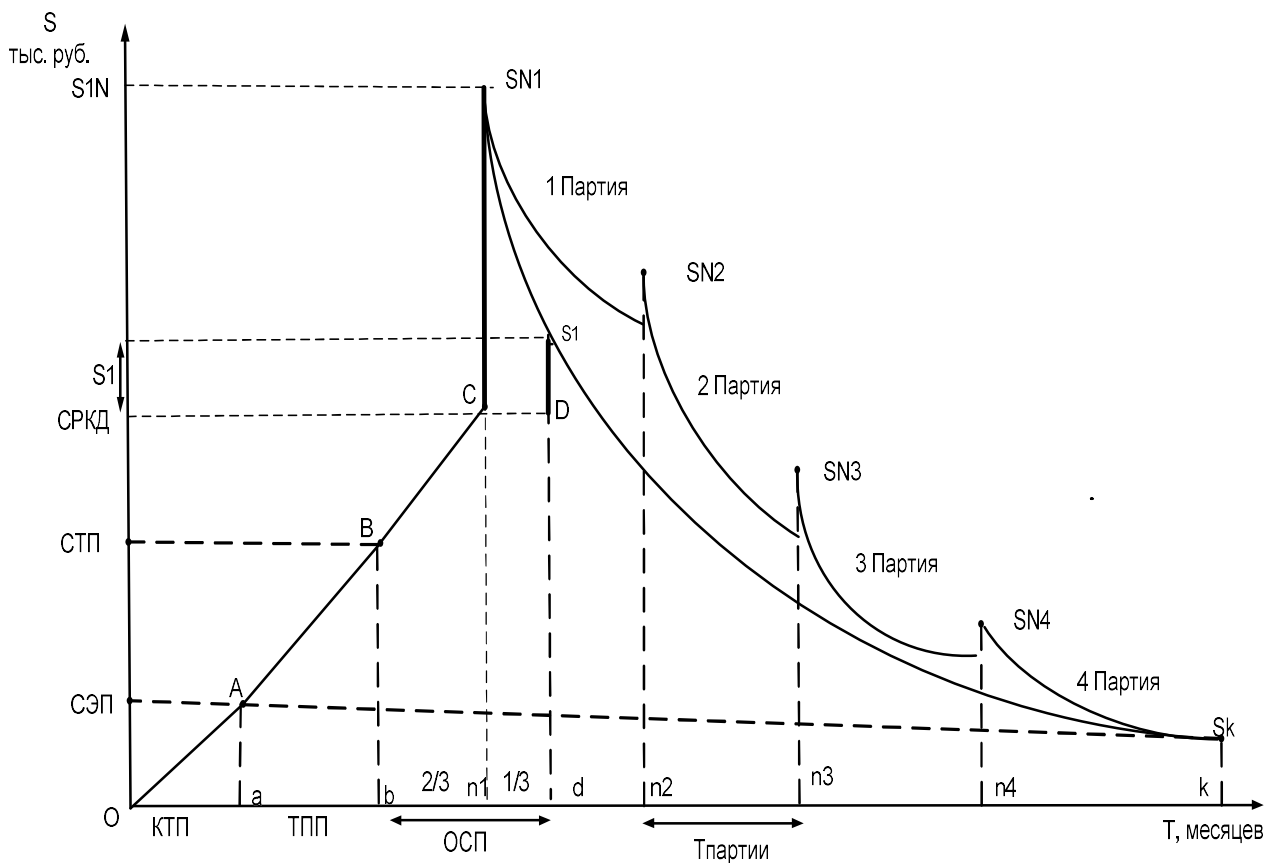


Рис. 3 - График инновационного процесса освоения и серийного производства робототехники

6. Для каждой последующей партии откладываем отрезки $n_1n_2 = n_2n_3 = n_3n_4 = n_4n_k = 2/3*T_{РКД}$ Соединяем точки SN_1 с точкой S_1 , далее S_1 с точкой SN_2 , затем точку SN_2 с точкой SN_3 и точку SN_4 с точкой SN_k Стоимость каждой партии определяется с учетом снижения стоимости одного образца в каждой последующей партии и объема партии в штуках.

Заключение. Суммарные расходы на КПП, ТПП и ОСП на инновационный процесс освоения и серийного производства робототехники определены графическим методом (рис.3). ОСП требует большого прироста расходов в связи с материальным обеспечением нового производства, закупкой специального и нового технологического оборудования, перепланировкой цехов и участков, организацией транспортных систем. Завершение этапа в точке С характеризуется суммарными расходами на освоение серийного производства, включая затраты на изготовление опытных образцов в точке S_{N1} . Продолжительность ОСП определяем по аналогии с продолжительностью стадии РКД в течение, которой исполнителем закуплено основное оборудование, программные средства для изготовления опытных образцов и организованы рабочие места и АРМ. Продолжительность серийного производства определяется числом партий и задаваемым плавным снижением цены каждого последующего образца робототехники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.103-2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
2. ГОСТ 2.119-2013. Единая система конструкторской документации. Эскизный проект
3. ГОСТ 2.120-2013. Единая система конструкторской документации. Технический проект
4. *В.Х. Пищопов, Л.С. Вережкина, А.Л. Вережкин.* Учебное пособие. «Проектирование электротехнических устройств. Часть 1. Стадии проектирования. Техническое задание» – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013.-50с.

УДК 681.51

СИСТЕМА И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ЧЕТЫРЕХ КОЛЕСНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

Грунтовский В.И., Савченко Д.А.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей мировой экономики, обеспечивая продовольственную безопасность и уровень жизни миллионов людей. Однако, для того чтобы справиться с постоянно растущим спросом на продукцию, сельское хозяйство должно непрерывно совершенствоваться и внедрять современные технологии. В последние десятилетия роботизированные системы стали ключевым элементом этого прогресса, революционизируя способы обработки полей.

В этом контексте, система и алгоритм управления группой из четырех колесных роботов для обработки сельскохозяйственных полей химикатами

представляют собой инновационный подход, который обещает изменить картину сельского хозяйства. Эти роботы не только автоматизируют процесс обработки, но и точно дозируют и распределяют химикаты, что оптимизирует производственные процессы, снижает затраты и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду.

Постановка задачи. В данном реферате рассмотрены ключевые аспекты системы управления, алгоритмы, используемые в этой системе, и выявим важность и перспективы применения роботизированных технологий в сельском хозяйстве. Анализ этих аспектов позволит нам понять, каким образом современные технологии могут сделать сельское хозяйство более эффективным, устойчивым и экологически безопасным.

Система управления колесными роботами. Система управления четырьмя колесными роботами для обработки сельскохозяйственных полей с использованием химикатов реализует комплексный подход, направленный на автоматизацию и оптимизацию процессов сельскохозяйственного производства. Она включает в себя ряд ключевых компонентов и алгоритмов, обеспечивающих точное и эффективное воздействие на почву и растения. Рассмотрим основные элементы системы управления колесными роботами.

Структурная схема системы управления четырьмя колесными роботами для обработки сельскохозяйственных полей приведена на рис.1. Центральный сервер является мозгом системы. Здесь происходит анализ данных, поступающих от различных источников, таких как GPS, сенсоры почвы и окружающей среды. Сервер осуществляет обработку этих данных и разрабатывает оптимальные стратегии управления роботами. Он также ответственен за планирование маршрутов роботов на основе географических особенностей поля и распределение задач между роботами.

GPS и Навигация. Каждый робот оснащен системой GPS, которая обеспечивает точное определение местоположения на поле. Эти данные передаются на центральный сервер для анализа и использования в планировании маршрутов. Навигационные алгоритмы обеспечивают оптимальное движение роботов, избегая перекрытий и пропусков при обработке полей.

Сенсоры. Роботы оснащены различными сенсорами, включая датчики почвы для измерения ее влажности, состава и уровня урожайности. Оптические и тепловые сенсоры используются для выявления растений и болезней. Эти данные обратно подаются в систему для анализа и корректировки процесса обработки.

Управление движением. Роботы имеют специализированные системы управления двигателями и колесами. Алгоритмы управления движением обеспечивают точное следование маршрутам, а также могут корректировать движение в реальном времени в случае необходимости.

Управление химикатами. Роботы оснащены системами дозирования и распределения химикатов. Алгоритмы управления химикатами определяют оптимальные дозы для каждого участка поля, учитывая его характеристики.

Роботы автоматически регулируют расход химикатов в зависимости от данных, полученных от сенсоров.

Обратная связь и Связь с Центральным Сервером. Роботы постоянно обмениваются данными с центральным сервером. Эта обратная связь позволяет серверу следить за процессом обработки, корректировать маршруты и дозы химикатов, а также получать отчеты о выполненной работе.

Система управления колесными роботами для обработки сельскохозяйственных полей химикатами представляет собой инновационное решение, обеспечивая оптимальную обработку полей, экономичное использование ресурсов и минимизацию вредного воздействия на окружающую среду.

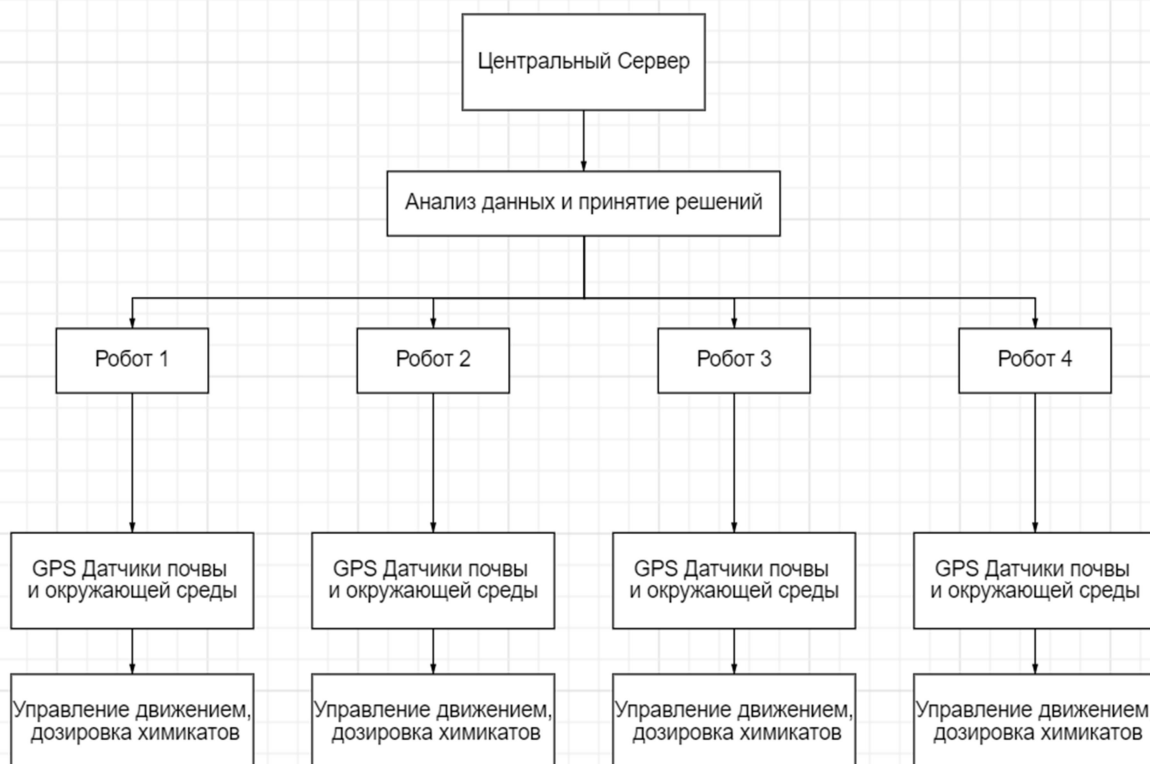


Рис. 1 – Структурная схема системы управления четырьмя колесными роботами для обработки сельскохозяйственных полей

На структурной схеме рис. 1 показана основная система управления, включая центральный сервер и четыре робота. Центральный сервер анализирует данные и принимает решения, которые затем передаются каждому роботу. Каждый робот оснащен GPS и датчиками для определения состояния почвы и окружающей среды. Управление движением и дозировкой химикатов осуществляется на уровне каждого робота

Алгоритм управления обработкой химикатами.

Шаг 1. Сбор данных о почве и культуре. Сенсоры на роботах собирают данные о влажности почвы, уровне урожайности, составе почвы и состоянии культур. Данные передаются на центральный сервер для анализа и обработки.

Шаг 2. Анализ данных и определение оптимальных доз. Центральный сервер анализирует данные и использует алгоритмы для определения оптимальных доз химикатов для каждого участка поля. Учитываются рекомендации специалистов, типы используемых химикатов и особенности роста растений.

