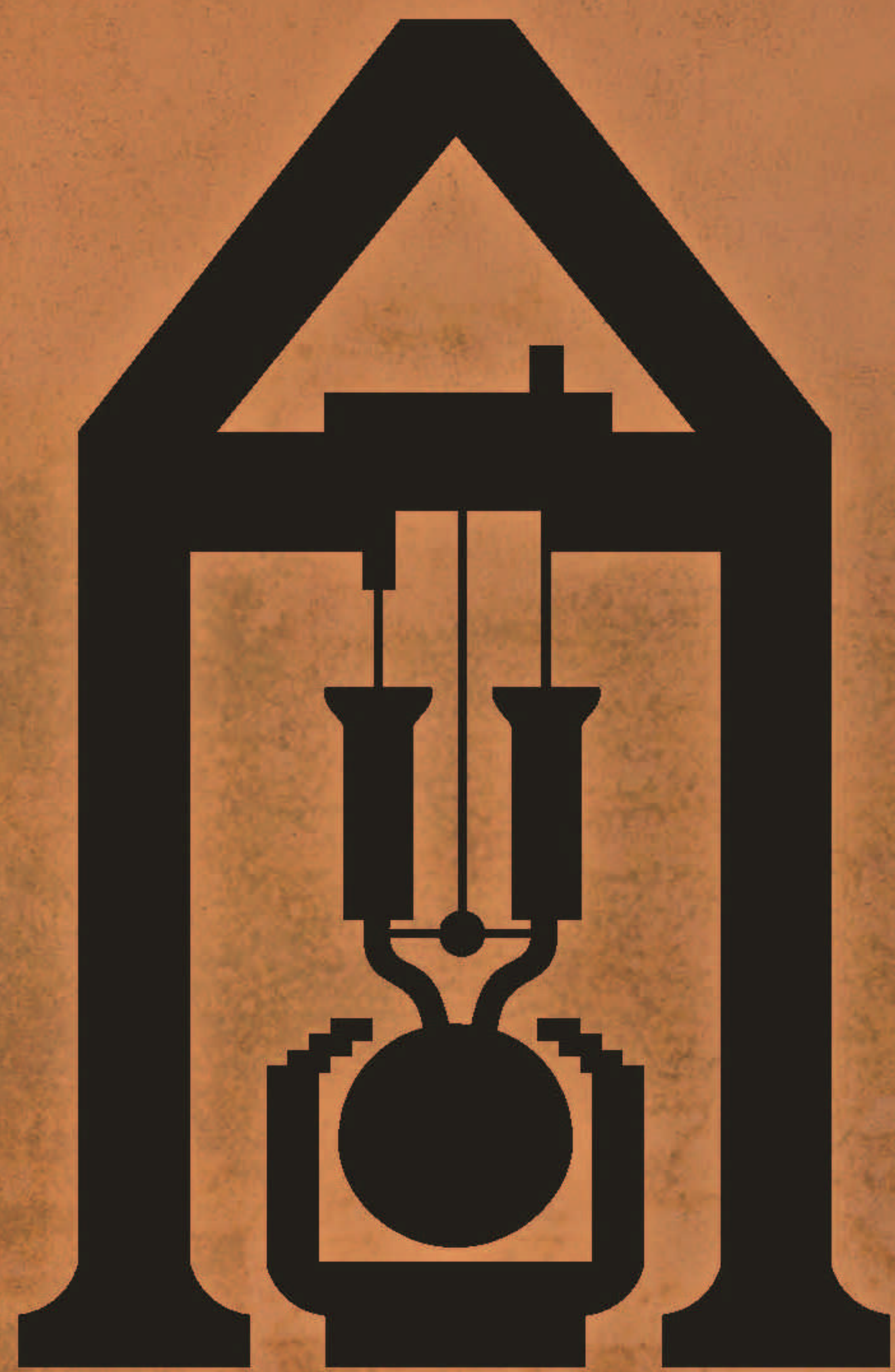


4 2021



**ПОЛЗУНОВСКИЙ
АЛЬМАНАХ**

ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный
технический университет
им. И. И. Ползунова»



**ФАКУЛЬТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

**4
2021**

НА ОБЛОЖКЕ:
Сереброплавильный завод города Барнаула в середине XIX века

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

№ 4 / 2021

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76686.
Выдано 2 сентября 2019 г. Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций РФ

Главный редактор
А. М. Марков

Зам. главного редактора
Е. С. Ананьева

Редакционная коллегия:
С. Б. Поморов
И. В. Харламов
И. Н. Сычева
А. С. Авдеев
С. В. Ананьин
А. С. Баранов
В. И. Полищук

Редакционный совет выпуска:
А. Г. Зрюмова
В. А. Соловьев

Под общей редакцией:
д.т.н., профессора кафедры
«Информационные технологии»
С. П. Пронина

Адрес редакции и издательства:
656038, г. Барнаул,
пр. Ленина, 46,
тел.: 29-09-48

© Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова, 2021 г.

В НОМЕРЕ:**Раздел 1****ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

Т. В. Патрушева, Н. С. Верейкин
БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА
ОСНОВЕ JERK-СИСТЕМЫ СПРОТТА 5

Н. Al. Ouatiq, S. P. Pronin
DESIGNS AND ANALYSIS OF ADAPTIVE
SLIDING MODE CONTROLLERS FOR
UNDEFINED SYSTEMS..... 12

Е. М. Патрушев, Д. Е. Дюскин
К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ
ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ
ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ..... 17

*С. П. Пронин, Р. Б Миндибаев, В. В. Лешукова,
А. П. Орешкова*
ПРОГРАММНЫЙ БЛОК
ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ
СОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ 21

*Д. Н. Храпунов, П. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова,
И. Н. Корякин*
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ
АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ
ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП НА ИЗОБРАЖЕНИИ ДЛЯ
АНАЛИЗА ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ 25

Е. М. Патрушев, И. В. Колосов
К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ
ДАТЧИКОВ РАССТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ
ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ..... 28

И. А. Лысак, Ю. Лю, Г. В. Лысак
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ,
ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ
ДОРНОВАНИЮ ПО СХЕМЕ СЖАТИЯ33

Раздел 2

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

О. Б. Акулова, В. И. Букатый, В. В. Кириллов
ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И
СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В НИЖНЕЙ
ОБИ.....36

*И. А. Суторихин, С. А. Литвиненко,
В. А. Соловьев, А. Р. Каменев*
ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ
ПОДЛЕДНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА РАЗНЫХ
ГЛУБИНАХ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА.....39

Д. О. Мартыниев, П. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ РОТОВОЙ
ПОЛОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ
КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....43

Раздел 3

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Б. С. Первухин, В. Е. Ефремов, О. В. Сунцов
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТИ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ46

С. Г. Кулеш, И. А. Лысак
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ТОЛСТОСТЕННЫХ ВТУЛОК,
ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ
ПОВЕРХНОСТНОМУ ДОРНОВАНИЮ ПО
СХЕМЕ СЖАТИЯ.....49

Н. А. Суковатцов, Т. В. Патрушева
ОБЗОР МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В
ДАТЧИКАХ УРОВНЯ 52

И. С. Шаповров, Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК ПЛОТНОМЕРА
ПОПЛАВКОВОГО ТИПА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ
АГРЕССИВНЫХ СРЕД 57

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян
ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОВОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В
РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ..... 61

А. А. Чепуштанов, Д. М. Пальшин
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ КЛАССОВ
ТОЧНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ..... 65

С. П. Пронин, И. И. Петрова
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ
УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ОТ ИОННОГО
СОСТАВА ПОЧВЫ И ВАРИАБЕЛЬНОГО
ПОТЕНЦИАЛА 68

Раздел 4

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ

И. Д. Королев, В. В. Губарев
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ
ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ
МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК..... 71

О. И. Пятковский
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ
АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИЙ
НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
КОМПОНЕНТОВ 75

Л. И. Сучкова
ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРТНОГО ОПИСАНИЯ
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В НЕЧЕТКИХ
ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ В ПАТТЕРН СИСТЕМЫ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ..... 81

А. С. Авдеев, Д. М. Озерова
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ПОДБОРА ЗАЯВОК НА
ИЗМЕНЕНИЕ МЕСТА РАБОТЫ
СОТРУДНИКОВ ТОРГОВОЙ СЕТИ.....85

М. В. Белоруков
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
РАСЧЕТЕ ФРАКЦИОННОГО СЧЕТА
НАУЧНОЙ СТАТЬИ.....90

Г. А. Розина, Л. И. Сучкова
КОМПЕТЕНТНОСТНО-
ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В
ЦИФРОВОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.....93

В. В. Надвоцкая, А. А. Попов
АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ СЧИТЫВАНИЯ
ПОКАЗАНИЙ БЫТОВЫХ
ПРИБОРОВ УЧЕТА.....96

*Д. Е. Кривобокков, В. А. Соловьев,
Д. Е. Пузик, В. М. Рыжих*
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА
ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ
УПРАВЛЕНИЯ БПЛА И ПИД-
РЕГУЛИРОВАНИЯ.....100

Ю. А. Осокин, И. А. Фёдорова
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ104

Раздел 5

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТАХ

В. М. Кудаева, Ю. А. Осокин.
СЖАТИЕ АНАЛОГОВЫХ РЕЧЕВЫХ
СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ
ПРЕДСКАЗАТЕЛЕЙ.....107

С. П. Пронин, О. А. Шелудченко, Е. С. Кононова
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-
КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СМАРТФОНА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ УСТАНОВКЕ
МИРЫ.....110

В. В. Надвоцкая, А. А. Попов
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СЧИТЫВАНИЯ
ПОКАЗАНИЙ БЫТОВЫХ
ПРИБОРОВ УЧЕТА 113

*А. С. Ахмедов, М. В. Гордиенко, А. И. Чадаев,
В. С. Афонин*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
РАЗМЕРОВ СВОБОДНО ПАДАЮЩИХ
МОНЕТ 116

Д. Е. Кривобокков, В. А. Соловьев, Д. Е. Пузик
ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
СТИРАЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО АНАЛИЗУ ЕЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ
ПОМОЩИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ 119

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН
ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В
РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ..... 122

А. А. Чепуштанов, А. В. Краснов
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САМ-
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В ЖИЗНЕННОМ
ЦИКЛЕ ИЗДЕЛИЯ МЕТОДОМ
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ 126

Е. М. Патрушев, А. С. Лазарев
ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДАТЧИКАХ
БЛИЗОСТИ 128

*Т. В. Котлубовская, А. А. Красилов,
С. В. Горенков, А. А. Калашников*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ 133

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян
ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ
МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА 137

*А. А. Чепуштанов, Д. М. Пальшин,
М. Е. Кизаметдинов, П. Е. Воскобойников*
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САПР ДЛЯ
СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ
МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ТАБЛИЦ140

С. В. Умбетов
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОНТРОЛЯ КОРРОЗИЦИИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ142

*В. С. Падалко, А. Г. Зрюмова, И. С. Каредин,
Н. В. Искуснова*
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО
МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ
ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ 144

Дата выхода в свет 30.12.2021 г. Цена 480 руб.