Шаг 3. Планирование маршрутов и определение точек обработки. Алгоритмы оптимизации маршрутов разрабатывают оптимальные пути движения для каждого робота, учитывая географические особенности поля и точки обработки, где необходимо применить химикаты. Оптимизация направлений движения позволяет избежать дублирования обработки и пропусков на поле.

Шаг 4. Управление распределением химикатов. Роботы оснащены системами дозирования, которые регулируют расход химикатов в реальном времени в соответствии с определенными дозами для каждого участка. Обратная связь между роботами и сервером позволяет корректировать дозировки в случае изменения условий или обнаружения необходимости в коррекции.

Шаг 5. Мониторинг и адаптация. Система непрерывно мониторит обработку и собирает данные об эффективности обработки, уровне потребления химикатов и состоянии почвы и растений. На основе полученных данных система адаптирует дальнейшие шаги обработки, оптимизируя процесс и максимизируя урожайность.

Приведенный алгоритм обеспечивает не только точную и эффективную обработку сельскохозяйственных полей химикатами, но и позволяет сократить расходы на химикаты, минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и повысить производительность сельскохозяйственного производства.

Заключение. Преимущества и перспективы использования роботизированных систем. Использование роботизированных систем для обработки полей с химикатами позволяет сельхозпроизводителям значительно повысить эффективность производства. Это снижает не только затраты на химикаты, но и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду. Такие системы способствуют снижению ошибок и повышению точности обработки, что в итоге приводит к увеличению урожайности и качества продукции.

Роботизированные системы управления группой колесных роботов для обработки сельскохозяйственных полей с химикатами представляют собой перспективное направление развития в сельском хозяйстве. Эти системы обеспечивают не только оптимизацию затрат и ресурсов, но также содействуют более устойчивому и экологически безопасному сельскому производству.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов, А. П. *Применение роботизированных систем в сельском хозяйстве: преимущества и перспективы. Агротехника и экология, № 5, 2019, с. 56-63.*

2. Смирнов, В. Н. *Технологии точного земледелия и робототехника в современном сельском хозяйстве России. Сельское и водное хозяйство, № 2, 2018, с. 45-52.*

3. Григорьев, Д. С., и Николаев, В. М. *Применение беспилотных технологий в сельском хозяйстве: состояние и перспективы. Аграрная наука и образование, № 2, 2017.*

4. Козлов, П. А., и Морозов, С. В. *Разработка и исследование алгоритмов автоматизированного управления роботами для обработки почвы. Технические науки в сельском хозяйстве, № 4, 2016.*

5. Михайлов, О. В., и Поляков, Н. В. *Исследование алгоритмов планирования маршрутов для автономных сельскохозяйственных роботов. Информатика и управление, № 2, 2014, с. 34-40.*

6. Беляев, С. В., и Горшков В. В. *" Автоматизированные системы обработки почвы в сельском хозяйстве: состояние и перспективы. Тракторы и сельхозмашины, № 7, 2012, с. 26-31.*

УДК 621.383.8

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСАДКИ ДРОНА ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Горшков С.Д., Слюсаренко М. А.

*Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального
университета, г. Таганрог*

Введение. Использование беспилотных летательных аппаратов, таких как квадрокоптеры, в различные сферы деятельности становится все более актуальным и перспективным направлением в современной технологической эпохе. Эти устройства нашли применение в множестве областей, включая аэрофотосъемку, поставку товаров, мониторинг и даже спасательные операции. Однако одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются операторы квадрокоптеров, является сложность и надежность автоматической посадки. Способы приземления могут реализованы через применение в автоматическом режиме посредством лазерных систем посадки [1], системах основанных на радиолокации [2], системах спутникового слежения [3] или компьютерного зрения [4].

Постановка задачи. Автоматической посадки квадрокоптера с использованием технического зрения заключается в разработке и внедрении систем, способных анализировать окружающую обстановку и принимать решения на основе визуальной информации для безопасной и точной посадки. Этот аспект представляет собой сложную инженерную задачу, так как он требует совмещения различных технологий, включая компьютерное зрение, машинное обучение и автопилотирование.

Автоматическая посадка квадрокоптера с помощью технического зрения в системе управления дроном может решать несколько ключевых проблем, приведенных далее.

1. Точность посадки: Автоматическая посадка с использованием технического зрения может повысить точность посадки дрона. Это особенно важно в задачах, где требуется высокая точность, например, в аэрофотосъемке или медицинских доставках, где место посадки должно быть строго задано.

2. Безопасность. Техническое зрение позволяет дрону обнаруживать и избегать препятствий, что существенно повышает уровень безопасности при посадке. Это особенно важно в городских условиях, где есть риск столкновения с зданиями, проводами, деревьями и другими объектами.

3. Автономность. Автоматическая посадка с техническим зрением позволяет дрону выполнять миссии автономно, без необходимости вмешательства оператора. Это особенно полезно в задачах длительного мониторинга, где дрону необходимо выполнять регулярные задачи по зоне наблюдения.

4. Уменьшение зависимости от GPS и других систем радио позиционирования. В условиях, где доступ к сигналу GPS ограничен или отсутствует (например, внутри помещений или вблизи высоких зданий), техническое зрение может служить важным инструментом для определения положения и выполнения безопасной посадки.

5. Экономия ресурсов. Автоматическая посадка может сократить расход энергии и увеличить время полета, так как дрон может быстро и точно садиться.

Описание математической модели. Математической моделью объекта управления является беспилотный летательный аппарат, основанный на законах физики. На квадрокоптер влияют такие физические силы, как аэродинамика, моменты инерции, крутящий момент, гравитация, гироскопический эффект. Вращения твердого тела в пространстве могут быть заданы параметрами несколькими методами, такими как углы Эйлера. Беспилотник перемещается в пространстве благодаря результирующему вектору направления, который, в свою очередь, зависит от скорости вращения каждого из четырех двигателей. Двигатели, вращаясь, создают тягу и крутящий момент относительно центра масс конструкции беспилотника. Оси ориентированы так же, как для корабля, движущегося в положительном направлении X , с положительной правой стороной Y и вертикальной стороной, соответствующей положительному направлению ось Z . Также углы q - крен, p - тангаж, r - рысканье. Силы, действующие на квадрокоптер, приведены на рис. 1.

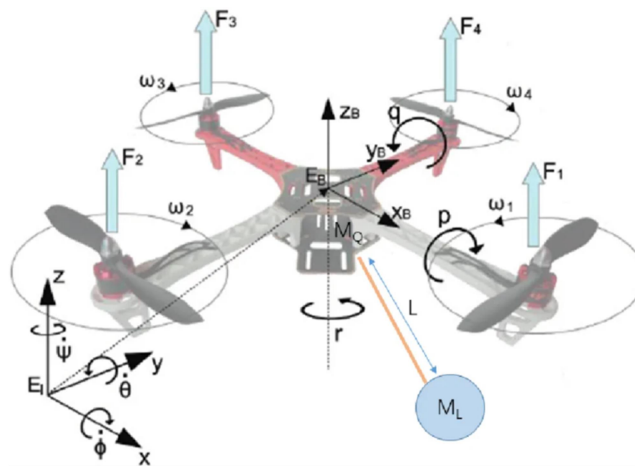


Рис. 1 – Силы воздействующие на квадрокоптер

Алгоритм посадки дрона. Приведенный на рис. 2 алгоритм, представляет из себя структуру программы для посадки дрона. В штатной ситуации, когда посадка была запланирована, посадка должна осуществляться путем:

- определения местоположения для посадки, дрон должен иметь информацию о местоположении для посадки. Обычно это определяется заранее, и дрон получает координаты места посадки;
- анализа окружающей среды, дрон должен выполнить сканирование окружающей среды с использованием своих датчиков, таких как GPS, инфракрасные и ультразвуковые сенсоры, чтобы определить наличие препятствий и оценить место посадки.

Выбор оптимального подхода места посадки. На основе данных из анализа окружающей среды дрон должен выбрать оптимальный подход к месту посадки, учитывая безопасность и эффективность.

Плавное снижение: дрон начинает плавное снижение к месту посадки, учитывая высоту, скорость и текущие погодные условия.

Контроль высоты и стабильности: во время снижения дрон должен постоянно контролировать свою высоту и стабильность, чтобы избежать касания с землей до момента, когда это необходимо.

Коррекция курса и позиции: дрон должен корректировать свой курс и позицию на основе данных с датчиков для точной посадки.

Посадка: при достижении определенной высоты и позиции дрон выполняет контролируруемую посадку.

Вывод. Предложенная модель и алгоритм автоматической посадки дрона позволяет сократить расход энергии и увеличить время полета, так как дрон может быстро и точно садиться, не тратя время на поиск подходящего места и маневрирование.

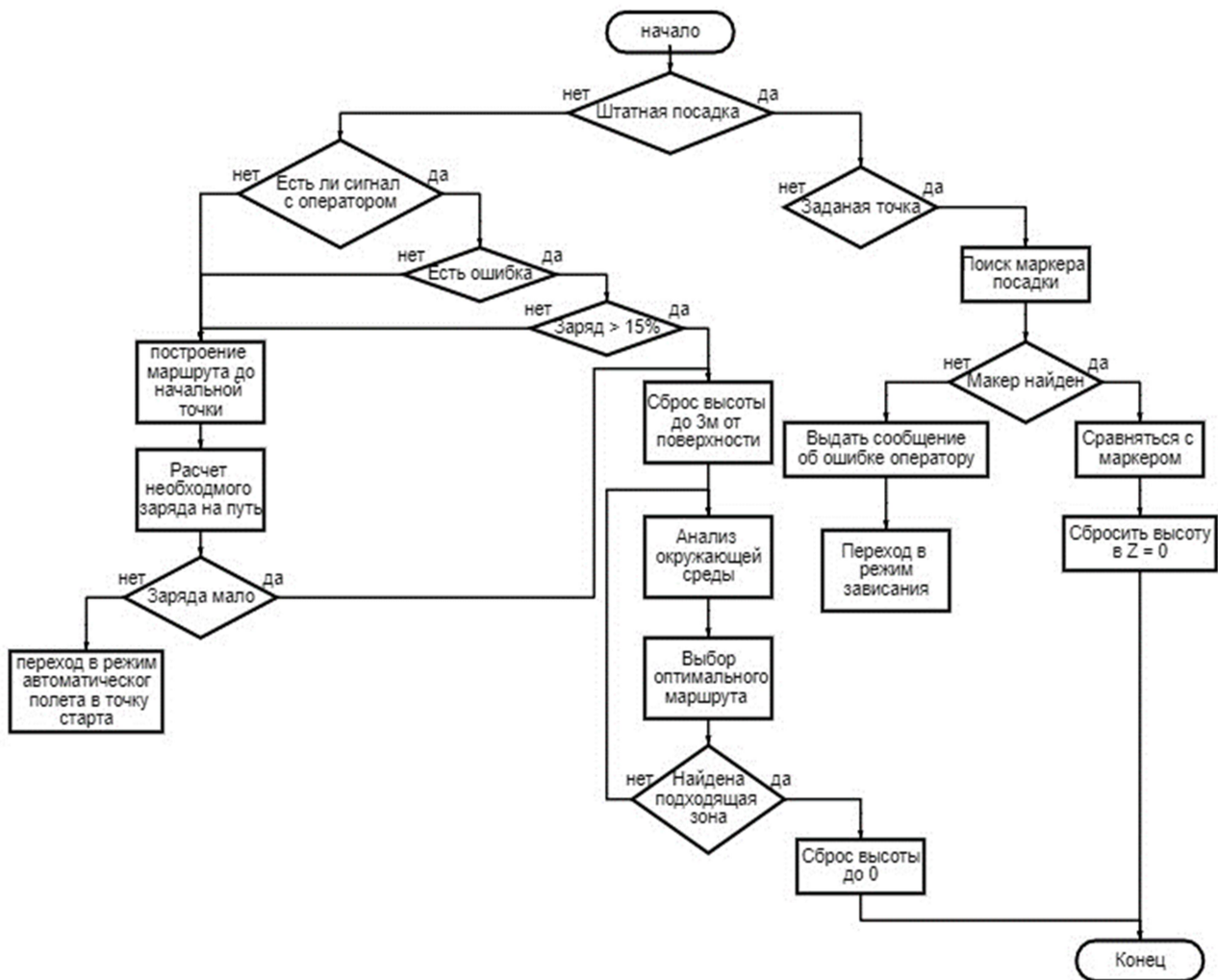


Рис. 2 – Общий алгоритм посадки дрона

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лившиц Д. Ю. Применение модуляции лазерного излучения в системе автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-modulyatsii-lazernogo-izlucheniya-v-sisteme-avtomaticheskoy-posadki-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 10.10.2023).
2. Чеховская К.Д. Разработка системы идентификации подстилающей поверхности в режиме реального времени для комплекса автоматической посадки беспилотного летательного аппарата // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-identifikatsii-podstilayuschey-poverhnosti-v-rezhime-realnogo-vremeni-dlya-kompleksa-avtomaticheskoy-posadki> (дата обращения: 13.10.2023).
3. Юсупов Р. Х., Колесник Л.В. Система аварийной посадки беспилотного летательного аппарата сельскохозяйственного назначения // Агроинженерия. 2018. №3 (85). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-avariynoy-posadki>

bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-selskohozyaystvennogo-naznacheniya (дата обращения: 13.10.2023).