Учредители журнала:

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова*

УДК 53.087.7

БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ JERK–СИСТЕМЫ СПРОТТА

Т. В. Патрушева, Н. С. Верейкин

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена бифуркационному анализу Jerk–системы Спротта применительно для использования в качестве измерительного преобразователя. Осуществляется нахождение граничных значений коэффициентов Jerk–системы при которых в ней наблюдается хаос. Рассмотрена эволюция поведения хаотической системы в зависимости от значений коэффициентов уравнения системы. Были получены однопараметрические и двухпараметрические бифуркационные диаграммы. Делается вывод о возможности построения измерительных преобразователей на основе Jerk–системы Спротта для обнаружения периодических сигналов в датчиках.

Ключевые слова: локальная бифуркация, автономный генератор хаоса, бифуркация устойчивости периодического движения, обнаружение сигналов.

Введение

Среди доступных для реализации простых динамических систем, демонстрирующих хаос, одной из самых известных является Jerk–система Спротта [1]. Система описывается уравнением (1):

$$\ddot{x} + A\dot{x} + Bx = C(\operatorname{sgn}(x) - x), \quad (1)$$

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} -1, & x \in (-\infty; 0) \\ 0, & x = 0 \\ 1, & x \in (0; +\infty) \end{cases}. \quad (2)$$

Данная система обладает исключительной простотой практической реализации и в настоящей работе осуществляется анализ возможности применения этого генератора хаоса для задач обнаружения периодических сигналов в условия действия случайных помех.

Анализ локальных бифуркаций

У систем, демонстрирующих хаос, есть состояние равновесия, которому отвечает точка в пространстве фазовых координат системы. Для нахождения точек равновесия уравнение (1) можно переписать в виде трех обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = z \\ \dot{z} = C \cdot (\operatorname{sgn}(x) - x) - A \cdot z - B \cdot y \end{cases}, \quad (3)$$

где x, y, z – динамические переменные [2].

Далее, заменим производные \dot{x} , \dot{y} и \dot{z} нулями и решим систему относительно x, y, z . В результате получим точки равновесия:

$$X_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, X_2 = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, X_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Для анализа системы на устойчивость необходимо найти собственные значения матрицы, которые можно получить из характеристического уравнения (5):

$$M = |J - \lambda \cdot E|, \quad (5)$$

где J – якобиан системы уравнений (3) для точек равновесия X_1 и X_2 , E – единичная матрица:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -C & -B & -A \end{pmatrix}, E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$M(\lambda, x, y, z) = -A \cdot \lambda - B \cdot \lambda^2 - \lambda^3 - C. \quad (7)$$

Для нахождения корней уравнения (7) необходимо приравнять его к нулю. В результате решения данного уравнения при $A=3$, $B=1.5$ и $C=5$ получаются корни: $\lambda_1 = -3.046$, $\lambda_2 = 0.023 - 1.28i$, $\lambda_3 = 0.023 + 1.28i$. На рисунке 1 изображен неустойчивый фокус при заданных коэффициентах A, B и C .

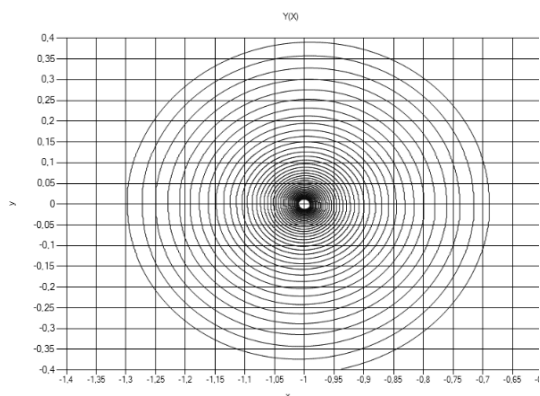


Рисунок 1 – График нарастания возмущения от точки равновесия с координатами $(-1, 0, 0)$ при $A=3, B=1.5, C=5$

Для исследования диапазона значений коэффициентов A, B, C , при которых будет сохраняться вид корней, нужно найти граничные значения каждого из коэффициентов при неизменных значениях двух оставшихся коэффициентов.

При значении коэффициентов $A = 3.333, B = 1.5, C = 5$ действительная часть корней уравнения принимает значение близкое к нулю и можно наблюдать вид движения «центр» (рисунок 2) вблизи точки равновесия $(1, 0, 0)$ [3]. Корни уравнения (7): $\lambda_1 = -3.333, \lambda_2 = 0.000019 - 1.224i, \lambda_3 = 0.000019 + 1.224i$.

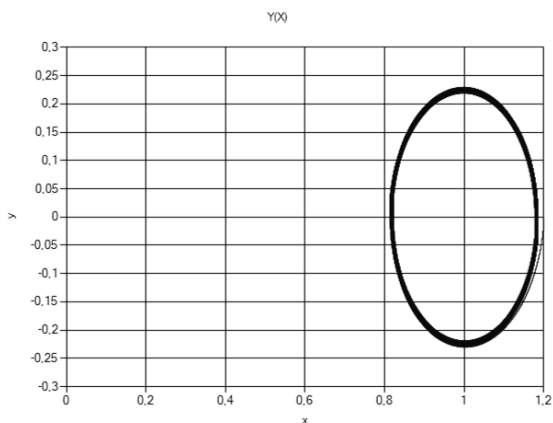


Рисунок 2 – Проекция фазовой траектории на плоскость $ХОУ$ для системы Спротта (1) при $A = 3.333, B = 1.5, C = 5$

Данный вид движения говорит о том, что колебания системы практически не усиливаются и не ослабевают. Зависимость динамической переменной x от времени t наглядно демонстрирует данный процесс (рисунок 3).

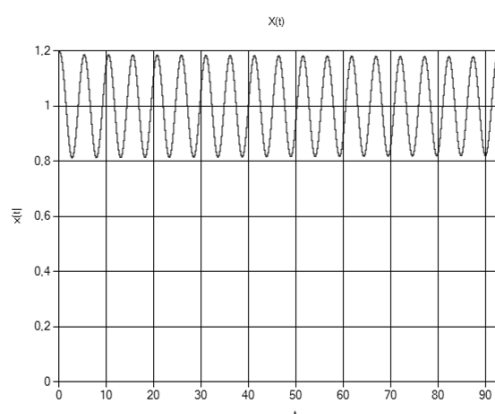


Рисунок 3 – Зависимость эволюции динамической переменной x от времени t , полученная интегрированием уравнения Спротта при $A = 3.33, B = 1.5, C = 5$

У коэффициентов уравнения (7) хаотической $JeKk$ -системы Спротта есть интервал значений, в пределах которого можно исследовать данную систему. В данном случае, если уменьшать значение коэффициента A , то начинает заметно возрастать действительная часть корней уравнения. Это говорит о том, что характер поведения системы теряет свою устойчивость (рисунок 4).

При значении коэффициентов $A = -3.89, B = 1.5, C = 5$ получаются чисто действительные корни уравнения. В данном случае эволюция движения системы максимально быстро удаляется от точки равновесия, поскольку присутствуют положительные корни (рисунок 5). Корни уравнения (7): $\lambda_1 = 2.286, \lambda_2 = 2.493, \lambda_3 = -0.878$.

При изменении значения коэффициента B также можно получить вид движения «центр» (рисунок 6) вблизи точки равновесия $(1, 0, 0)$. Значения постоянных коэффициентов будут равны $A = 3, B = 1.667, C = 5$. Корни уравнения (7): $\lambda_1 = -2.999, \lambda_2 = 0.000046 - 1.291i, \lambda_3 = 0.000046 + 1.291i$.

При значении коэффициента $B = 1.667$ можно также увидеть, что амплитуда колебаний системы остается практически неизменной (рисунок 7).

Коэффициент B также может принимать значение, при котором получаются только действительные корни уравнения системы (рисунок 8). В таком случае значения коэффициентов будут равны: $A = 3, B = -9, C = 5$. Корни уравнения (7): $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 1, \lambda_3 = -5$.

БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ JERK-СИСТЕМЫ СПРОТТА

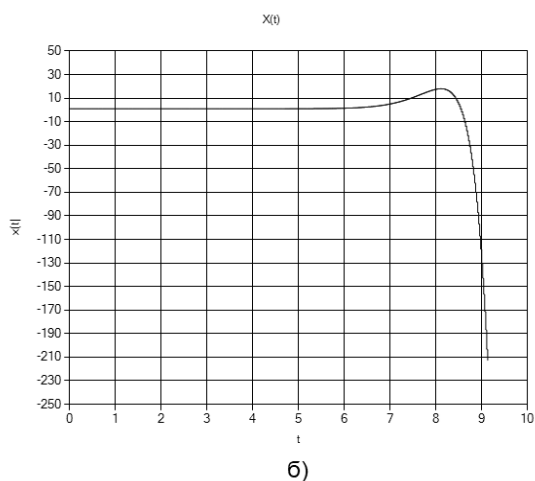
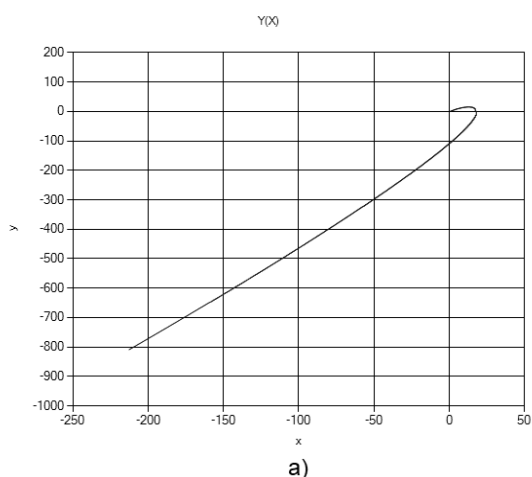


Рисунок 4 – Результат интегрирования уравнения Спротта (1) при $A = -3.5$, $B = 1.5$, $C = 5$:
а) проекция фазовой траектории на плоскость XOY ; б) зависимость эволюции динамической переменной x от времени t

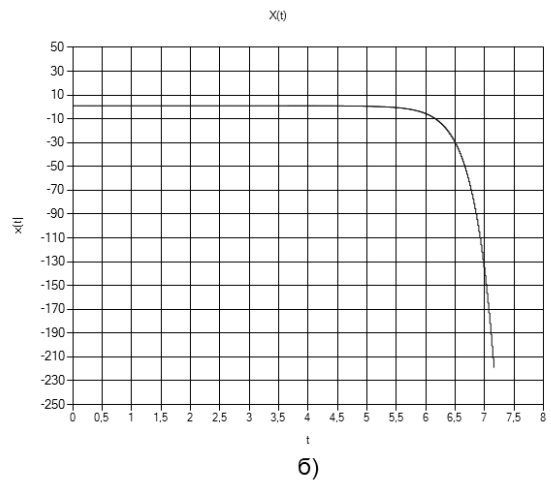
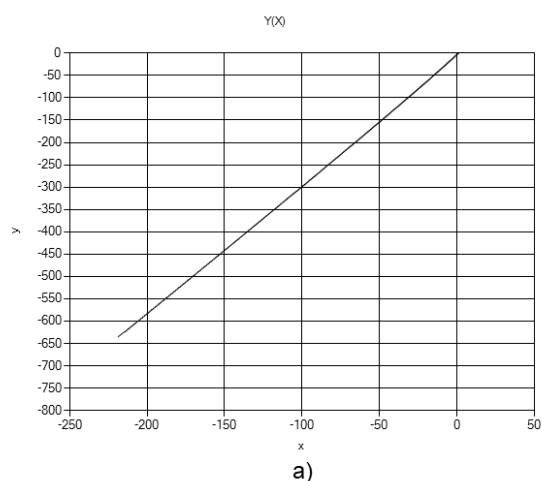