4. Косова А. Е., Корилов А. М. Автоматическая посадка малых беспилотных летательных аппаратов с использованием компьютерного зрения // Доклады ТУСУР. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskaya-posadka-malyh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-ispolzovaniem-kompyuternogo-zreniya> (дата обращения: 10.10.2023).

УДК 681.5

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ СКЛАДСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Зайцев Д.Д., Цысарский Е.Е.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. В современных рыночных условиях самое широкое распространение находят системы автоматизации и КСП. Большое обострение конкуренции между организациями торговли и сокращение их нормы прибыли приводят к проблеме когда необходимо снизить потребление ресурсов организации, увеличить рентабельность и повысить эффективность управления складскими помещениями. На рынке представлены складские системы трех типов приведённые на рис. 1: механизированный склад; автоматизированный склад; автоматический склад.

Для решения обозначенных проблем наиболее перспективным является автоматический склад, функционирующий без вмешательства человека на всех этапах складской логистики обработки товарного потока. Чтобы минимизировать затраты на складирование, необходимо использовать программное обеспечение, позволяющее автоматизировать систему склада, состоящую из складских роботов MiR-100 в разных модификациях, приведённых на рис. 2.

Создание робототехнического комплекса, позволяет создать условия для автоматического управления операциями, производимыми на складах, такие как: погрузка, перемещение по территории склада и разгрузка грузов, планирование оптимального размещения грузов на складских стеллажах.

Положительными сторонами таких комплексов СА и КСП являются:

- повышение производительности за счет увеличения скорости логистических процессов и повышения точности обработки и контроля заказов;
- решите проблему нехватки места для хранения для расширения без ущерба для максимальной оптимизации пространства;
- снижение рисков для персонала, так как снижается их влияние на действия;

- максимальная надежность в эксплуатации;
- строгий складской контроль.

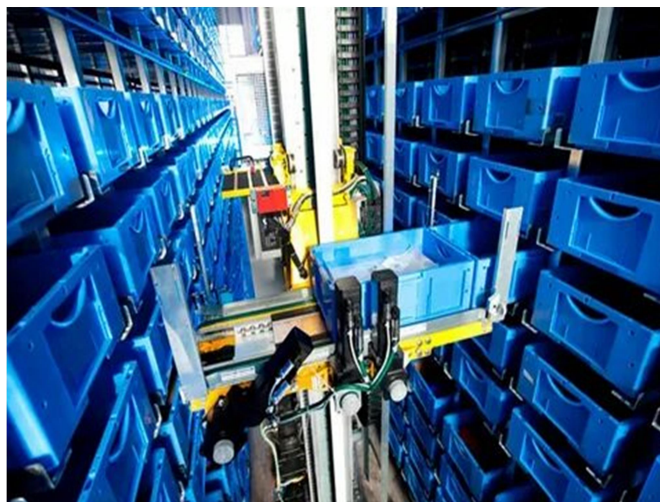
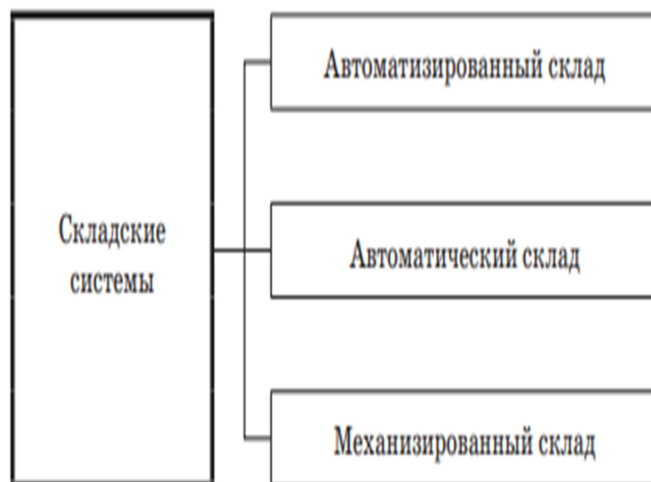


Рис. 1 – Виды складских систем



Рис. 2 – Складские роботы MiR-100 в разных модификациях

Для работы СА и КСП в данное время широко внедряется такое системное программное обеспечение как WarehouseManagementSystem. WMS - это программное обеспечение, разработанное для управления всеми аспектами складских операций в реальном времени. Эта система позволяет эффективно управлять приемкой, хранением, перемещением и отгрузкой товаров на складе. Главной целью WMS является оптимизация процессов на складе, минимизация ошибок и обеспечение надежного учета товаров.

Существует несколько других систем, связанных с управлением складами и логистикой, которые можно интегрировать в систему управления складом (WMS) для расширения функционала.

1. TMS (Transportation Management System) - Система управления транспортом, которая предназначена для оптимизации и управления транспортными операциями, включая планирование маршрутов, управление транспортными ресурсами и мониторинг грузоперевозок.

2. ERP (Enterprise Resource Planning) - Система планирования ресурсов предприятия, которая включает в себя множество функций, включая управление заказами, финансы, производство и управление складом. Она может интегрировать WMS и другие системы для согласованного управления всеми бизнес-процессами.

3. MES (ManufacturingExecutionSystem) - Система управления производственными операциями, которая помогает монитрить и контролировать процессы на производственной линии. MES может быть связана с WMS для оптимизации складской логистики.

4. LMS (LaborManagementSystem) - Система управления рабочей силой, которая используется для оптимизации и управления рабочими ресурсами на складе. Она помогает в планировании графиков работы, определении производительности и управлении рабочими задачами.

5. SCM (SupplyChainManagement) - Система управления цепями поставок, которая охватывает все этапы цепи поставок, включая поставщиков, производство, складирование и распределение. SCM помогает оптимизировать процессы и улучшить координацию между всеми участниками цепи поставок.

6. RFID (Radio-FrequencyIdentification) - Технология и системы, которые используют радиочастотные метки для идентификации и отслеживания товаров и оборудования на складе и в цепи поставок.

Так же необходимо не забывать об исполнительской части складских операций, которые выполняют складской персонал. Их деятельность позволяют автоматизировать автономные мобильные роботы или автоматические управляемые транспортные средства и тележки, а движение будет осуществляться по заданному алгоритму. Алгоритм движения автономного складского мобильного робота MiR-100 в разных модификациях приведен на рис.3.

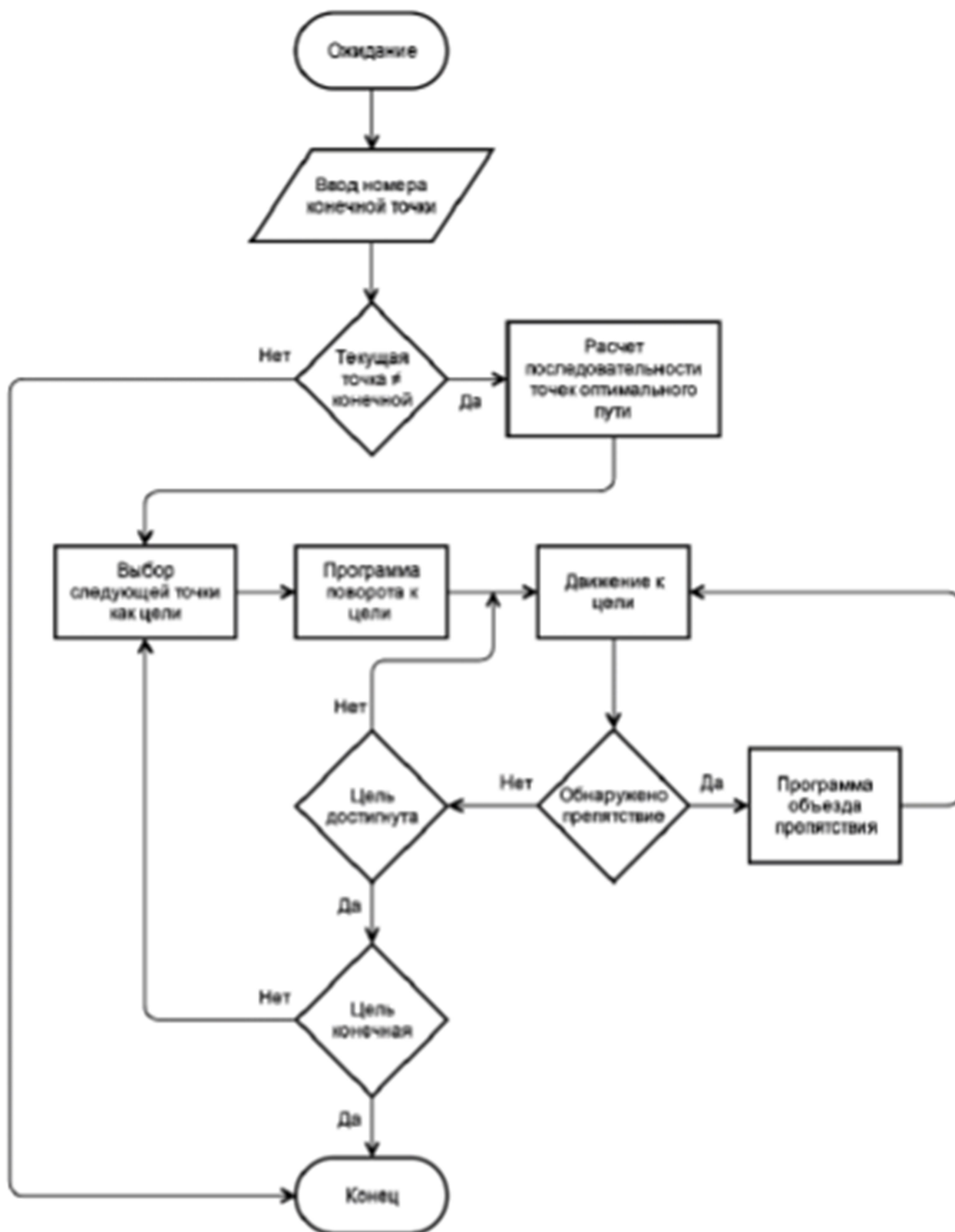


Рис.3 – Алгоритм движения автономного складского мобильного робота

Вывод. Системы автоматизации и контроля складского помещения в виде комплекса системы управления складом (WMS), в интеграции с другими адаптируемыми системами управления складскими операциями и автономные мобильные роботы играют ключевую роль в современной логистике. Работа

сообща, они могут обеспечить точное комплексное управление логистическими операциями, улучшить производительность, точность и эффективность в области складирования и логистики, снизить потребление ресурсов организации, увеличить рентабельность и повысить эффективность управления складскими помещениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макарова М.В., Мокерова О.П. Перспективы развития складского хозяйства России // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-skladskogo-hozyaystva-rossii> (дата обращения: 14.10.2023).

2. Шенцова А.Е. Современные складские технологии // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-skladskie-tehnologii> (дата обращения: 14.10.2023).

3. Ложечник Е.А. Оптимизация складского комплекса предприятия на основе рационализации и автоматизации основных процессов // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-skladskogo-kompleksa-predpriyatiya-na-osnove-ratsionalizatsii-i-avtomatizatsii-osnovnyh-protsessov> (дата обращения: 14.10.2023).

4. Власова О.А., Васильева А.С. Современные технологии в логистике складской деятельности // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-v-logistike-skladskoy-deyatelnosti> (дата обращения: 14.10.2023).

УДК 003.26.09

АЛГОРИТМ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТЕОДАНЫХ

Бучнев К.С., Качура А.Д.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. В современном информационном обществе передача данных играет важную роль во многих сферах жизни, включая метеорологическую индустрию. Однако, с ростом объема метеоданных и значимости их использования существует проблема обеспечения их безопасности, которая становится все более актуальной, поскольку несанкционированный доступ к этим данным может привести к серьезным последствиям.

Существующие методы передачи метеоданных могут быть уязвимыми к различным видам атак, таким как перехват данных, подмена или модификация информации. Это создает не только угрозу для конфиденциальности и целостности данных, но также может привести к неправильным прогнозам и ошибочным решениям, на которых основываются метеорологические службы, авиакомпании и другие отрасли, зависящие от точной и надежной информации о погоде.

Алгоритм безопасной передачи метеоданных представляет собой инновационный подход к решению этой проблемы. Он обеспечивает

шифрование данных при передаче, гарантируя их конфиденциальность и целостность. Кроме того, данный алгоритм может включать механизмы аутентификации и проверки подлинности, чтобы обеспечить идентификацию и контроль доступа к данным.

Использование алгоритма безопасной передачи метеоданных имеет потенциал изменить подход к обработке и передаче метеорологической информации. Он может дать возможность повысить уровень доверия и надежности данных, что в свою очередь повлияет на прогнозы погоды, принятие стратегических решений и обеспечение безопасности общества в целом.

Алгоритм шифрования метеоданных. Для шифрования метеоданных хорошо подходит кодировка AES. Процесс шифрования начинается с начального раунда, в котором открытый текст преобразуется в XOR (исключающее ИЛИ) с помощью 128-битного ключа. Алгоритм расширения ключа генерирует набор круглых ключей, полученных из исходного ключа шифрования, которые используются в последующих раундах. Каждый раунд состоит из подстановки байтов, сдвига строк, смешивания столбцов и добавления ключа раунда с помощью серии шагов преобразования (рис.1).

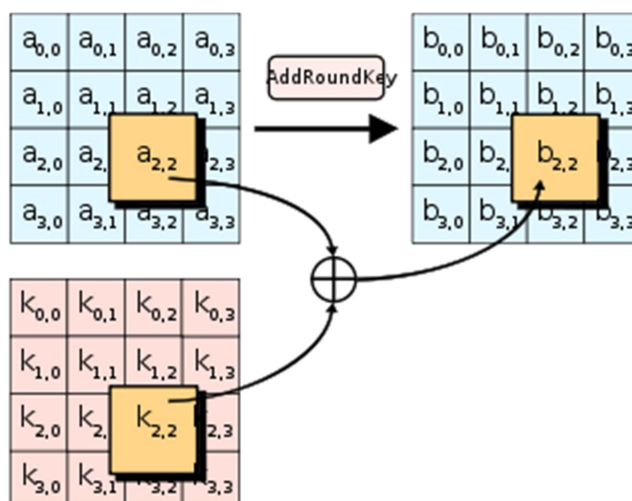


Рис.1 – Трансформация при шифровании и обратном шифровании AddRoundKey

На этапе суббайтов таблица подстановки (S-Box) применяется к каждому байту в матрице состояний, заменяя их соответствующими значениями на основе predefined математических операций. Это обеспечивает нелинейную путаницу, повышая надежность шифрования. Шаг ShiftRows (рис.2) выполняет операцию циклического сдвига строк матрицы состояний, обеспечивая распространение данных внутри блока.

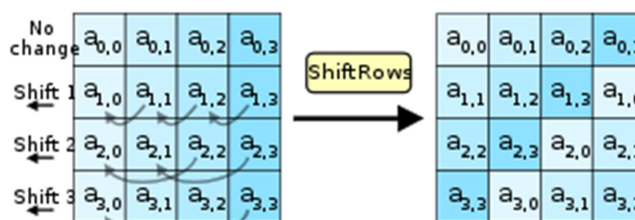


Рис.2 – Трансформация при шифровании ShiftRows

Шаг MixColumns (рис.3) применяет матричное умножение к столбцам матрицы состояний, обеспечивая дополнительное распространение и смешивание данных, в каждом раунде ключ `round` сопоставляется с матрицей состояний, вводя уникальные характеристики ключа в процесс шифрования.

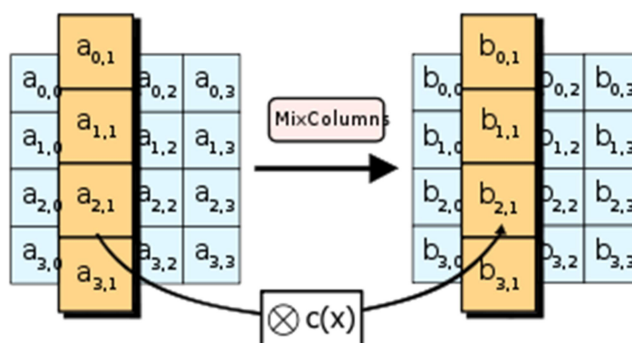


Рис. 3 – Трансформация при шифровании MixColumns

Эта серия повторений, известная как раунды, добавляет сложности и повышает безопасность шифрования AES (рис. 4). Количество раундов зависит от длины ключа: 10 раундов для AES-128, 12 раундов для AES-192 и 14 раундов для AES-256. Каждый раунд увеличивает сложность расшифровки зашифрованных данных без соответствующего ключа, обеспечивая высокий уровень конфиденциальности конфиденциальной информации.

Проблема генерации случайного ключа и его линейность являются важными аспектами безопасности криптографических систем. Для эффективного использования алгоритмов шифрования, требуется генерация ключа, который обладает высокой стойкостью и представляет случайное значение. Однако, слабая генерация ключей может привести к серьезным уязвимостям в системе.

Проблема генерации случайного ключа заключается в том, что компьютерные системы в большинстве своем работают на основе алгоритмов и программ, которые являются детерминистическими, то есть генерируют предсказуемую последовательность чисел или значений. Это означает, что вместо случайного значения ключа может быть сгенерировано значение, которое можно предугадать или восстановить.

Заключение. Ключевой аспект в безопасной генерации случайного ключа – это использование источника истинно случайной информации, такого как физические явления (шум радиосигналов, радиоактивный распад) или специальных аппаратных устройств (генераторы случайных чисел). Это

позволяет получить статистически случайное значение с высокой степенью непредсказуемости и избежать линейности в генерации ключей.

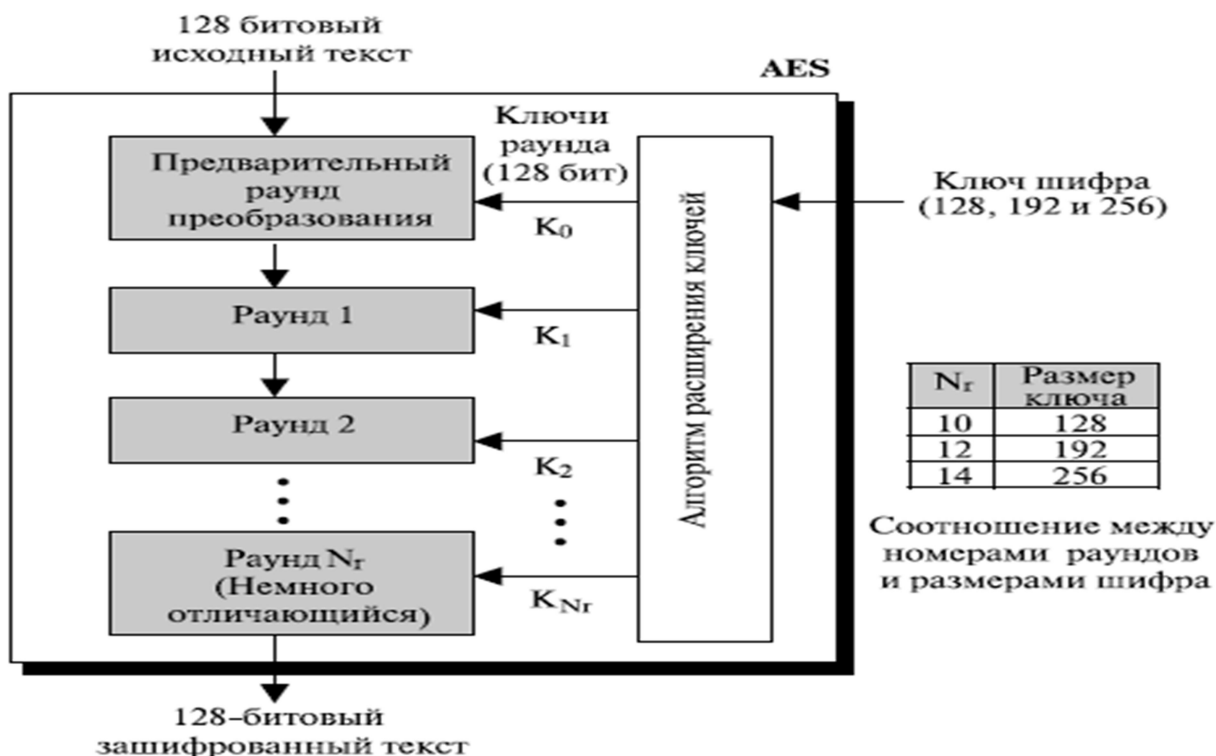


Рис. 4 – Схема шифрования AES

Линейность ключа относится к свойству, когда ключ может быть представлен или выражен в виде линейной комбинации других значений, или когда существуют зависимости между различными битами ключа. Линейность ключа снижает его стойкость и открывает возможность для атак так, как атаки перебором или статистические атаки.

Для предотвращения проблемы генерации слабых или линейных ключей, необходимо использовать криптографически безопасные методы генерации случайных чисел и алгоритмы, обеспечивающие высокую стойкость ключа. Кроме того, необходимо применять практики регулярного обновления ключей и обеспечивать их безопасное хранение и передачу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сингх С. Книга шифров. Тайная история шифров и их расшифровки. М.: Аст, Астрель, 2006. 447с.
2. Бауэр Ф. Расшифрованные секреты. Методы и принципы криптологии. М.: Мир, 2007. 550с.
3. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. М.: Триумф, 2003. 806с.
4. Мао В. Современная криптография. Теория и практика. М.: Вильямс, 2005. 763 с.
5. Алферов А.П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А. В. Основы криптографии. М.: Гелиос АРВ, 2001. 479с.

6. AES стандарт шифрования. <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 14.10.2023г.)

УДК 004.896

РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Мисюра В.В.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. На сегодняшний день существует проблема по точности, дальности и углу измерений у различных робототехнических платформ [1, 2]. Для решения этой проблемы следует разработать структурную схему устройства, а также использовать точные датчики.

Постановка задачи. Разработать структурную схему устройства, а также подбор датчиков для робототехнической универсальной платформы с повышенной точностью измерений расстояния до препятствий

Определение структуры робототехнической платформы. Разрабатываемая робототехническая платформа состоит из следующих структурных частей. Управляющая плата – микроконтроллер, колеса, драйвера для управления, корпус, сменный модуль. Структурная схема робототехнической универсальной платформы с повышенной точностью измерений расстояния до препятствий приведена на рис.1.

На структурной схеме рис.1 четыре датчика ультразвуковых, драйверы, колеса движения робота, управляющий микроконтроллер, сменный модуль, а также АКБ и кнопка включения. В конструкцию робота войдут: arduino Rev3, драйвер двигателя L298N, ультразвуковые дальномеры модели HC-SR04, два мотора-редуктора и пара колес Gekko. А также аккумулятор на 12В.

Далее приведена таблица 1 с компонентами, указанными на рис.1.

Табл. 1 – Компоненты структурной схемы

Количество компонентов	Наименование
Микроконтроллер – 1 шт	Atmega328
Батарея питания – 1 шт	Аккумулятор
Кнопка – 1шт	Кнопка питания
Драйвер - 1шт	Драйвер
Колесо – 2шт	Движущие колеса
Датчик движения – 4 шт	HC-SR04
Модуль дезинфекции – 1 шт	Разбрызгиватель

Датчик HC-SR04 установлен, как модуль в разрабатываемое устройство. Ультразвуковой датчик, принимающий возвращающиеся сигналы, работающий

по принципу дальномера. Он посылает и принимает волны через определенный промежуток времени. Датчик изображен на рис.3.

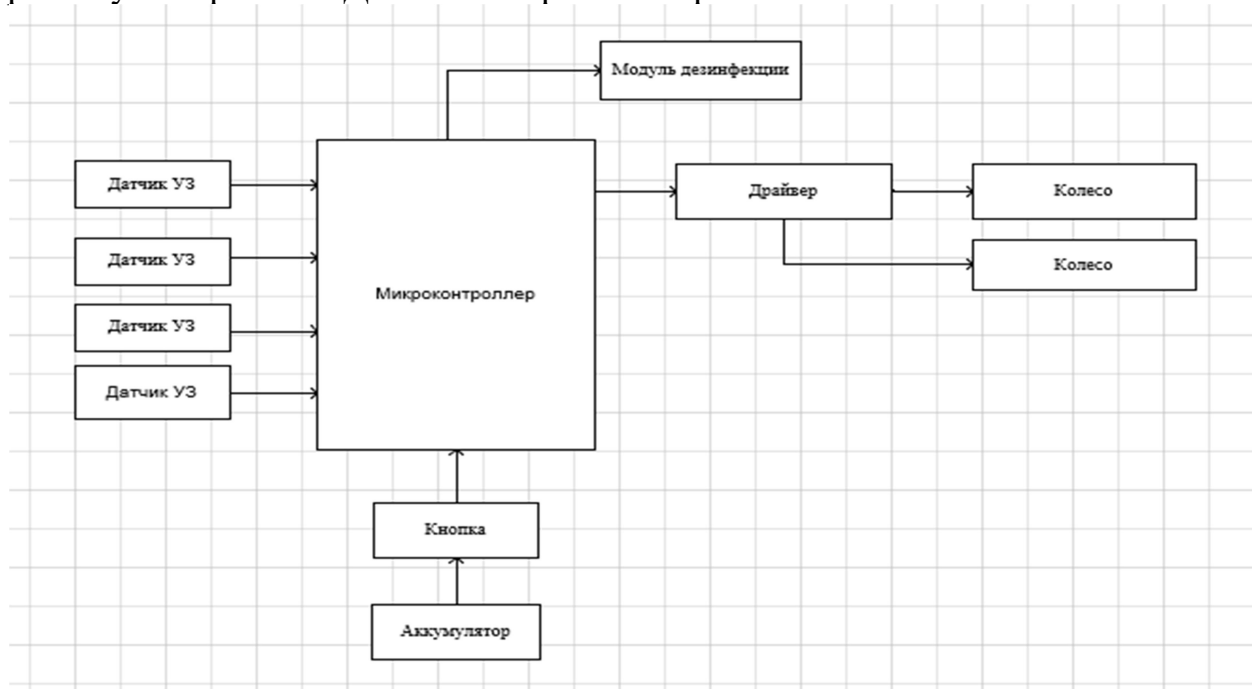


Рис. 1 - Структурная схема робототехнической универсальной платформы с повышенной точностью измерений расстояния до препятствий

На рисунке 2, приведена схема электрическая датчика HC-SR04.