Рисунок 5 – Результат интегрирования уравнения Спротта (1) при $A = -3.9$, $B = 1.5$, $C = 5$: а) проекция фазовой траектории на плоскость XOY ; б) зависимость эволюции динамической переменной x от времени t

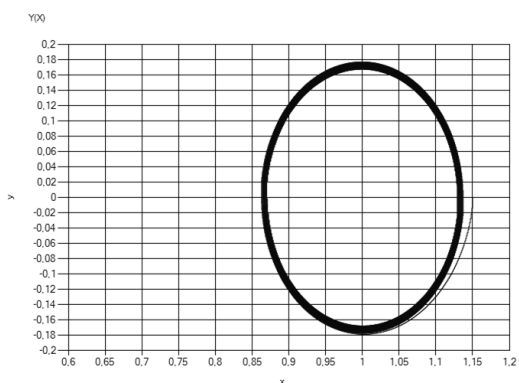


Рисунок 6 – Проекция фазовой траектории на плоскость XOY для системы Спротта (1) при $A = 3$, $B = 1.667$, $C = 5$

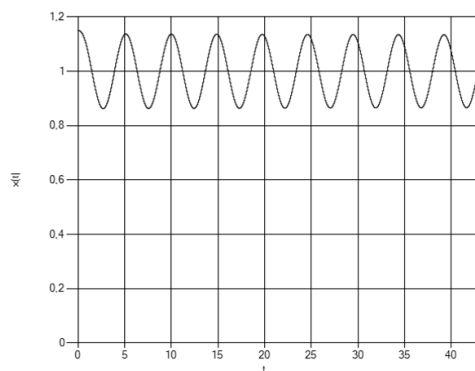


Рисунок 7 – Зависимость эволюции динамической переменной x от времени t , полученная интегрированием уравнения Спротта при $A = 3$, $B = 1.667$, $C = 5$

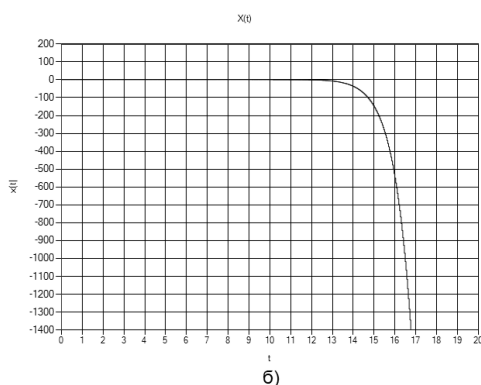
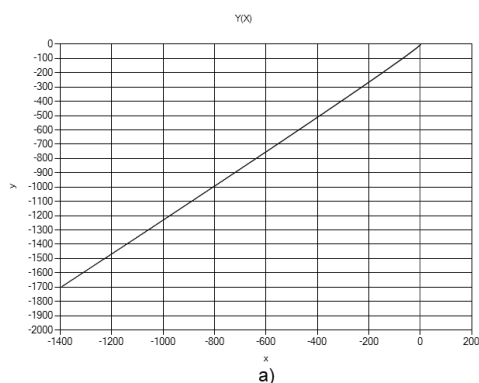


Рисунок 8 – Результат интегрирования уравнения Спротта (1) при $A = 3$, $B = -9$, $C = 5$: а) проекция фазовой траектории на плоскость $ХОУ$; б) зависимость эволюции динамической переменной x от времени t

При значении коэффициентов $A = 3$, $B = 1.5$, $C = 4.5$ эволюция движения системы также принимает вид движения «центр» (рисунок 9) вблизи точки равновесия $(1,0,0)$, когда колебания системы практически остаются неизменными с течением времени. Корни уравнения (7): $\lambda_1 = -3$, $\lambda_2 = -1.224i$, $\lambda_3 = 1.224i$.

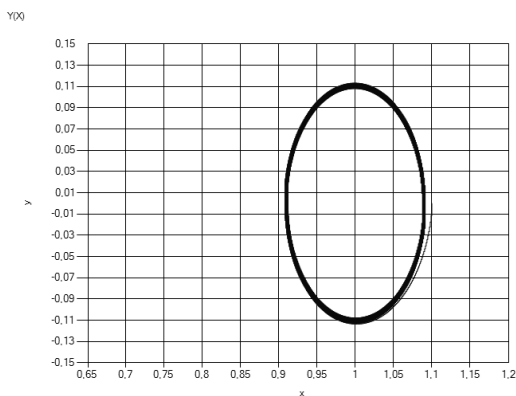


Рисунок 9 – Проекция фазовой траектории на плоскость $ХОУ$ для системы Спротта (7) при $A = 3$, $B = 1.5$, $C = 4.5^*$

При увеличении значения коэффициента C начинает заметно увеличиваться мнимая часть корней уравнения. На графике увеличивается шаг спирали системы. Чем больше значение коэффициента, тем больше будет шаг (рисунок 10). Корни уравнения (7) при $C = 50$: $\lambda_1 = -4.831$, $\lambda_2 = 0.915 + 3.083i$, $\lambda_3 = 0.915 - 3.083i$.

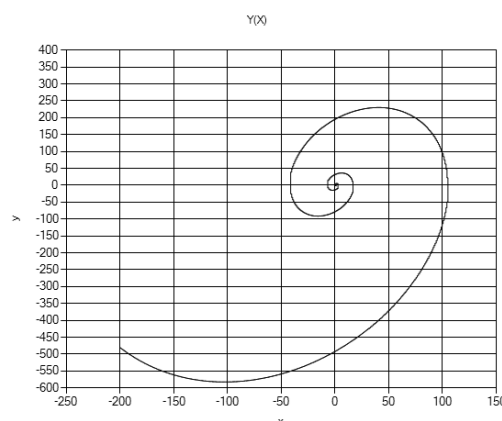


Рисунок 10 – Проекция фазовой траектории на плоскость $ХОУ$ для системы Спротта (7) при $A = 3$, $B = 1.5$, $C = 50$

Таким образом получаем интервалы исследования хаотической системы при $A \in (-3.89; 3.333)$, $B \in (-9; 1.667)$ и $C \in (4.5; +\infty)$. Но данные интервалы действительны только в том случае, когда изменяется значение только одного из коэффициентов, а другие два остаются неизменными.

Для нахождения интервалов исследования при изменении значений двух и более коэффициентов необходимо воспользоваться критерием Рауса–Гурвица [4].

Используя характеристическое уравнение (7), нужно изменить знак в уравнении так, чтобы слагаемое высшей степени было положительным:

$$\lambda^3 + A \cdot \lambda^2 + B \cdot \lambda + C = 0. \quad (8)$$

Коэффициенты уравнения a_0, a_1, a_2, a_3 для составления определителей $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ по критерию Гурвица: $a_0 = 1$, $a_1 = A$, $a_2 = B$, $a_3 = C$.

$$\Delta_1 = A, \quad (9)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_0 \\ a_3 & a_2 \end{vmatrix} = A \cdot B - C, \quad (10)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & 0 & a_3 \end{vmatrix} = A \cdot B \cdot C - C^2. \quad (11)$$

Так как Δ_1 является положительным, нужно выяснить при каких условиях Δ_2 и Δ_3 проходят через ноль. Для этого необходимо

БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ JERK-СИСТЕМЫ СПРОТТА

приравнять определители к нулю, объединив их в систему уравнений (12), и решить относительно A , B и C :

$$\begin{cases} A \cdot B - C = 0 \\ A \cdot B \cdot C - C^2 = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Результат при решении относительно A :

$$A = \frac{C}{B}.$$

Результат при решении относительно B :

$$B = \frac{C}{A}.$$

Результат при решении относительно C :

$$C = A \cdot B.$$

Если взять исходные значения коэффициентов системы, можно определить границы исследования при помощи критерия Гурвица.

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= A = 3, \\ \Delta_2 &= A \cdot B - C = -0.5, \\ \Delta_3 &= A \cdot B \cdot C - C^2 = -2.5. \end{aligned}$$

Следовательно границы:

$$\begin{aligned} A_{max} &= \frac{C}{B} = 3.333, \\ B_{max} &= \frac{C}{A} = 1.667, \\ C_{min} &= A \cdot B = 4.5. \end{aligned}$$

При изменении одновременно двух коэффициентов системы, например $A = 0.5$ и $C = 5$, можно найти максимальное значение коэффициента B :

$$B_{max} = \frac{C}{A} = 10.$$

Аналогично, если взять $B = 0.5$ и $C = 5$, то максимальное значение для A будет равно:

$$A_{max} = \frac{C}{B} = 10.$$

Анализ устойчивости периодического движения

Одним из известных способов исследования динамики нелинейных систем является построение однопараметрических и двухпараметрических бифуркационных диаграмм – карт динамических режимов.

Построение бифуркационных диаграмм предполагает использование численных методов решения системы дифференциальных уравнений. Система (3) имеет 3 параметра, качественно определяющих ее динамику: A , B и C . При построении двухпараметрических

бифуркационных диаграмм предполагается, что нужно зафиксировать один из параметров, а другие два могут быть произвольно изменены.

Для построения диаграмм используется программное обеспечение для моделирования хаотических аттракторов [5] (рисунок 11, 12). Цветом, согласно легенде к рисунку, обозначается динамический режим. При построении диаграммы выполняется численное решение системы (3) методом Рунге–Кутты 4-го порядка.

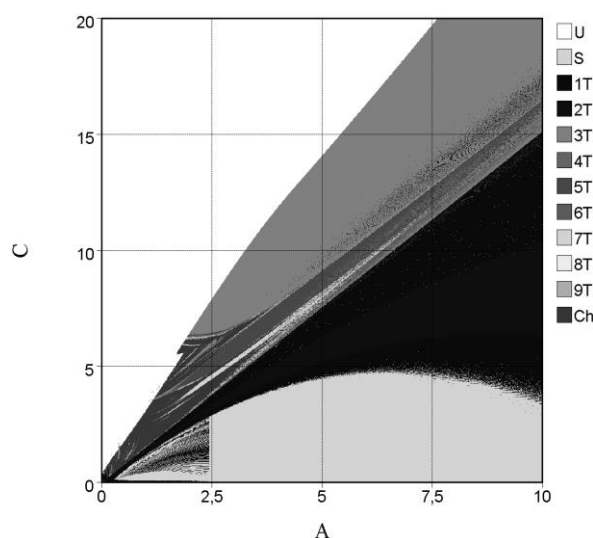


Рисунок 11 – Двухпараметрическая бифуркационная диаграмма – карта динамических режимов Jerk-системы Спротта при $A \in (0; 10)$, $B = 1.5$

Рассмотрение двухпараметрических бифуркационных диаграмм позволяет увидеть, что система включает в себя разнообразие колебательных режимов таких, как периодические колебания разных периодов и зоны хаоса.