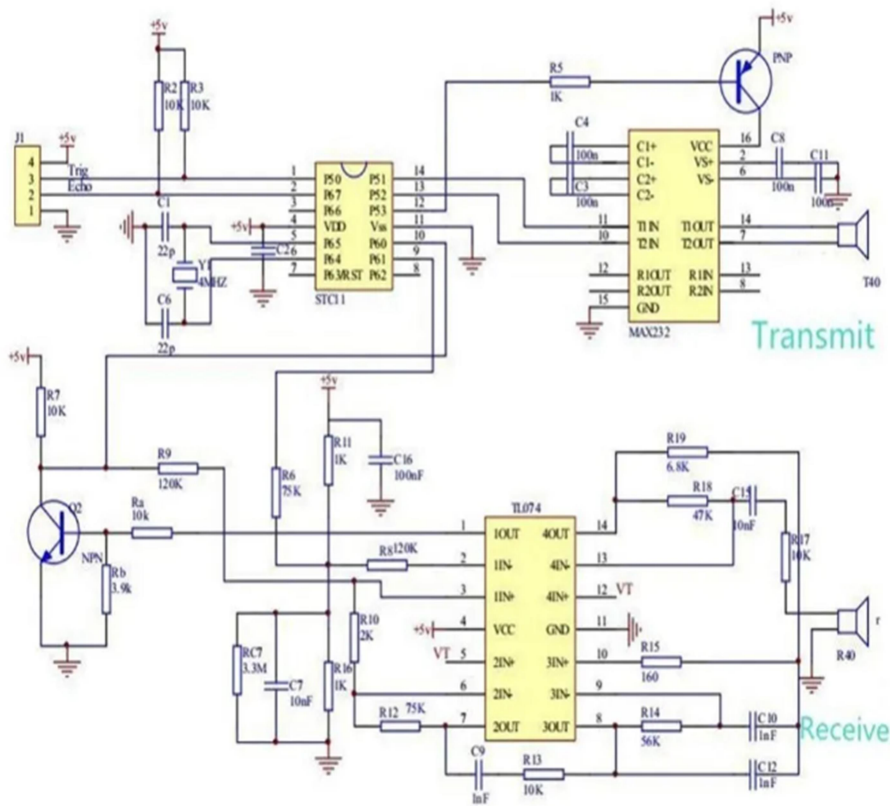


Рис.2 - Схема датчика HC-SR04



Рис.3 - Датчик HC-SR04

Стоимость датчика составляет примерно 70-240 руб., он широко доступен и выбран в качестве дальномера для робота-пылесоса с двумя режимами работы.

Характеристики датчика HC-SR04 приведены в табл. 2 [3].

Табл. 2

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания	5В
Потребление тока в режиме тишины ,не более	2мА
Угол обзора	15°
Угол измерения	30°
Ширина импульса	10 ⁻⁶ с
Сенсорное разрешение	0,3см
Рабочий параметр силы тока	15мА
Погрешность измерения	1-5см

На измерения дальномера в сильном и явном виде влияют различные факторы окружающей среды, но особенно важны такие: температура, влажность воздуха, качество компонентов самого модуля, и еще дополнительно объекты, которые находятся близко к объекту (к нашему ультразвуковому датчику).

При использовании работы дальномера, изучаемый (сканируемый) им предмет обязан находиться в геометрическом конусе его направленности. Это необходимое и обязательное условие, если мы хотим организовать корректное работоспособное состояние датчика расстояния.

Диаграмма направленности приведена на рис. 4.

Обычно, усредняется значение, определенное до этого, и затем рассчитываются поправочные коэффициенты для дальномера. Необходимо вывести среднего значения, минимизировать количество всплесков по возможности до нуля.

Заключение. В статье предложено решение проблемы точности измерений по дальности и углу измерений для робототехнических платформ различного назначения. Для решения этой проблемы разработана структурная схема устройства на микроконтроллере с четырьмя датчиками, позволяющая повысить точность измерений расстояния до препятствий 1-3см и с углом

обзора 180° , для точного позиционирования робототехнической универсальной платформы.

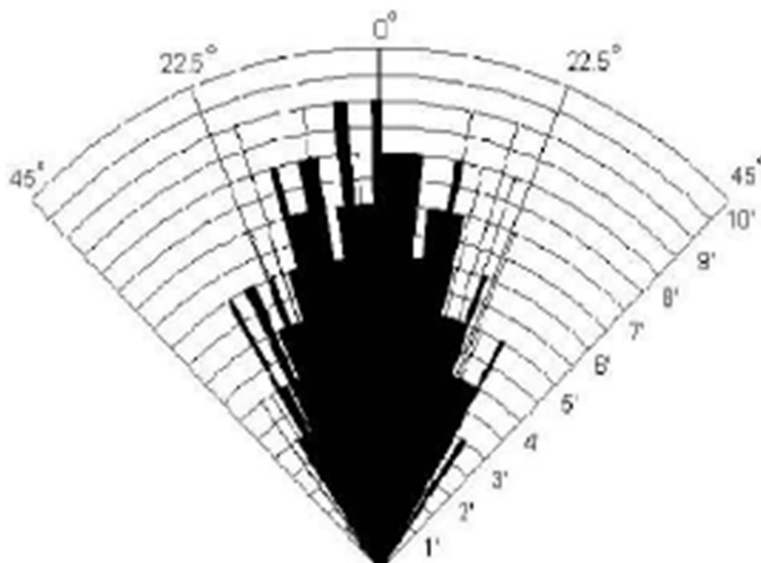


Рис.4 – Диаграмма направленности НС–RS04

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пушихов В.Х., Медведев М.Ю., Медведева Т.Н.* Управление роботами и робототехническими системами: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. – 160 с.
2. https://www.researchgate.net/publication/349483482_DINAMIKA_MODALI_DVUKOLESNOGO_TRANSPORTNOGO_ROBOTA (дата обращения 02.10.2023г.)
3. *Дж. Фрайден* Современные датчики. Справочник. - Москва: Техносфера, 2005. - 592 с.

УДК 629.7.01

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДРОНОВ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Протасов М.В., Джозефс И.Э.

руководитель доцент, к.т.н. Л.С. Верекина

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. В связи с развитием микроконтроллеров и вычислительных возможностей техники расширяются интеллектуальные функции систем управления дронами

Полетные режимы дронов условно делятся на две основные категории:

- стандартные режимы полета;

- интеллектуальные полетные режимы.

Также квадрокоптер может находиться в [1]: аварийном режиме — это ситуация, в которой по какой-либо причине существует угроза для безопасности квадрокоптера или находящихся на его борту оборудования или на земле людей;

- нештатная ситуация — это ситуация, в которой более невозможно продолжать полет с использованием штатных процедур, но угрозы для безопасности или находящихся на его борту оборудования или на земле людей не существует.

Постановка задачи. В статье ставится задачи: рассмотреть особенности существующих режимов полета дронов с целью получения видеоизображения, съемки; выявить достоинства, недостатки и проблемы; предложить пути решения проблем; разработать систему управления дроном в нештатном режиме.

Стандартные режимы полета дрона. Стандартные режимы полета предназначены для ведения съемки с дрона во время полета их по знаниям и опыту пилота делят на:

- Beginner Mod - режим начального уровня;
- *Positioning Mode* режим позиционирования;
- *Attitude Mode* режим ориентации;
- *Sport Mode* спортивный режим.

Приведем особенности стандартных режимов полета [2,3].

1 Режим начального уровня - Beginner Mode. Режим, который разработан для новичков — это автоматическое ограничение скорости и высоты полета. Кроме того, датчики будут работать постоянно, и отключить в этом режиме их невозможно. С их помощью обеспечивается безопасный и стабильный полет, а также упрощается весь процесс управления. Радиус удаления — 30 метров.

2 *Режим позиционирования - Positioning Mode.* Использование модуля GPS и оптических датчиков для стабильного и плавного полета. Имеются две разновидности режима: P-GPS и P-ОПТИ. В первом случае беспилотник использует данные локаций, поступающие с модуля GPS. При потере сигнала дрон может автоматически перейти в режим P-ОПТИ. в этом режиме он будет менее стабилен в полете и может подвергаться воздействию внешних факторов, оптические датчики позволяют лучше обходить препятствия. В темноте режим лучше не использовать.

3 *Режим ориентации - Attitude Mode.* Режим ориентации позволяет сохранять на лету устройство даже в самых сложных ситуациях и необходимо постоянно контролировать горизонтальные сносы для удержания стабильного полета. Высота здесь удерживается за счет бортового барометра. И все, в таком положении возникает опасность дрейфа, а сам полет осуществляется относительно направления своей носовой (передней) части. Его используют для профессиональной съемки рекламы и кино. Отсутствия автоматического торможения, которое отключается в режиме ориентации,

помогает летательному аппарату останавливаться более плавно и естественно, как только пилот отпускает управление..

4 Спортивный режим- *Sport Mode*. Популярный режим при котором с максимальной скоростью и не работают системы обхода препятствий получают лучшую съемку происходящего вокруг.

Интеллектуальные режимы полета дрона. Интеллектуальные режимы на разных моделях дронов может несколько отличаться по количеству доступных стилей пилотирования, но суть их одна и та же. С помощью интеллектуальных режимов дрон получает возможность летать автономно [2-4].

1 *Кинематографический режим - Cinematic Mode* - сочетает в себе лучшие возможности двух стандартных режимов пилотирования DJI: режима позиционирования (P-Mode) и режима ориентации (A-Mode). В кинематографическом режиме замедляется движение более плавно и естественно за счет своей инерции, как в режиме ориентации. При замедлении движения вращение также становится более плавным.

2 Режим – TapFly - вошел в число классических режимов автономного полета, одним касанием на карте дисплея направить дрон в полет, используя мобильное устройство (смартфон или планшет). Во время полета он будет автоматически обходить препятствия, так как эта система также будет работать в автоматическом режиме. Высоту и скорость полета можно регулировать с помощью элементов управления на экране.

3 *Режим Active Track* самый популярный и часто используемый сочетает работу модуля GPS и камер, может отслеживать подвижные объекты в автоматическом режиме. Режим отслеживания имеет три варианта: Trace, Profile и Spotlight. В зависимости от них генерируется позиция квадрокоптера относительно объекта отслеживания. В режиме Helix дрон двигается вверх, вращаясь по условной спирали В режиме Circle Mode совершает ровно один оборот вокруг предмета, на котором сфокусирована его камера.

4 Режим Tripod, он же “Штатив” удобен для [аэросъемки](#) с близкого расстояния. В этом режиме скорость движения дрона снижается до примерно 4-5 км/ч. Элементы управления помогают пилоту совершать точные движения и сохранять стабильное положение. Эффективная работа этого режима сильно зависит от наличия и качества сигнала GPS.

5 В режиме *Draw* можно указать путь, нарисовав схему на экране мобильного устройства. Скорость движения может контролироваться с помощью ползунков меню на дисплее. Движение камеры будет зависеть от того, находится-ли дрон в режиме “Вперед” или “Свободно”. В режиме “Вперед” камера может двигаться лишь влево или вправо и не на много. Камера может двигаться в любом направлении в свободном режиме.

7 В режиме *Waypoints* можно указать траекторию полета с указанием точек маршрута с использованием координат. Выбирается наиболее рациональный маршрут передвижения от одной точки к другой. ПО позволяет запомнить данные точки для повторения маршрута.

8 *Режим жестов / Gesture Mode* позволяет запускать дрон с руки (PalmLaunch), как только аппарат сможет распознать лицо. PalmControl и управлять, перемещая руку перед его датчиком.

9 *Режим слежения за рельефом / Terrain Follow Mode* только при наличии оптических сенсоров, которые обращены вниз. В этом режиме дрон может поддерживать постоянную разницу высот от земли даже при подъеме на гору с уклоном до 20 градусов. Перепад высот может быть установлен от 1 метра до 10 метров.

10 Режим Spotlight Pro позволяет летать в автономном режиме, пока камера летательного аппарата продолжает отслеживать подвижный объект. Камера начнет следить только тогда, когда он пересечет предписанные границы и войдет в очерченный район.

11 *Фиксация курса / Course Lock* позволяет обеспечить полет по конкретному направлению, в рамках выбранного “коридора” туда и обратно. вдоль маршрута.

2. *Режим “Точки интереса” - Points of Interest* - похож на режим круговой быстрой, камера сфокусирована на выбранном объекте. Можно регулировать скорость, высоту и радиус полета.

Вывод. Во всех режимах работы Дрон теряет возможность автономной работы, если невозможно определение его местоположения в пространстве с применением спутниковых систем навигации и при одновременной потере связи с оператором. Такую ситуацию следует считать нештатным режимом работы.

В то же время существуют математические модели управления дроном, которые не подразумевают обязательно использовать сигналы от спутниковых навигационных систем, а также некоторых других датчиков [1, 2]. В статье предложен один из возможных вариантов системы управления дроном с целью повышения «живучести».

Структурная схема системы обработки нештатных ситуаций дрона. В составе дрона следующие компоненты на базе эффективной и простой платформы квадрокоптера ARRISSE410:

- интеллектуальная система управления;
- все направленный цифровой микроволновый радар;
- 6-ти осевой акселерометр высокой точности;
- электронный ватерпас измерения наклона;
- камера реального времени с видом от первого лица;
- панель управления, оснащенная новейшей системой передачи сигналов LightBridge 2;
- пульт дистанционного управления;

Комплект необходимо дополнить:

- системой технического зрения, для сканирования окружающей среды, модулем питания и возможностью сопряжения с системами дрона для определения координат.

Структурная схема системы обработки нештатных ситуаций для квадрокоптера, показана на рис. 1.

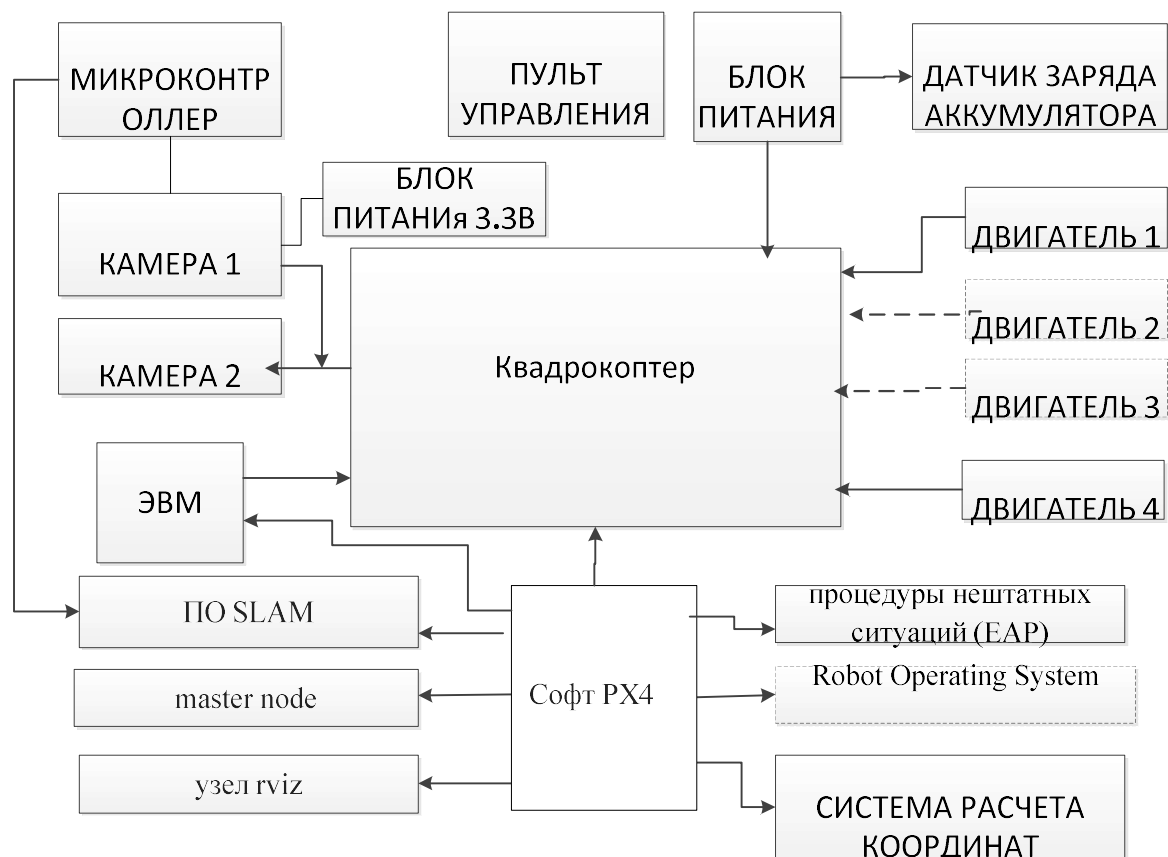


Рис.1 - Структурная схема системы управления дроном в нештатном режиме

В блоке питания необходимо 4 аккумулятора, емкость аккумулятора позволяет лететь 9-15 минут, перезаряжаемая литиевая батарея, долгосрочной работы. Зарядное устройство для аккумуляторов (возможность одновременной зарядки двух аккумуляторов за 60 минут). Зарядное устройство пульта управления:

- модель A14-057N1A;
- напряжение 17,4 В;
- номинальная мощность 57 Вт.

Требуемые параметры пульта управления:

- дальность связи (на открытом пространстве, при отсутствии препятствий): 1 км;
- мощность передающего модуля 100 мВт при 2,4 ГГц;
- встроенная батарея 6000 мА/ч, 2S LiPo;
- зарядное устройство DJI;
- мощность 9 Вт;
- рабочая температура $-10^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{C}$;

Вывод. Рассмотрены особенности стандартных и интеллектуальных режимов полета дрона и в любом из них возможна ситуация потерять связь и координаты своего местоположения, если невозможно определение местоположения в пространстве с применением спутниковых систем навигации и при одновременной потере связи с оператором. Такую ситуацию следует

считать нештатным режимом работы дрона. В статье предложена структура системы управления дроном, как один из возможных вариантов системы управления в нештатном режиме работы дрона с целью повышения его «живучести».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/206904_EASA_EHEST_NE_11_RU.pdf (дата обращения 03.09.2023г.)
2. Т. Лагкас, В. Аргуиру, С. Биби, П. Саригуаннидис, Рамочные взгляды и вызовы БПЛА: к защите беспилотников, как вещей, сенсоры. 2018.
3. А. Отто, Н. Агату, Дж. Кэмпбелл, Б. Голден, Э. Пеш, Подходы оптимизации для гражданского применения беспилотных летательных аппаратов или воздушных дронов: съемка, Сети 72 (4) (2018) 411-458.
4. С. Папахристос, М. Камель, М. Попович, С. Хаттак, А. Бирчер, Х. Олейникова, Т. Данг, Ф. Маскаррич, К. Алексис, Р. Зигварт, Автономное планирование траектории разведки и инспекции воздушных роботов с использованием операционной системы робота, в: Операционная система робота (ROS), Springer, 2019.

УДК 681.51(06)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКАНИРОВАНИЕМ ШТРИХ-КОДОВ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ

Серякова Ю.Д., Хрисанова М.А.

руководитель доцент, к.т.н. Веревкина Л.С.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. В эпоху быстрого технического прогресса потребность в автоматизации и эффективных системах считывания информации и распознавании стала первостепенной в промышленности. Точная и быстрая сортировка товаров — ключевая задача, с которой сталкиваются многие предприятия. Однако эффективным решением является интеграция системы управления роботами, сортирующими товары путем сканирования штрих-кода. Используя технологию сканирования штрих-кодов, предприятия могут значительно оптимизировать свои операции, повысить точность и общую производительность. В этой статье исследуются преимущества и функциональность таких систем управления в революционном процессе сортировки.

Современные технологии мобильных роботов, их классификация. Роботы первого поколения - программные. Жестко заданная программа используются в машиностроении, металлургии, атомной

промышленности, для того, чтобы обслуживать станки, печи, прессы, литейные машины.

Роботов второго поколения - адаптивные. Возможность автоматически перепрограммироваться в зависимости от обстановки. Сначала задаются лишь основы программы действий, применяют в основном для сборки деталей, сварки, контроля качества и выполнения других операций. Большое применение эти роботы получили в автоматизированном производстве, быстро перестраиваемом на выпуск новой продукции.

Интеллектуальные роботы обладают возможностью принимать решения или планировать свои действия в распознаваемой им неопределенной или сложной обстановке. Они снабжены современным алгоритмическим обеспечением, обладают способностью зрительно воспринимать модель внешней среды, анализировать и распознавать сходные ситуации и даже понимать язык и вести в устной форме диалог с человеком.

Самая важная особенность этих роботов – способность считывать и распознавать маркировку, формы, цвета в процессе решения задач сортировки, что неограниченно расширяет их возможности. Робот справляется со складской операцией в среднем в 3,5–4 раза быстрее человека и вообще может не ошибаться при сортировке. Складские роботы не требуют больших проходов, что экономит полезную площадь их разнообразие приведено на рис. 1.

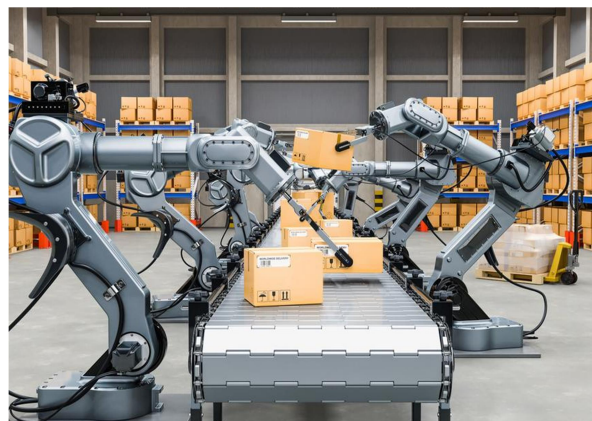


Рис.1 – Интеллектуальные роботы на складах

Разработка структурной схемы. Для повышение эффективности системы управления сканированием штрих-кодов манипуляционных роботов в структуру предлагается включить :

- ;
- АРМ с базой данных программ, маркировок и штрих кодов;
- док станция для зарядки;
- универсальный беспроводной сканер маркировки и штрих кода MAGELLAN 1500I;
- робот манипулятор universal ROBOTICS UR;
- транспортный робот MIR100™;
- аккумуляторы 2шт.

Электронный блок управления это компьютер, который управляет взаимодействием сортировкой, манипулятором в соответствии с алгоритмом, взаимодействует с исполнительными устройствами через *WI-FI*. В ЭБУ заложены алгоритмы и программы робота-сортировщика.