С помощью двухпараметрической бифуркационной диаграммы необходимо выбрать такую границу, где периодическая область с небольшим периодом находится в непосредственной близости с областью хаоса. Такая граница может означать наличие касательной бифуркации. Это создаёт возможность осуществления обнаружителя периодических сигналов на фоне случайных помех. Суть метода обнаружения сводится к тому, что параметры динамической системы настраиваются близко к границе между хаотическим и периодическим режимом [6].

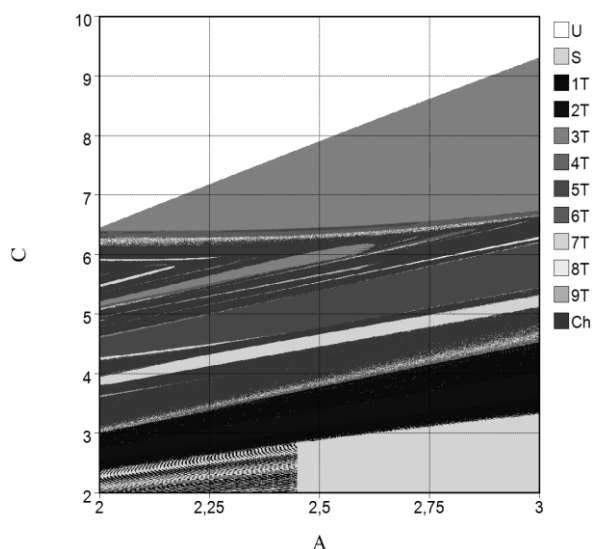


Рисунок 12 – Двухпараметрическая бифуркационная диаграмма Jerk–системы Спротта при $A \in (2; 3)$, $B = 1.5$

При подаче в систему измерительного сигнала её динамика может измениться. Если измерительный сигнал содержит периодическую составляющую определённой частоты, то произойдёт бифуркация, вид движения сменится на периодический, что будет зафиксировано детектором вида движения. Такому условию удовлетворяет верхняя граница области с периодом 3, центр которой имеет координаты $A = 2.5$, $C = 6$.

Для более детального анализа границы между периодическими и хаотическими коле-

баниями используются однопараметрические бифуркационные диаграммы (рисунки 13–15), где одновременно фиксируются два параметра, а третий изменяется в заданном диапазоне. По вертикали откладывается одна из координат точек, попадающих в сечение Пуанкаре, в данном случае XOY.

Внешний анализ иллюстраций подтверждает, что на выбранной границе действительно переход к хаосу от периодического движения происходит за одну бифуркацию. Детальное рассмотрение рисунков 13–15 позволяет выбрать точки–кандидаты, соответствующие границам бифуркаций и которые могут быть использованы для построения обнаружителя периодических сигналов: $(A=2, B=1.5, C=5.22)$, $(A=2.25, B=1.5, C=5.65)$ и $(A=2.5, B=1.5, C=6.075)$.

Выводы

Практическое осуществление обнаружителей на основе генераторов хаоса является исключительно простым. Основная задача, решаемая при построении таких обнаружителей, состоит в выборе подходящей системы для реализации и оптимизации её параметров. В настоящей работе для построения обнаружителя периодических сигналов впервые предложено использовать автономный генератор хаоса.

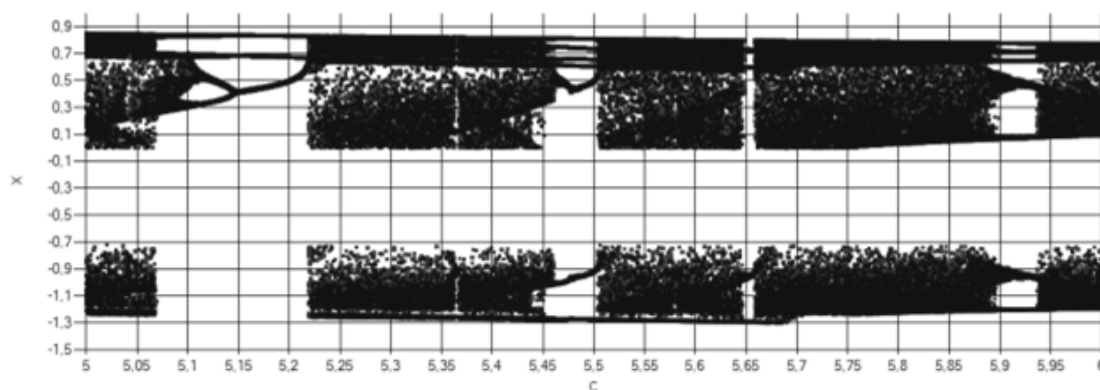


Рисунок 13 – Однопараметрическая бифуркационная диаграмма Jerk–системы Спротта при $A = 2$, $B = 1.5$

БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ JERK-СИСТЕМЫ СПРОТТА

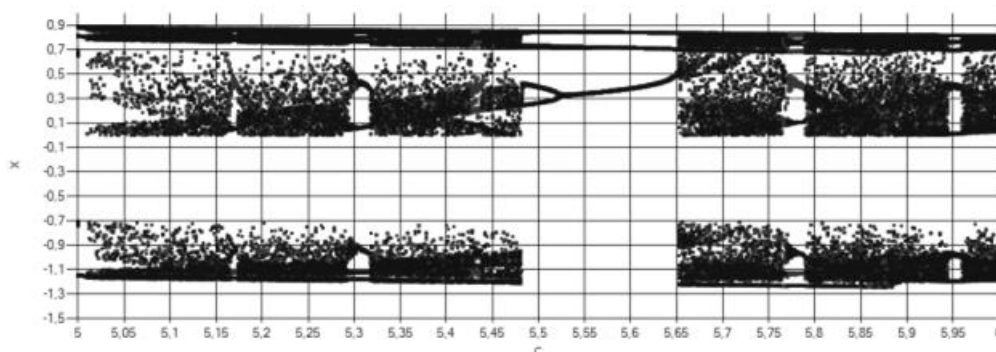


Рисунок 14 – Однопараметрическая бифуркационная диаграмма Jerk–системы Спротта при $A = 2.25$, $B = 1.5$

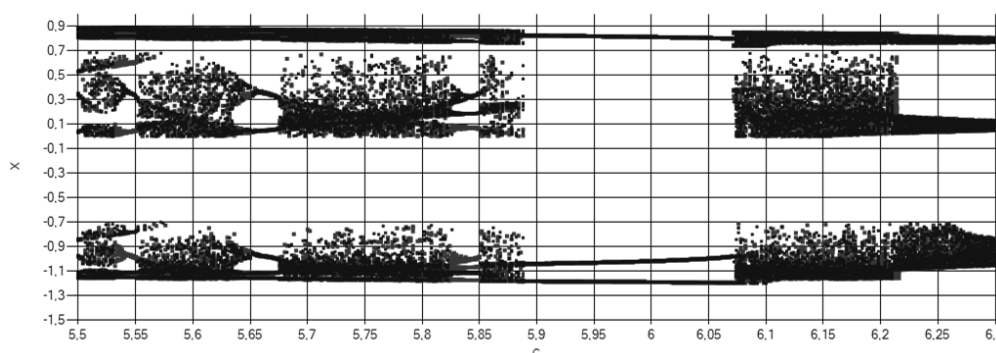


Рисунок 15 – Однопараметрическая бифуркационная диаграмма Jerk–системы Спротта при $A = 3$, $B = 1.5$

В сравнении с известными обнаружителями на основе неавтономных систем предлагаемый вариант не требует наличия опорного сигнала в схеме обнаружителя. Также, нет необходимости знать начальную фазу обнаруживаемого периодического сигнала, поскольку генератор хаоса войдёт в синхронизацию с внешним сигналом при условии обеспечения требуемой частоты. Определённые в настоящей работе граничные точки ещё требуют проверки на возможность обеспечения способности построенного генератора хаоса к обнаружению сигналов, что потребует проведения дополнительных численных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Piper, J.R. Simple Autonomous Chaotic Circuits / J.R. Piper, J.C. Sprott // IEEE Transactions on Circuits and Systems – II: Express Briefs. – 2010. – Vol. 57, №1. – P. 730–734.
2. Анищенко, В.С. Детерминированный хаос / В.С. Анищенко. – Текст: непосредственный // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №6 – С. 70–76.
3. Пиголкина, Т.С. Автономные системы. Фазовые траектории. Элементы теории устойчивости / Т.С. Пиголкина. – Москва: Московский физико–

технический институт, 2013. – 40 с. Текст: непосредственный.

4. Постников, М.М. Устойчивые многочлены / М. М. Постников. – Москва: Наука, 1981. – 176 с. Текст: непосредственный.

5. Макаров, А.А. Разработка программного обеспечения для моделирования хаотических аттракторов и оптимизации параметров измерительных преобразователей на их основе / А.А. Макаров, Е.М. Патрушев. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2020. – №4. – С. 18–21.

6. Patrusheva, T.V. Model of the transducer based on Murali–Lakshmanan–Chua non-autonomous chaotic oscillator for discrete sensors intended for monitoring production processes/ T. V. Patrusheva// Journal of Physics: Conference Series, 2019, Vol. 1333. The International Conference "Information Technologies in Business and Industry" 18–20 February 2019, Novosibirsk, Russian Federation. Iss. 2 – Mathematical simulation and computer data analysis. – 032062

Патрушева Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры ИТ, e-mail: attractor13@gmail.com;

Верейкин Никита Сергеевич – магистрант кафедры ИТ, e-mail: n.vereykin@yandex.ru.

DESIGNS AND ANALYSIS OF ADAPTIVE SLIDING MODE CONTROLLERS FOR UNDEFINED SYSTEMS

H. Al. Ouatiq¹, S. P. Pronin²

¹Siemens Gamesa Renewable Energy,
Brande,

²Polzunov Altai State Technical University,
Barnaul

This article provides an overview of various sliding mode controllers and their algorithms, as a modern issue for WECS that operate in uncertain conditions. Traditional first-order and high-order sliding modes shall be observed given a theoretical basis.

Keywords: sliding mode control, twisting algorithm, first-order algorithm of Plestan, integral high-order algorithm, high-order sliding mode control.