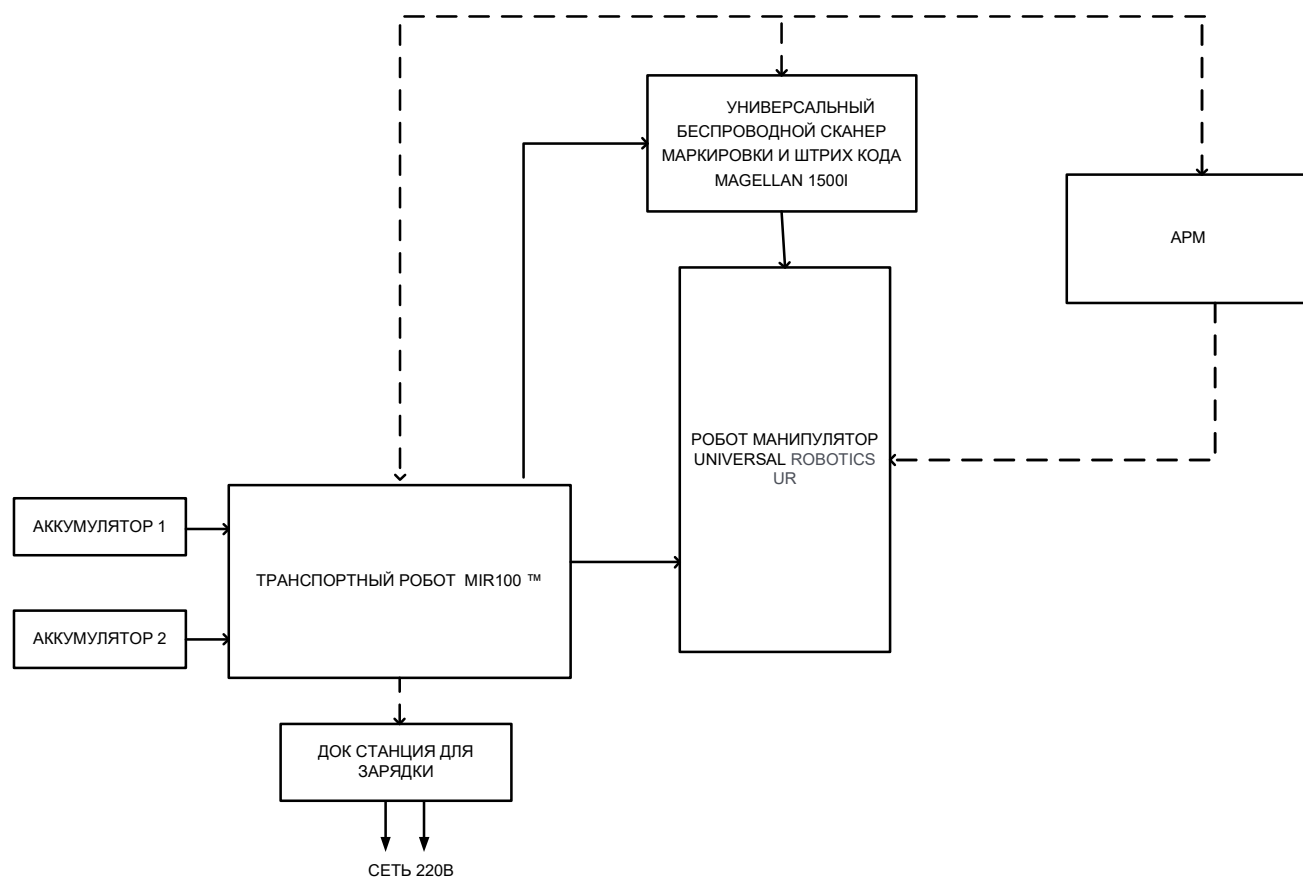


Рис. 2 – Структурная схема системы управления сканированием штрих-кодов манипуляционных роботов

К исполнительным устройствам относится блок управления двигателем, тормозной системой. Также в качестве исполнительных устройств используются такие вспомогательные системы, как манипулятор, сканеры и камера.

Система безопасности включается только при необходимости остановки, или в ручном режиме и индикатор работы робота с цветной подсветкой.

Эффективность и точность. Внедрение системы управления, использующей сканирование штрих-кодов для сортировки товаров, дает многочисленные преимущества, прежде всего с точки зрения эффективности и точности. Сканируя штрих-коды, робот-манипулятор может быстро идентифицировать и классифицировать товары, снижая вероятность человеческой ошибки. Этот автоматизированный процесс обеспечивает стабильные и надежные результаты сортировки, что приводит к повышению производительности и снижению эксплуатационных расходов.

Интеграция. Система управления легко интегрируется с манипулятором, обеспечивая возможность связи и обмена данными в режиме реального

времени. При сканировании штрих-кода система управления получает важную информацию, такую как сведения о продукте, пункт назначения и конкретные инструкции по обращению. Эти данные позволяют роботу принимать обоснованные решения, обеспечивая точную сортировку и правильную маршрутизацию товаров.

Гибкость и адаптируемость. Одним из ключевых преимуществ системы управления сканированием штрих-кода является ее гибкость и адаптируемость. Он может обрабатывать широкий спектр продуктов, независимо от их размера, формы или материала. Систему можно запрограммировать для работы с различными форматами штрих-кодов, что делает ее совместимой с отраслевыми стандартами. Такая адаптируемость гарантирует, что процесс сортировки остается эффективным и результативным независимо от разнообразия характера обрабатываемых товаров.

Улучшение управление запасами. Включив сканирование штрих-кодов в процесс сортировки, предприятия могут улучшить контроль и управление запасами. Каждый сканируемый товар генерирует уникальный идентификатор, что позволяет точно отслеживать товары по всей цепочке поставок. Это облегчает контроль запасов, снижает риск дефицита и предоставляет ценные данные для прогнозирования и оптимизации спроса.

Расширенное обнаружение ошибок и контроль качества. Способность системы управления сканировать штрих-коды позволяет эффективно обнаруживать ошибки и контролировать качество. В случаях, когда сканируются неправильные штрих-коды или товары повреждены или имеют дефекты, система может автоматически перенаправить их в назначенное место для дальнейшей проверки или переработки. Это гарантирует, что на следующий этап цепочки поставок перейдет только качественная продукция, минимизируя недовольство клиентов и снижая возможные потери.

Заключение. Внедрение системы управления работой роботов, сортирующих товары путем сканирования штрих-кодов, производит революцию в процессе сортировки. Интеграция технологии сканирования штрих-кодов обеспечивает эффективную и точную идентификацию, категоризацию и маршрутизацию товаров. Эта система позволяет повысить эффективность, улучшить контроль и оптимизировать управление запасами. Используя это инновационное решение, предприятия могут оптимизировать свою деятельность, повысить производительность и оставаться впереди на растущем конкурентном рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <https://www.nanojam.ru/news/cravnenie-manipulyatorov-rozum-i-universal-robotics-ur> (дата обращения: 04.10.2023).
2. https://geksagon.ru/media/filer_public/a6/9e/a69ea9e7-6c9b-4603-ba27-27291f743578/ru_tekhnicheskaja_spetsifikatsija_dlia_skanera_datalogic_magellan_1500i.pdf (дата обращения: 04.10.2023).
3. <https://www.nanojam.ru/news/cravnenie-manipulyatorov-rozum-i-universal-robotics-ur5> (дата обращения: 04.10.2023).

4. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4750cd92-64551486-241400f7-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/1578597/Mir-Mir100.html?page=7#manual (дата обращения: 04.10.2023).

УДК 656.7.025

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАБОТЫ С ДРОНАМИ ДОСТАВЩИКАМИ

Юров Ю.Ю., Веревкин А.Л.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, г. Таганрог

Введение. В современном мире интернет используется для заказов товаров с доставкой для которой необходимо разработка автоматическая платформа для работы с дронами доставщиками. Основное назначение автоматической платформы — решение проблемы малого времени работы БПЛА коптерного типа (беспилотный летательный аппарат). Аппарат может выполнить зарядку или замену батарей в посадочной станции, и продолжить свою миссию. Также такие платформы могут иметь и другие функции автоматического наземного обслуживания БПЛА — получение грузов, укрытие и хранение БПЛА, обмен данными и т.п.

Цель и задачи. Цель проекта заключается в том, чтобы создать модель автономной платформы, предназначенную для решения задач приема товаров от дронов, зарядки аккумуляторов, выдачи товара, а так же его хранения и защиты от неблагоприятных условий [1].

БПЛА используются для широкого круга задач, таких, как доставка грузов, изучение местности, сбор данных и т.д. Среди существенных недостатков можно выделить маленький объем аккумулятора, уязвимость систем дистанционного управления, и высокий шум. Сама платформа поможет устранить ряд проблем. Она обеспечит комфортную выдачу товара клиенту, и избавит от шума при доставке. Также при посадке дрона на платформу, она будет заряжать аккумуляторы, что позволит увеличить доступную зону покрытия [2 - 5].

Что предлагается разработать:

- 1) удобный сервис, с быстрой доставкой и получением;
- 2) автоматическое функционирование, которое обеспечит автономное функционирование на длинный срок;
- 3) надежное хранение, которое обеспечит защиту от неблагоприятных условий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать схему системы автоматического управления стыковочной платформы;

- 2) разработать систему моделирования стыковочной платформы;
- 3) провести компьютерное моделирование функционирования стыковочной платформы с использованием разработанной системы автоматического управления;
- 4) исследовать надежность подсистем и механизмов. Внести корректировки.

Вид общий автономной платформы приведен на рис.1.

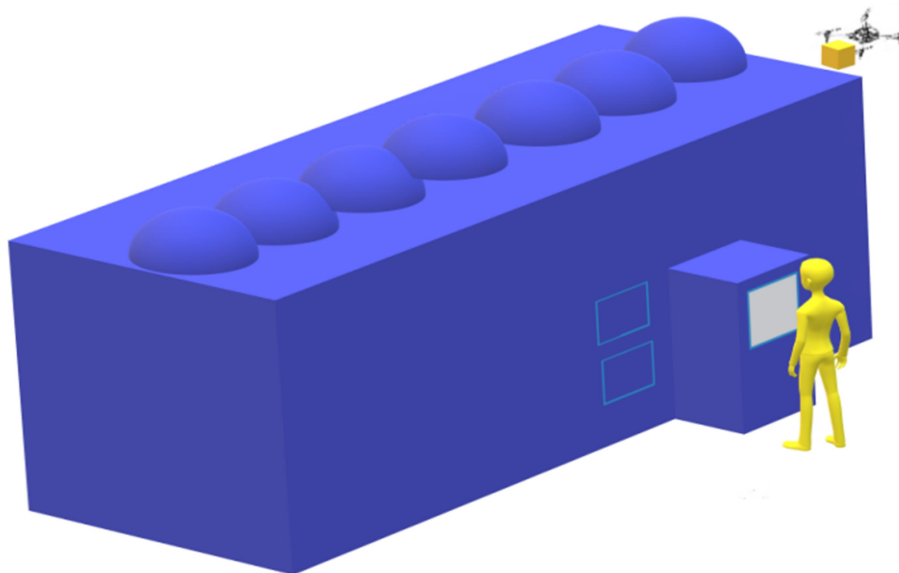


Рис. 1 – Вид общий автономной платформы

Платформа имеет простую форму параллелепипеда. Верхняя часть используется для посадки БПЛА, одна из боковых стенок имеет окно для выдачи товара (см. рис. 1). Внутри находится конвейерная система (рис. 2). Для повышения надежности она оснащена двумя двигателями. В этом случае, если один выйдет из строя, то система продолжит функционировать. Для переключения режимов система оснащена коробкой передач. С использованием конвейерной ленты товар распределяется внутри платформы между отделами хранения [6 - 8].

Процедура доставки товара выглядит следующим образом. БПЛА приземляется на свободную посадочную площадку.

Затем летательный аппарат вместе с грузом отпускается внутрь платформы, где поступает на конвейер. Сенсоры считывают код груза и отправляют в один из подотделов конвейерной ленты при этом запоминая в каком подотделе он находится. Клиент взаимодействует с платформой через терминал, на котором он вводит код. Платформа выбирает товар с соответствующим штрих кодом. Обнаружив груз, система переместит его в место выдачи. Когда груз помещается в место выдачи, перед клиентом открывается одно из окон для получения. Окно выдачи закрывается после удаления товара [9].