Introduction

Control remains one of the most critical problems when it comes to heavy uncertainty condition. It is true that there is a huge number of complex and sophisticated methods such as adaptation that is based on identification and observation, or other absolute stability methods, the most evident methods to resist uncertainty is to impose restrictions via “brutal force”. Furthermore, that eliminates one uncertainty dimension. The approach that we are interested in is the sliding mode approach, it is considered as an effective way to achieve a design of robust controllers for high order nonlinear plants that are considered complex and operate in unsure conditions. The investigations and studies in this area were conducted in the Soviet Union during 1950s of the last century. Since then, research concerning the methodology of sliding mode control gained more attention following the development of electronic technology. Various implementations had been found for sliding mode control in the fields of fault tolerant control, robust control, and fault reconstruction. Their superiority lays in the fact that they are robust and resistant to external interference. In comparison with traditional sliding mode control high order sliding mode control performs better due to the continuation of their output, as well, they do not require filtering. Adaptive sliding mode controllers do not require awareness of uncertainties. Yet, it cannot ensure region and its convergence.

Robust finite-time stability of nonlinear systems that operate in uncertain conditions had gained much practical significance. The uncertainties are presumed to be constrained which is hard to achieve, even as affecting the stable

equilibrium in many cases. There has been a growing demand for alternative sources of energy during the last decade. Wind energy is one of the dominant options when it comes to renewable energy, and the improvement of WECS (wind energy conversion systems) is closely reliant on the improvement of the control for these systems, it is known as the MPPT (maximum power point tracking technique) [15]. A neural gas network-based field-oriented controller was adopted in order to achieve ideal tip speed ratio as well as active power [2]. Some new sliding mode controllers for WECS had been presented by professors B. Beltran, N. Bolouki [1], but all of them didn't take into consideration external disturbances such as wind speed limits. In order to achieve robustness, the coefficients of these controllers should be adjusted frequently, in accord with the varying perturbations. The estimation of energy production based on wind resource is a highly uncertain process, the bound of wind speed variation affects the control of WECS. Thus, robust control of WECS has gained significance both in theory and in practice. Such uncertainties tend to be constrained physically, but the identification of these constraints is hard to achieve, yet it affects the control of WECS. The challenge is to develop a robust controller for WECS without upper constraints of the uncertainties needed.

Prof. Y.J. Huang developed an adaptive controller that assures convergence free of bound values, however the algorithm itself increases the gain, that may result in over-estimations [6]. Another controller of a bounded uncertain system that didn't have the gain over-estimation was proposed in 2010 by F. Plestan [12]. However, this algorithm couldn't assure the

sliding variable convergence to a promised range. For another algorithm the gain was tuned accurately to get enough value to oppose the uncertainty, however its state still exceeded the range [5].

One more adaptive twisting controller can constantly force the sliding uncertainties and its first derivative to zero bearing unknown constraints [7]. While an adaptive twisting sliding mode controller without gain over-estimation was presented in a scientific journal by L. Fridman, it could be considered a further development of the previous controller [3].

A new adaptive twisting sliding mode controller that focuses on reducing the chattering effect was presented in M. Taleb's article in 2012 and it was applied for the system of electro-pneumatic actuators [13]. Another adaptive integral high-order sliding mode controller that doesn't require upper bound of uncertainties data was presented in S. Mondals work [10]. S. Laghrouche presented an adaptive sliding mode controller that converges integrators' perturbed chains to a range of zero regardless the uncertainties constraints [8]. Prof. Negrete proposed a twisting adaptive sliding mode controller alongside an observer with unknown boundaries [11]. A high-order adaptive sliding mode controller was designed based on a first-order adaptive sliding mode control operating in uncertain conditions [14].

Adaptive Sliding Mode Control

Sliding mode control represents one of the common strategies for the control of nonlinear systems that operate in uncertain conditions and has a wide range of applications. The robustness of the closed-loop system and the finite-time convergence are its main characteristics due to the implementation of the discontinuous function and high control gain. Nevertheless, its design demands the knowledge of uncertainties bound, and that could be, to a practical extent, hard to achieve, leading to the over-estimation of the bound and unrestrained gain as a result. Thus, the sliding mode control's main disadvantage is the chattering phenomenon, and that could easily damage the system and actuators. There are some ways to reduce this phenomenon, for example, the usage of a boundary layer, and many methods were developed proposing tolerable controller gains tuning.

Another method is to decrease this phenomenon is to turn to a higher-order sliding mode controller. Yet, in both of these approaches, awareness of uncertainties is demanded. Since the objective is to get independence from knowing the bound of uncertainties, another

method in applying adaptive sliding mode is based on the approach of ensuring the control gain by a dynamical adaptation, with the goal of limiting this gain to the smallest values possible while sufficiently opposing the perturbations. This could be challenging concerning its application, because in most cases gains are over-estimated.

Control gain in the research of Y.J. Huang, depends directly on sliding variables: the sliding mode is not settled, gain dynamics equals zero so the control gain is expanding [6]. One of the main disadvantages of this method is over-estimation of the gain depending on uncertainties bound. Therefore, this method isn't effective, it demands for modifications to be applicable for real systems, therefore a saturation function substitutes the sign function where the width of boundary layer has effects on robustness and accuracy. Moreover, no boundary layer width adjustment method is provided. There were some methods proposed to control the switching gain, such as the one mentioned in [9]. The concept represented the idea of equivalent control: disturbance magnitude can be evaluated and permits for a tolerable adjustment of control gain as soon as the sliding mode occurs. Yet, this method demands prior knowledge of perturbation bounds and the low-pass filter implementation, this leads to delay, signal magnitude attenuation, and temporary behaviors when the disturbances occur. An algorithm for gain-adaptation was suggested using sliding mode disturbance observer by C.E. Hall [4].

Adaptive Twisting Algorithm

This controller's adaptation process comprises of actively enlarging the control gain $\alpha(t)$ in a manner that the sliding variable alongside its derivative leans to the balance point $s = \dot{s} = 0$ in the second sliding mode in a finite-time with no regard of the bounded uncertainties with the unknown constrain. Thus, the gain $\alpha(t)$ starts to decrease. This gain decrease is over-turned as the system trajectories initiate diverging from the balance point. The next twisting control algorithm is proposed:

$$u = -\alpha(\operatorname{sgn}(x) + 0.5\operatorname{sgn}(y)), \quad (1)$$

$$\alpha \geq \alpha_{min},$$

$$\alpha < \alpha_{min},$$

where $\alpha(x, t, y)$ is the adaptive gain. For primary conditions a real 2sliding mode is fixed in the domain $M: \{y, x: N(y, x) \leq \eta\} \eta > \mu$ in finite time by twist control together with the adaptive gain:

$$\dot{\alpha} = \begin{cases} \frac{\frac{\omega_1}{\sqrt{2}\gamma_1}}{\gamma_1 \frac{1}{2\alpha x^2 + |x|y^2}} \operatorname{sgn}(N(x, y) - \mu), \\ x \end{cases} \quad (2)$$

with the settlement of the following conditions $\alpha > 2D$ and $0 < \gamma < \frac{4\sqrt{2}}{3}\sqrt{\alpha}(0.5\alpha - D)$, where α^* is a sufficiently large constant, $\gamma_1, \omega_1, \mu, x$ and α_{min} are arbitrary positive constants.

Plestan's Adaptive First-Order algorithm

This section presents the controller [1] that doesn't approximate the bounds of disturbance and uncertainties. Still, there is a significant price for that the new method assures only a real sliding mode. The nonlinear uncertain system equation:

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad (3)$$

where $x \in X \subset R^n$ is state vector, the control input is $u \in R$. The $g(x)$ and $f(x)$ are limited smooth uncertain functions. $f(x)$ has unmeasured disturbances term and $g(x) \neq 0$ for $x \in X$. The goal of the control is to stabilize the function $s(x, t)$. Consider s allows a relative degree 1 with respect to the controller u , and the sliding variables derivation as:

$$\begin{aligned} \dot{s} &= \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} \dot{x}, \\ &= \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} f(x) + \frac{\partial s}{\partial x} g(x) \cdot u, \quad (4) \\ &= \varphi(x, t) + \gamma(x, t)u, \end{aligned}$$

with $\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} f(x)$ is $\varphi(x, t)$ and $\frac{\partial s}{\partial x} g(x)$ is $\gamma(x, t)$.

The functions $\varphi(x, t)$ and $\gamma(x, t)$ are regarded as bounded ensuring the assumptions:

$$0 < \gamma_m \leq \gamma(x, t) \leq \gamma_M, \quad |\varphi(x, t)| \leq \varphi_M. \quad (5)$$

where γ_m, γ_M and φ_M are unknown positive constants.

Consider the following controller:

$$\dot{K} = \begin{cases} \bar{K}|s(x, t)| \operatorname{sign}(|s(x, t)|) - \varepsilon & \text{if } K > \mu \\ \mu & \text{if } K \leq \mu. \end{cases} \quad (6)$$

With $\bar{K} > 0, K(0) > 0, \varepsilon > 0, \mu > 0$. The μ parameter is used to obtain only positive values for K . Considering the nonlinear uncertain system along with the sliding variable dynamics $s(x, t)$, there is $t_F > 0$ a finite time therefore a real sliding mode is valid for all $t \geq t_F$, i.e. $|\sigma(x, t)| < \sigma$ for $t \geq t_F$, with

$$\delta = \sqrt{\varepsilon^2 + \frac{\psi_M^2}{KT_m}}. \quad (7)$$

Eventually s approaches to $|s| \leq \delta$ in a finite time, but could be obtained in the larger $|s| \leq \delta$ domain. Thus, the real sliding mode represents itself in the $|s| \leq \delta$ domain.

Adaptive Integral High-Order Algorithm

Observe the system represented by the integrator chain SISO:

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = z_2, \\ \dot{z}_2 = z_3, \\ \vdots \\ \dot{z}_r = \varphi(z) + \gamma(z)u + \Delta(z, t). \end{cases} \quad (8)$$

The aim of control is to lead the states of 1.55 to $z = 0$ at the fixed finite time.

According to the theorem 1. Let $k_1, k_2, \dots, k_n > 0$ be such that the polynomial $\varphi(\lambda) = \lambda^n + k_n \lambda^{n-1} + \dots + k_2 \lambda + k_1$ is Hurwitz. The described system has such $\varepsilon \in (0, 1)$ value that for every $\varepsilon \in (1 - \varepsilon, 1)$, the origin possesses a stable equilibrium in finite time under conditions:

$$\omega_{nom}(z) = -k_1 \operatorname{sgn} z_1 |z_1|^{\alpha_1} - k_2 \operatorname{sgn} z_2 |z_2|^{\alpha_2} - \dots - k_n \operatorname{sgn} z_n |z_n|^{\alpha_n}, \quad (9)$$

where, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ satisfy $\alpha_{i-1} = \frac{\alpha_i \alpha_{i+1}}{2\alpha_{i+1} - \alpha_i}$ with $\alpha_n + 1 = 1$

Consider a surface of integral sliding:

$$s(z) = z_n - z_n(0) - \int \omega_{nom}(z) dt. \quad (10)$$

System's initial condition is defined by $z_n(0)$. The nominal control provides the convergence of the integrators chain in finite time as written in the 1st theorem. The combination of constant and proportional reaching law gives us:

$$\dot{s} = -\rho_1 s - \rho_2 \operatorname{sgn}(s), \quad (11)$$

where $\rho_1 \geq 0, \rho_2 > \Delta(z, t)$ to ensure the reaching law condition, the control is achieved as

$$u = -\bar{\gamma}(z)^{-1} \{ \varphi(z) + \dot{\gamma}(z)u - \dot{\omega}_{nom} + \kappa(\dot{z}_n - \omega_{nom}) + \rho_1 s + \rho_2 \operatorname{sgn}(s) \}. \quad (12)$$

The parameter ρ_2 can be measured by the adaptation law:

$$\rho_2 = v \|s\| \quad (13)$$

which puts v as a positive constant.

High-Order Sliding Mode Control

A group of nonlinear dynamic system is represented as:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x) + g(x)u \\ y = s(x), \end{cases} \quad (14)$$

where $u \in R^m$ is the control input, $x \in R^n$ are state variables and $s(x) \in R^m$ is the measured output function regarded as the sliding variable.

It is considered that $g(x)$ and $f(x)$ are smooth functions.

Definition 1: In a system like this time derivatives of s , with s', \dots, s^{r-1} are defined continuous. A set is called r th order sliding set, which in the Filippov sense is a non-empty integral set, only if:

$$S^r = \{x \mid s(x, t) = \dot{s}(x, t) = \dots = s^{(r-1)}(x, t) = 0\}, \quad (15)$$

the motion on S^r is called r th order sliding mode considering the sliding variable s . The first order sliding mode control is meant to make state trajectories to move alongside the sliding manifold $s(x) = 0$. The goal of higher order sliding mode control is to use a suitable discontinuous control action in order to move the states along the switching surface $s(x) = 0$ and keep its $(r-1)$ successive time derivatives viz s', \dots, s^{r-1} to zero. The r th order derivative of $s(x)$ corresponds to the equation:

$$s^r(x) = \varphi(x) + \gamma(x)u, \quad (16)$$

where $\varphi(x) = L^r f s(x)$ and $\gamma(x) = L^g L^r f s(x)$. L^g and L^h have to be the Lie derivatives of previous functions. Their sliding regularity condition has the following formula:

$$\text{rank} \left\{ \nabla s_i, \dots, \nabla s_i^{(r_i-1)} \mid i = 1, \dots, m \right\} = r_1 + \dots + r_m. \quad (17)$$

If the corresponding integral sliding set is stable then a sliding mode is also called stable.

Assumption: Functions $\gamma(x)$ and $\varphi(x)$ are limited uncertain functions, and the sign of the control gain γ be constant and positive without loss of generality. Therefore, there is $\gamma_m \in R^+, \gamma_M \in R^+, \phi^- \in R^+$ such as:

$$0 < \gamma_m < \gamma < \gamma_M, |\varphi| \leq \bar{\rho}, \quad (18)$$

for $x \in X \subset R^n$, X is a limited open subset of R^n where the system dynamics boundedness is ensured. The r th order sliding mode control according to the sliding variable $s(x)$ can be shown as:

$$\begin{cases} \dot{z}_i = z_{i+1} \\ \dot{z}_r = \varphi(x) + \gamma(x)u, \end{cases} \quad (19)$$

where $1 \leq i \leq r-1$, and $h z_1 z_2 \dots z_r i^T = h s(x) s'(x) \dots s^{r-1}(x) i^T$. The main purpose of HOSM control is to develop controllers for similar systems with respect to s , which is equivalent to the stabilization of the system to the origin in finite time.

Conclusion

In this work, we went through a review of available literature regarding sliding mode control, as a modern issue for WECS that operate in uncertain conditions. We observed designs for an adaptive sliding mode of systems that are both uncertain and nonlinear. Initially, traditional first-order mode design was introduced and explained in detail, providing a theoretical basis. Subsequently, we observed high-order sliding mode aiming at achieving the best performance of the system, while minimizing the demand for prior knowledge of boundaries and uncertainties.

REFERENCES

1. Beltran, B. Second-order sliding mode control of a doubly fed induction generator driven wind turbine / B. Beltran.– Text: electronic // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2012. – №27(2). – P. 261–269.– URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6130597> (date: 2.11.2021).
2. Cirrincione, M.P. Power converters and AC electrical drives with linear neural networks / M.P. Cirrincione –CRC Press, 2017. – Text: direct.
3. Fridman, L.D. High-order sliding-mode observation for linear systems with unknown inputs / L.D. Fridman.– Text: electronic // Nonlinear Analysis: Hybrid Systems. – 2011. – №5(2). – P. 189–205.– URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751570X10000701> (date: 31.10.2021).
4. Hall, C.E. Sliding mode disturbance observer-based control for a reusable launch vehicle / C.E. Hall.– Text: electronic // Journal of guidance, control, and dynamics. – 2006. – №29(6). P. 1315–1328. – URL: <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/1.20151> (date: 31.10.2021).
5. Harmouche, M.L. Robust and adaptive higher order sliding mode controllers / M.L. Harmouche. – Text: direct // IEEE 51st IEEE Conference on Decision and Control: CDC, 2012. – P. 6436–6441.
6. Huang, Y.J. Adaptive sliding-mode control for nonlinear systems with uncertain parameters / Y.J. Huang. – Text direct // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B. – 2008. №38(2), – P. 534–539.
7. Kochalummoottil, J.S. Adaptive twist sliding mode control: a Lyapunov design / J.S. Kochalummoottil. – Text: direct. // 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, 2011. – P. 7623–7628.
8. Laghrouche, S.H. Control of PEMFC air-feed system using Lyapunov-based robust and adaptive higher order sliding mode control / S.H. Laghrouche.– Text: direct // IEEE Transactions on Control Systems Technology, – 2015. №23(4). – P. 1594–1601.
9. Lee, H. Chattering suppression methods in sliding mode control systems / H. Lee. – Text: electronic // Annual reviews in control, – 2007. №31(2). – P. 179–188. – URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367578807000363> (date: 2.11.2021).

10. Mondal, S. Adaptive integral higher order sliding mode controller for uncertain systems / S. Mondal. – Text: direct // Journal of Control Theory and Applications, – 2013. №11(1). – P. 61–68.

11. Negrete, D.Y. Adaptive output feedback second order sliding mode control with unknown bound of perturbation / D.Y. Negrete. – Text: direct // IFAC Proceedings Volumes. – 2014. №47(3). –P. 10832–10837.

12. Plestan, F.S. New methodologies for adaptive sliding mode control / F.S. Plestan. – Text: electronic // International journal of control. – 2010. №83(9). –P. 1907–1919. – URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00626498/document> (date: 31.10.2021).

13. Taleb, M.L. Twisting algorithm adaptation for control of electropneumatic actuators / M.L. Taleb. –

Text: direct // 12th International Workshop on Variable Structure Systems IEEE. – 2012. –P.178–183.

14. Taleb, M.L. Higher order sliding mode control based on adaptive first order sliding mode controller / M.L. Taleb. – Text: direct // IFAC Proceedings Volumes. – 2014. № 47(3). – P. 1380–1385.

15. Zhong, Q.C. Control of power inverters in renewable energy and smart grid integration / Q.C. Zhong, T. Hornik. – John Wiley & Sons, 2013. – 440 p. – Text: direct.

Hassan Al Ouatiq – postgraduate student of the Department of Information Technologies of AltSTU: +7 953 999 22 14, e-mail: alouatiq@mail.ru;

Sergey Petrovich Pronin – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information: 89130859665, e-mail: sppronin@mail.ru.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

Е. М. Патрушев, Д. Е. Дюскин

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассматриваются вопросы создания доплеровских датчиков скорости, использующих в качестве задающего элемента генератор хаоса. Обзор литературных источников, подготовленный авторами, позволил сформулировать преимущества использования случайных сигналов для измерения скорости в доплеровском датчике. Авторами предложена численная модель, демонстрирующая работоспособность радарного датчика скорости на основе генератора хаоса.

Ключевые слова: генератор хаоса, ультразвуковой датчик, доплеровская частота.

Введение

В настоящее время датчики, основанные на использовании эффекта Доплера, широко применяются для измерения скорости движущихся объектов, скорости потоков, в навигационной технике, а также в качестве датчиков движения охранных систем. Практическая реализация таких датчиков может быть основана на использовании волн звуковой или электромагнитной природы.

Применение таких датчиков нередко сопряжено с трудностями, вызванными наличием помех в измерительном сигнале. Одним из факторов, затрудняющих создание простого датчика, основанного на эффекте Доплера, является трудность выделения доплеровской частоты при слабом принимаемом сигнале или действии сильных аддитивных помех.

Одним из путей решения проблемы слабого отношения сигнал/помеха в измерительном сигнале является использование источника случайных сигналов на стороне излучателя в таких датчиках. Действительно, литературный обзор [1, 2, 3] позволил сформулировать следующие преимущества случайных сигналов в радарных системах:

1. Непрерывность случайного сигнала. При фиксированной пиковой мощности излучаемого сигнала выигрыш по чувствительности систем на случайных сигналах может достигать 10^4 в сравнении с обычными эхоимпульсными системами, например для ультразвуковой дефектоскопии. Это может быть востребовано для контроля протяжённых объектов из материалов с высокой способностью к поглощению ультразвука. Временная продолжительность сигналов также не имеет значения и может многократно превышать

время распространения волны от излучателя к приёмнику.

2. Непериодичность процесса позволяет использовать корреляционную технику для определения времени задержки сигнала.

3. Широкая спектральная полоса случайного процесса. Разрешение, с которым можно измерить расстояние и скорость, увеличивается за счет увеличения полосы сигнала, что предполагает использование широкополосных хаотических сигналов.

4. Эргодичность процесса. При использовании в качестве задающего элемента генератора хаоса следует иметь в виду, что его колебания принадлежат хаотическому аттрактору в ограниченной области фазового пространства. Подбор параметров хаотической системы [4] позволяет уменьшить отношение пиковой мощности к средней передаваемой мощности, требуемой для данной чувствительности.

В радарной системе нередко требуется измерять как дальность, так и скорость контролируемого объекта. Движение цели вызывает доплеровский сдвиг частоты сигнала, и величина этого сдвига используется для измерения скорости. В обычном аналоговом методе измерения доплеровского сдвига принятый сигнал умножается на опорный сигнал, который не имеет доплеровского сдвига. Доплеровская частота f_d появляется как разностная частота излучаемого и принятого сигналов. Если попытаться применить ту же процедуру для широкополосного хаотического сигнала, образуется широкая полоса разностных частот, поэтому получение одной доплеровской частоты становится невозможным. Чтобы решить эту проблему, авторами

[5] была разработана система хаотического отклика, которая преобразует широкополосный хаотический сигнал в узкополосный сигнал на более низкой частоте с помощью вспомогательной синхронизированной хаотической системы на приёмной стороне. В данной работе моделируется система [6, 7], которая обнаруживает доплеровский сдвиг частоты в случайном сигнале.