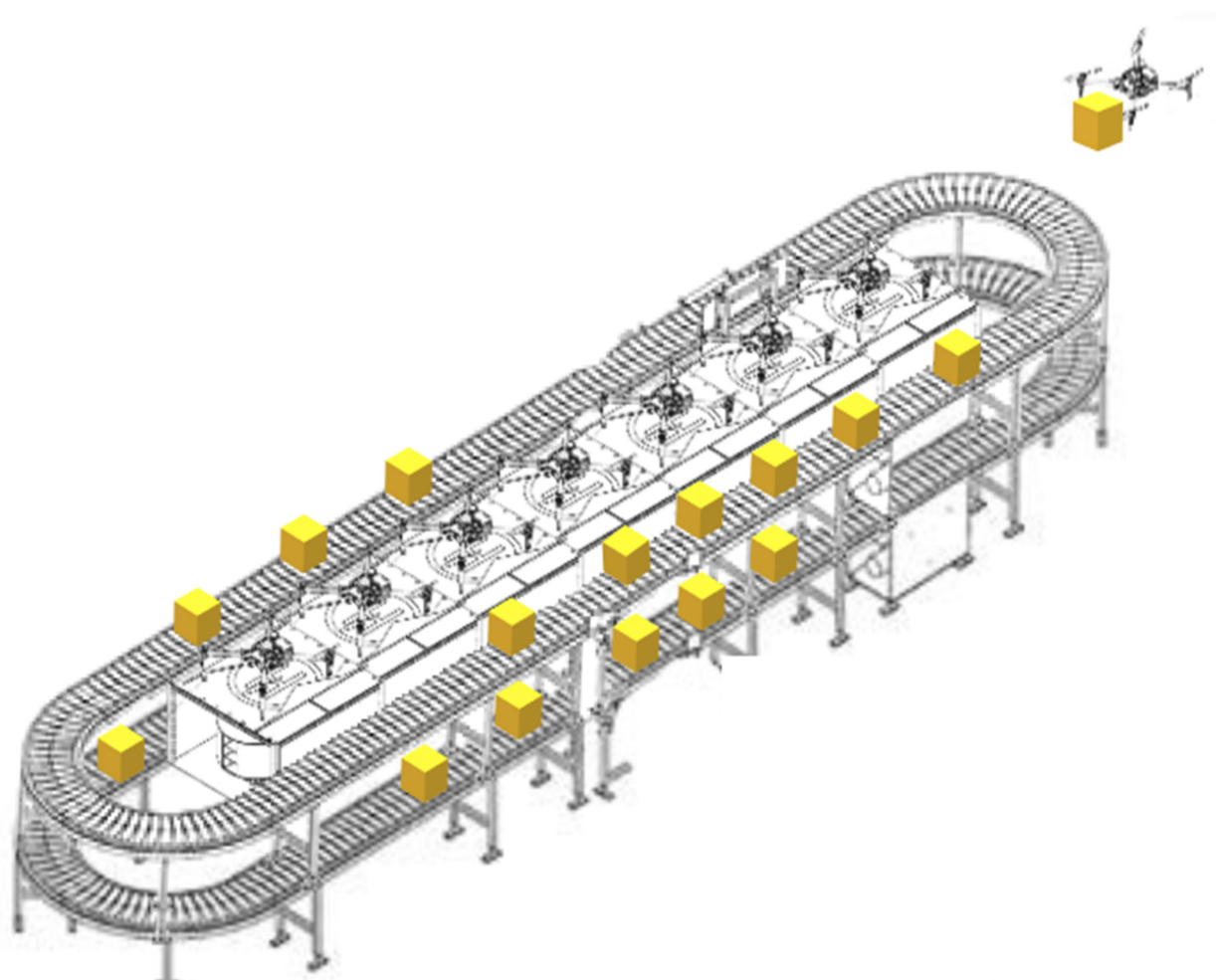


Рис. 2 – Внутреннее устройство автономной платформы

Автономная платформа состоит из следующих элементов:

- вычислительная плата на базе микроконтроллера;
- исполнительные механизмы - двигатели, драйверы, коробка передач;
- система беспроводной связи Wi-Fi 2.4/5.8 ГГц;
- сенсорная система - датчики расстояния, давления и т.д.

Блок управления исполнительными механизмами - драйверы [9]

На рис.3 приведен укрупненный алгоритм функционирования системы и включает следующие этапы.

1. Начало - запуск системы.
2. Инициализация параметров - считываются настройки из файла.
3. Диагностика - (функция) получение результата.
4. Диагностика успешно пройдена - (Вызов процедуры, условие) Если не прошли проверку то, вывод сообщение об ошибке.
5. Если прошли проверку, то запускаются 2 параллельных процесса: основная программа работы платформы и мониторинг состояния.
6. Если в ходе мониторинга обнаружены отклонения, то происходит вывод сообщения об ошибке и дальнейшая обработка, если нет ошибок, то продолжается работа в штатном режиме.

7. Завершение программы – производится, если пользователь остановил программу или произошла критическая ошибка. В другом случае программа продолжает работать [1], [6].

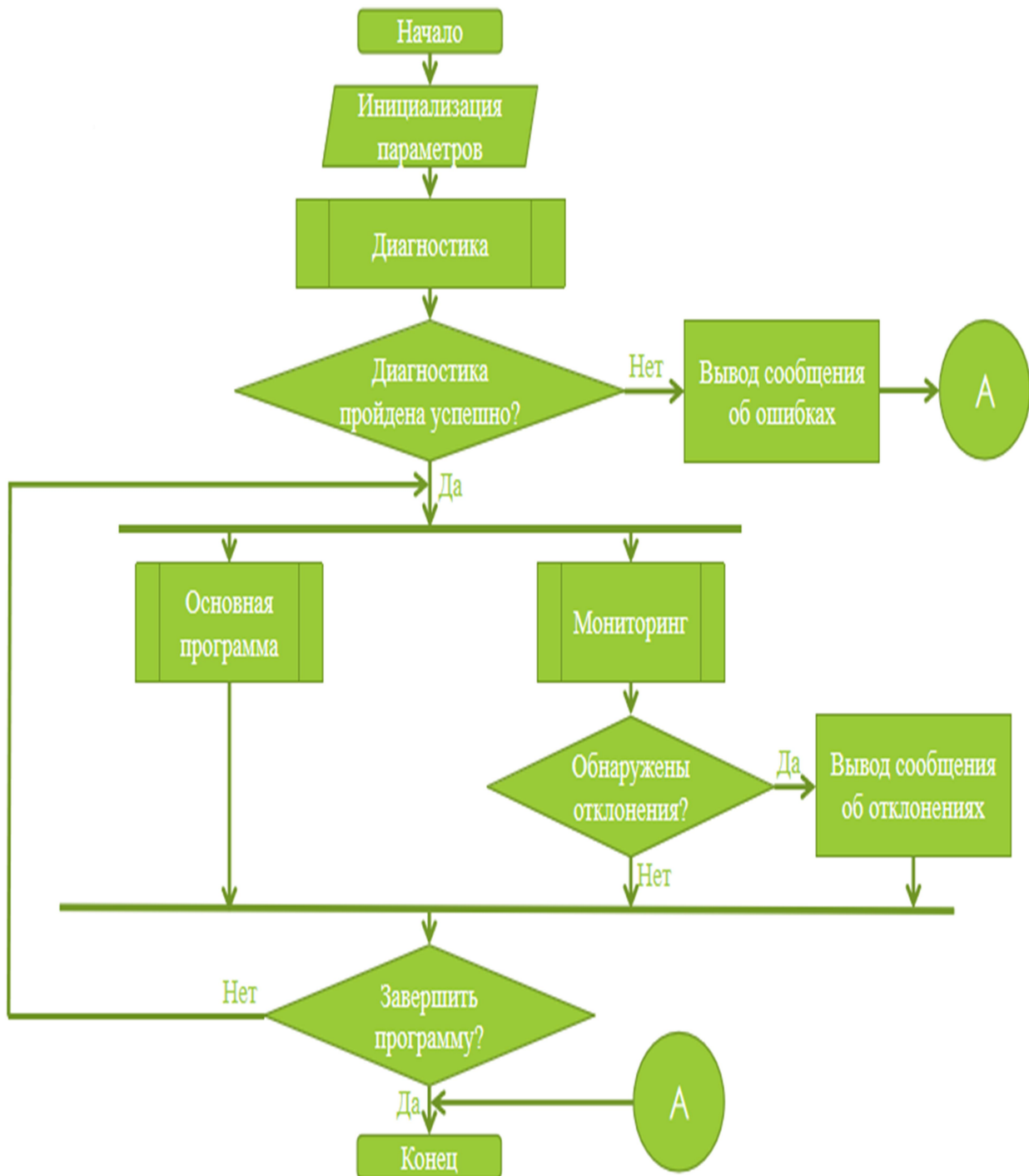


Рис. 3 – Укрупненный алгоритм функционирования системы автономной платформы

Заключение. В заключение следует отметить, что предложенная структура и алгоритм автоматической платформы для работы с дронами доставщикам, позволяют решить проблему с доставкой товаров. Рассмотрев, что такое платформа, как она устроена и для чего предназначена, мы можем

сделать вывод, что на данном этапе, для проекта разработан алгоритм функционирования системы, разработана структурная схема автономной платформы. На следующем этапе предстоит разработать систему моделирования стыковки БПЛА и платформы. Проверить функционирование стыковочной платформы с применением компьютерного моделирования и перейти к разработке демонстрационного макета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL:google.com/patent/US7398946B1/en Дронопорты. Автономные взлетно-посадочные платформы для беспилотников URL:<https://robotrends.ru/robotpedia/avtomatizirovannye-sistemy-dlya-zapuska-bespilotnika>. (дата обращения 20.10.2023г.)
2. Конструируем роботов. Дроны. Руководство для начинающих URL:<https://e-univers.ru/upload/iblock/9df/9df8a4fcffdf7024b9c33c2fe8bbcbd0.pdf> US7398946B1 - Power line sentry charging - Google Patents URL:<https://patents>. (дата обращения 20.10.2023г.)
3. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами URL:<https://mil.ru/files/morf/Sbornik-konferencii-2017.pdf>. (дата обращения 20.10.2023г.)
4. Посадочная платформа для БПЛА вертикального взлета и посадки URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2722249C9_20200724. (дата обращения 20.10.2023г.)
5. Домики для дронов: какие посадочные платформы БПЛА бывают, что внутри, чем отличаются, кто делает и как выбрать нужную \ URL:<https://habr.com/ru/company/innopolis/blog/521948/> (дата обращения 20.10.2023г.)
6. Ключевые отличия автономных БПЛА от обычных дронов, проблемы и перспективы URL: <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/avtonomnye-bpla/>
7. Универсальная беспилотная платформа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-bespilotnaya-platforma/viewer> (дата обращения 20.10.2023г.)
8. Корабль-платформа для БПЛА. URL:<https://topwar.ru/190185-korabl-platforma-dlja-bpla-perspektivnoe-predlozhenie-ili-bessmyslennaja-koncepcija.html> (дата обращения 20.10.2023г.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Дятлов П. А. КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ.....	3
Дятлов П. А. ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАДИОМОНИТОРИНГА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	9
Горелов М.О., Волощенко Ю.П. БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	19
Майдаченко В.В., Волощенко Ю.П. СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ.....	25
Сильченко Е.С., Макаров А.М., Дручинин В. А. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН НА ПРИМЕРЕ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «НАРЗАН».....	30
Дьяков А.В., Меньшиков Н.С., Прокопов И.Р., Кулагин П.С., Шакурн М.А. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ, С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	37
Горбенко А.П., Колесник Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ	43
Байгулов С.Д., Горбенко А.П. УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ КОДА РИДА-СОЛОМОНА.....	47
Михайленко Е.Д. , Зборомирский А.В. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЧЕТЫРЁХКОЛЁСНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМОЙ С ВИДЕО И АУДИО НАБЛЮДЕНИЕМ.....	50
Дао Д.Н., Матвеев А.И. ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО КОЛЁСНОГО РОБОТА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ	54
Ефимов С.Д., Корниенко В.Т. ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СО СЖАТИЕМ И КОРРЕКЦИЕЙ ОШИБОК	59
Русанов Л. А. ПРОБЛЕМАТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ БПЛА ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СТРОЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	62
Качелаев О.В., Светличный Н.И., Полуянович Н.К. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ СИНТЕЗА ОЗОНА МНОГОЯЧЕЙСТЫМ ИМПУЛЬСНО-БАРЬЕРНЫМ АДАПТИВНЫМ ОЗОНАТОРОМ	68
Лазарев В.С. ПЛАНИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРУППЫ РОБОТОВ В НЕКАРТОГРАФИРОВАННОЙ СРЕДЕ	76
Денисенко Н.С., Береснев А.Л. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТВС НА ПИК ДАВЛЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ. СРАВНЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ И ПРОМОДЕЛИРОВАННЫХ ГРАФИКОВ	81

Грунтовский В.И., Савченко Д.А. ПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ WI-FI И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НА СЕРВЕРЕ	85
Алябьев С.И., Кисель Н.Н. РЕКОНФИГУРИРУЕМАЯ НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ БПЛА.....	88
Гузь Е.Э., Кисель Н.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ БПЛА.....	91
Дзущев Р.К., Кисель Н.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ.....	95
Жамаладин Ж. Т., Кисель Н.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ CSRR-РЕЗОНАТОРА НА РАБОЧУЮ ПОЛОСУ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ	100
Алхеджаили Р.Б., Ласприлья Бохоркес Э.А. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ АВТОДОРОГИ.....	105
Веревкин А.Л. МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ ПРИЗНАКИ	109
Веревкина Л.С. СТРУКТУРА ЦИКЛА ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОСВОЕНИЯ И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА РОБОТОТЕХНИКИ	113
Грунтовский В.И., Савченко Д.А. СИСТЕМА И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ЧЕТЫРЕХ КОЛЕСНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ	117
Горшков С.Д., Слюсаренко М. А. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСАДКИ ДРОНА ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ	121
Зайцев Д.Д., Цысарский Е.Е. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ СКЛАДСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ	125
Бучнев К.С., Качура А.Д. АЛГОРИТМ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТЕОДАНЫХ	129
Мисюра В.В. РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ	133
Протасов М.В., Джозефс И.Э. ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДРОНОВ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ	136
Серякова Ю.Д., Хрисанова М.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКаниРОВАНИЕМ ШТРИХ-КОДОВ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ	141
Юров Ю.Ю., Веревкин А.Л. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАБОТЫ С ДРОНАМИ ДОСТАВЩИКАМИ	145