Описание структурной схемы системы

На рисунке 1 представлена структурная схема ультразвукового измерителя скорости движущегося объекта [8]. Устройство работает следующим образом. Генератором шума ГШ создаётся широкополосный сигнал в заданной полосе B . Ультразвуковой излучатель И и микрофон М направлены в сторону контролируемого объекта, движущегося со скоростью v . Управляемая линия задержки ЛЗ, обеспечивая задержку исходного сигнала, аналогичную запаздыванию ультразвукового сигнала при распространении волны от излучателя до микрофона. Усилители-ограничители УО преобразуют исходный и принятый сигналы в прямоугольную форму. Блок «исключающее или» XOR и интегратор ИНТ являются упрощённым вариантом коррелятора.

Половина ширины главного лепестка автокорреляционной функции (АКФ) τ_B процесса, получаемого на выходе ГШ составит:

$$\tau_B = \frac{1}{B}. \quad (1)$$

Если относительное запаздывание сигнала в каналах датчиков превысит значение $\pm\tau_B$, то на выходе интегратора будет иметь место случайный процесс, из которого уже нельзя будет извлечь полезную информацию. Управляемая линия задержки обеспечивает такую задержку опорного сигнала, чтобы получить на входе элемента «исключающее или» сигнал с той же задержкой, которая имела место в ультразвуковом канале «излучение – приём». При этом точной настройки не требуется, достаточно, чтобы расхождение τ_m составило не более $\pm\tau_B/2$. При таком условии на выходе интегратора образуется сигнал доплеровской частоты f_d :

$$f_d = \frac{2vf_0}{c}, \quad (2)$$

где f_0 – среднее значение полосы частот, создаваемой ГШ, c – скорость звука в среде.

Описание численной модели

На рисунке 2 показана модель для проверки системы в Matlab/Simulink. Она была создана для следующих параметров системы: $f_0 = 40\text{кГц}$, $B = 2\text{кГц}$, $\tau_B = 500\text{мкс}$, $v = 1\text{см/с}$.

На рисунке 3 представлены временные зависимости выходного сигнала датчика при разных значениях временного расхождения каналов датчика τ_m .

Рисунок 3 иллюстрирует постепенное ухудшение качества сигнала по мере увеличения временного расхождения каналов датчика. Это объясняет необходимость обеспечения этого расхождения в пределах $\pm\tau_B/2$.

Разработка структурной схемы радарного датчика скорости на современной элементной базе

Исходя из выполненного моделирования, может быть предложена структурная схема (рисунок 4) для практической реализации на основе современной элементной базы. Прежде всего, следует отметить возможность создания коррелятора с управляемой линией задержки с помощью микроконтроллера.

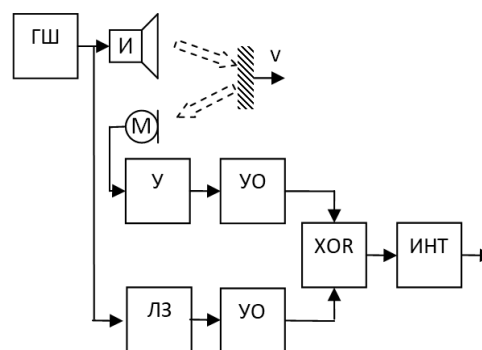


Рисунок 1 – Структурная схема радарного датчика скорости [7]:

ГШ – генератор шума,
И – ультразвуковой излучатель,
М – ультразвуковой микрофон;
У – усилитель, УО – усилитель-ограничитель,
ЛЗ – линия задержки, XOR – элемент «исключающее или», ИНТ – интегратор

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ
НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

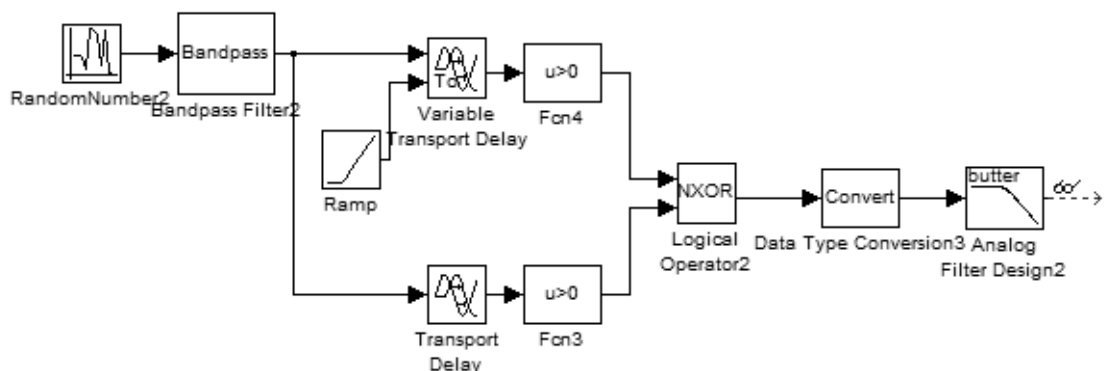


Рисунок 2 – Модель радарного датчика скорости, выполненная в Matlab/Simulink

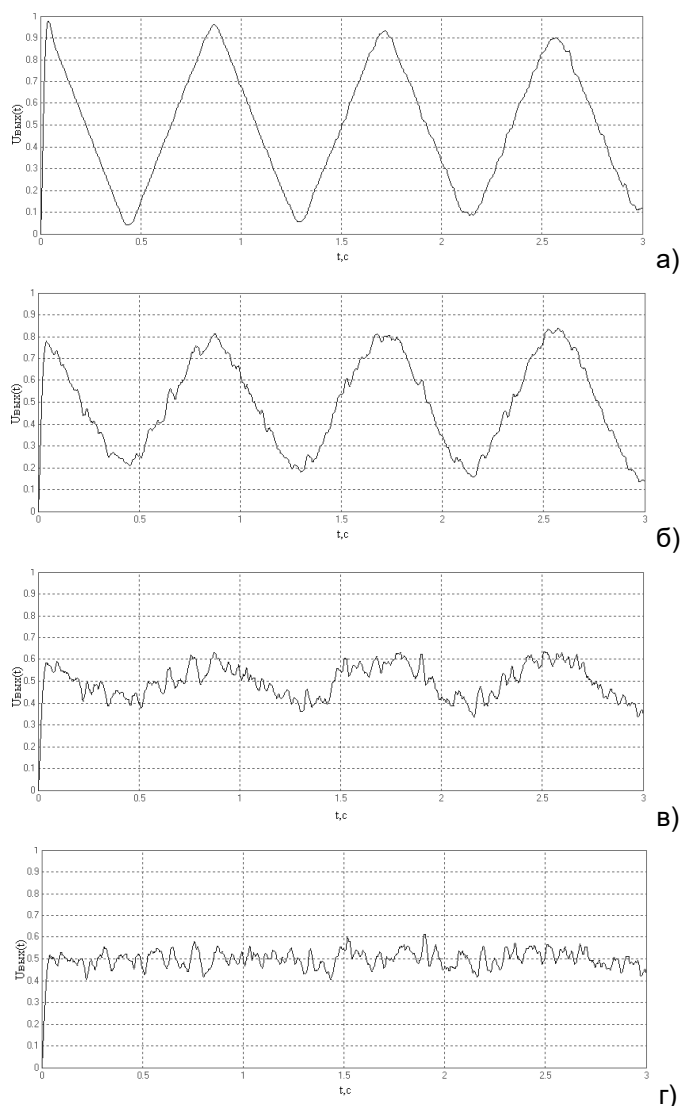


Рисунок 3 – Процесс изменения сигнала на выходе радарного датчика при разных значениях временного расхождения каналов датчика а) $\tau_m = 0$, б) $\tau_m = 200$ мкс, в) $\tau_m = 400$ мкс, г) $\tau_m = 500$ мкс

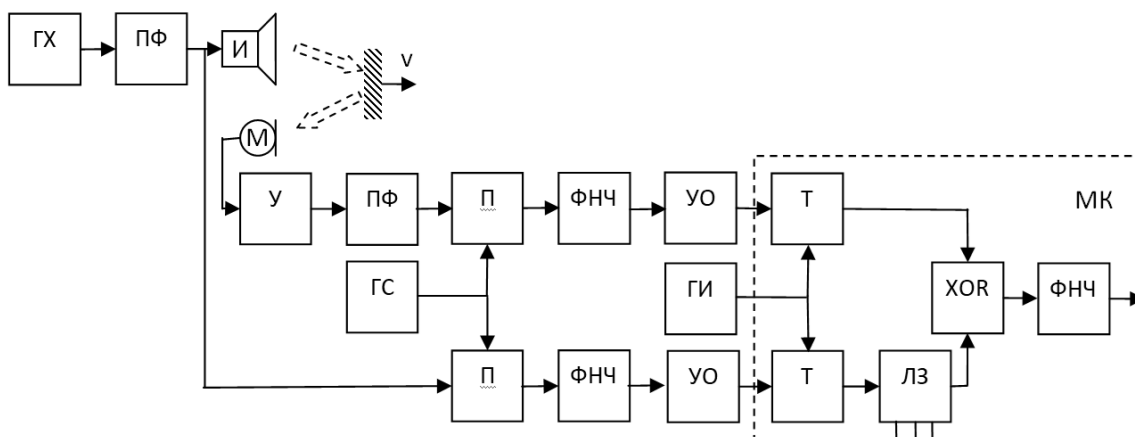


Рисунок 4 – Структурная схема радарного датчика скорости:

ГХ – генератор хаоса, ПФ – полосовой фильтр, И – ультразвуковой излучатель, М – ультразвуковой микрофон; У – усилитель, ГС – генератор синусоидальный, П – перемножитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО – усилитель-ограничитель, Т – триггер, ГИ – генератор импульсов, ЛЗ – линия задержки, XOR – элемент «исключающее или», МК – микроконтроллер

Поскольку для цифровой обработки сигналов требуется понижение частоты, в структурную схему введены генератор синусоидальный ГС, перемножители П и фильтры нижних частот ФНЧ.

Перевод измерительных сигналов в цифровую форму будет осуществляться с частотой дискретизации, определяемой генератором импульсов ГИ.

Обсуждение и выводы

Выполненное моделирование позволяет сделать вывод о целесообразности реализации подобного измерителя скорости на основе микроконтроллерного управления. Прежде всего, потребуется перенос обоих сигналов в область низких частот, дискретизация и ввод в микроконтроллер. Оно будет необходимо для управления линией задержки, построенной программно. Величина задержки должна подстраиваться таким образом, чтобы выходной сигнал коррелятора представлял собой периодический процесс. Определение частоты выходного процесса может быть выполнено с помощью быстрого преобразования Фурье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bilgutay, N.M. Evaluation of a Random Signal Correlation System for Ultrasonic Flow Detection / N.M. Bilgutay, E.S. Furgason, V.L. Newhouse // Transactions on sonics and ultrasonics. – 1976. – Vol. SU–23, № 5. – P.329–333.
2. Koyuncu, B. Ultrasonic flow detection by using PC based correlation techniques / B. Koyuncu //

IJCI Proceedings of International Conference on Signal Processing. – 2003. – ISSN 1304–2386, Vol.1, №2, September. – P. 35–37.

3. Lee, B.B. An Evaluation of Ultrasound NDE Correlation Flow Detection Systems/ B.B. Lee, E.S. Furgason // IEEE Transactions On Sonics And Ultrasonics. – 1982. – Vol. SU–29, №.6. – P.359–368.

4. Willsey, M.S. Selecting the Lorenz Parameters for Wideband Radar Waveform Generation / M.S. Willsey, K.M. Cuomo, A.V. Oppenheim // International journal of bifurcation and chaos. – 2011. – № 21(9). – P. 2539–2545.

5. Carroll, T.L. Chaotic system for self-synchronizing Doppler measurement / T.L. Carroll // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2005. – Vol.15, Iss.1. – 013109.

6. Newhouse, V.L. Random Noise Signal Processing / V.L. Newhouse, N.M. Bilgutay, E.S. Furgason // Proceedings of the ARPA/AFML Review of Quantitative NDE Thousand Oaks, CA, USA. – 1975. – P.343–362.

7. Patent № 3940731 USA, IPC G018 9/66; GOIP 5/00. Ultrasonic Random Signal Doppler Flow Measurement System: filed 15.08.1974 / Cooper G.R., Newhouse V.L. – 8p.

8. Newhouse, V.L. Analysis of random signal blood flow measurement / V.L. Newhouse, P.J. Bendick // Ultrasonics Symposium Monterey, CA, USA. – 1973. – P.94–97.

Патрушев Егор Михайлович – кандидат технических наук, доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: attract;

Дюскин Даниил Евгеньевич – магистрант, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: salvator@mail.ru.

ПРОГРАММНЫЙ БЛОК ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ СОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

С. П. Пронин, Р. Б Миндибаев, В. В. Лешукова, А. П. Орешкова
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье показана разработка универсального программного блока в программной среде Mathcad для исследования изображений сонолюминесценции. Программный блок выполняет подготовку данных для построения гистограммы и вычисления медианы. На основе анализа гистограмм определены пороговые уровни, которые разделяют RGB-изображения пузырька от изображения фона. Предложена модифицированная формула Майкельсона, которая позволяет вычислить медианный контраст в изображении пузырька.

Ключевые слова: программный блок, сонолюминесценция, изображение, гистограмма, медиана, медианный контраст.

Введение

Возникновение светящихся пузырьков в жидкости возникает за счет кавитации – локальном понижении давления. По природе возникновения кавитацию классифицируют на гидравлическую и акустическую [1]. При акустической кавитации возникает пузырек, который при схлопывании (коллапсе) излучает свет. Данное явление называют сонолюминесценцией [2].

Сонолюминесценция применяется для химического синтеза наноструктурных материалов. Это направление, известное как сонохимия, основано на возникновении и развитии в жидких средах процесса кавитации и сопровождающих ее сонохимических реакций. В интенсивных кавитационных полях в результате высоких градиентов температуры и давления происходит разложение молекул воды и образование активных радикалов и оксидантов: H_2O_2 , O_3 и др. Сонохимические методы используют для получения нано структурных аморфных материалов, включения наночастиц в мезопористые материалы, осаждения полупроводниковых наночастиц на поверхности полимерных и керамических материалов, формирования белковых микро- и наносфер. [3]

Явление сонолюминесценции было открыто еще в 1934 году, но до сих пор оно остается актуальным.

Для изучения сонолюминесценции разработаны различные методы и средства исследований. Существуют, например, методы измерения динамики пузырьков, спектров излучения, формы импульсов света и др. [2], но и в настоящее время экспериментальные средства совершенствуются [4].

С помощью современных видеокамер можно фиксировать цветные изображения пузырьков и разлагать изображения на RGB-составляющие. Соотношение этих компонент несет информацию о цветовом контрасте, коррелированной цветовой температуре, об изменении коррелированной цветовой температуры во времени, а значит и процессов, происходящих в пузырьке. Анализ соотношений компонент можно выполнить по гистограммам распределения яркости в каждом цветном изображении.

Однако, как показали предварительные эксперименты, на фиксированном изображении светящегося пузырька сонолюминесценции даже при отсутствии внешнего света, черный фон не дает нулевых значений. Следовательно, при большом количестве пикселей фон будет вносить большую «лепту» в общую гистограмму. Встает задача выделения изображения пузырька на фоне пространственного шума и построения гистограммы яркостей, принадлежащих только изображению пузырька.

Цель работы – разработать программный блок для исследования и анализа фона и цветного изображения пузырька, полученного при эффекте сонолюминесценции.

Методы и средства исследования

В исследовании использовались изображения пузырьков сонолюминесценции, полученные на экспериментальной установке. Изображения представлены на рисунке 1. Для анализа изображений применялись методы сегментации изображений, методы построения гистограммы и вычисления медианы. Все программы и расчеты выполнены в среде Mathcad.

Результаты исследований и их обсуждение

Чтобы выполнить анализ цветного изображения пузырька, необходимо выделить изображение из фона, построить гистограммы распределения яркостей для каждой RGB-компоненты и найти медианы в этих гистограммах.

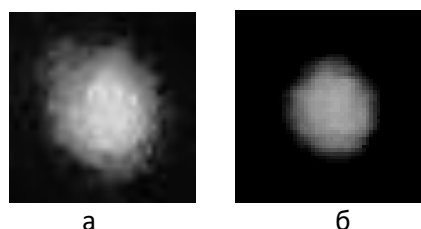


Рисунок 1 – Пузырьки сонолюминесценции в дистиллированной воде: а – в среде атмосферного воздуха; б – в среде аргона

Задача выделения светлого пузырька на черном фоне решается методами сегментации – разбиением поля зрения на область объекта и область фона. Одним из методов сегментации является разделение объекта и фона по методу бинарной сегментации [5,6,7]. В методе бинарной сегментации выделяют метод пороговой обработки изображений. Порог T определяют как функцию [5]:

$$T = T(x, y, I(x, y), f), \quad (1)$$

где f – все изображение, включающее как фон, так и исследуемый объект; x, y – координаты анализируемой точки; $I(x, y)$ – характеристика окрестности с центром в точке x, y .

Изучая изменение яркости на границе «фон–изображение», получен интервал изменения ее значений в диапазоне от 10 ед. АЦП до 20 ед. АЦП. Выбирая порог бинаризации «на шлазок», например, середину этого интервала (15 ед. АЦП) можно получить большую ошибку в определении количества пикселей, принадлежащих пузырьку. Допустим, что истинной границей изображения пузырька является уровень 16 ед. АЦП. Тогда в общее количество пикселей изображения попадет множество «шумовых» значений фона. Следовательно, изменится гистограмма распределения яркостей, а с ней изменится и значения медиан. Возникнет неточность в определении RGB-компонентов, а значит неверное представление об изучаемом процессе – сонолюминесценции.

Когда величина порога зависит только от f то такой порог называют глобальным. Среди методов сегментирования изображений выделяют глобальную пороговую обработку. Она

основана на анализе глобальной гистограммы изображения [5]. Гистограмма в этом случае имеет бимодальное, распределение, т.е. два выраженных пика. Точка в минимуме между пиками в гистограмме является порогом.

Возьмем за основу идею гистограммного разделения фона и объекта исследования (пузырек сонолюминесценции) с той разницей, что будем строить отдельно гистограмму фона и гистограмму изображения пузырька. Отражая на графике обе гистограммы и анализируя их, можно определить порог по яркости, который разграничит фон от объекта. На рисунке 2 показана матрица чисел размером 63×77 элементов, характеризующих яркости в изображении пузырька (рисунок 1а) на границе перехода от фона к изображению пузырька. Данные отражают распределение яркости в R-компоненте цветного изображения пузырька.

$$M1 = \begin{array}{c|cccccc} & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 \\ \hline 27 & 21 & 21 & 22 & 20 & 15 & 44 & 29 \\ 28 & 28 & 21 & 20 & 17 & 34 & 39 & 56 \\ 29 & 17 & 19 & 20 & 13 & 32 & 33 & 63 \\ 30 & 16 & 15 & 9 & 21 & 21 & 36 & 54 \\ 31 & 17 & 16 & 19 & 21 & 24 & 29 & 62 \\ 32 & 18 & 19 & 18 & 15 & 16 & 16 & 63 \\ 33 & 15 & 14 & 16 & 8 & 10 & 18 & 50 \end{array}$$

Рисунок 2 – Матрица чисел, характеризующих яркости в изображении пузырька

Для исследования фона и построения его гистограммы была выделена подматрица $M2$ как область матрицы $M1$, в которой достоверно отсутствует изображение пузырька:

$$M2 := \text{submatrix}(M1, 58, 63, 1, 77). \quad (2)$$

На рисунке 3 показан программный блок, созданный в программной среде Mathcad для выделения значений яркости только фона.

Используя встроенную команду $\text{hist}(\dots)$, рассчитывается гистограмма распределения яркости фона

$$f1 := \text{hist}\left[\left(B1^T\right)^{\langle 1 \rangle}, \left(B1^T\right)^{\langle 2 \rangle}\right]. \quad (3)$$

В графическом виде гистограмма фона показана на рисунке 5 прерывистыми столбиками.

ПРОГРАММНЫЙ БЛОК ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ СОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

```

B1 := | m1 ← 1
      | for i ∈ 1..rows(M2)
      |   for j ∈ 1..cols(M2)
      |     continue if M2i,j < 0
      |     ANm1 ← M2i,j
      |     am1 ← m1
      |     N1<m1> ← [ am1 ]
      |               [ ANm1 ]
      |     m1 ← m1 + 1
      | N1
  
```

Рисунок 3 – Программный блок для выделения значений яркости в изображении только фона

Программный блок для выделения значений яркости в изображении пузырька представлен на рисунке 4. Как видно из блока, разница с блоком фона состоит в том, что данные берутся из всего изображения сонолюминесценции и в четвертой строке задан пороговый уровень, равный 15 ед. АЦП.

```

B2 := | m1 ← 1
      | for i ∈ 1..rows(M1)
      |   for j ∈ 1..cols(M1)
      |     continue if M1i,j < 15
      |     ANm1 ← M1i,j
      |     am1 ← m1
      |     N1<m1> ← [ am1 ]
      |               [ ANm1 ]
      |     m1 ← m1 + 1
      | N1
  
```

Рисунок 4 – Программный блок для выделения значений яркости в изображении пузырька

Гистограмма распределения яркости в изображении пузырька определяется аналогично команде (3):

$$f2 := \text{hist} \left[\left(B2^T \right)^{\langle 1 \rangle}, \left(B2^T \right)^{\langle 2 \rangle} \right] \quad (4)$$

Вычисленная гистограмма отражена на рисунке 5 непрерывной ступенчатой линией. Сравнивая гистограммы, несложно заметить, что они перекрываются. Поскольку гистограмма фона не содержит в себе данных изображения пузырька, то значит гистограмма изображения пузырька содержит в себе данные яркости фона. Чтобы исключить данные яркости фона от данных изображения пузырька, необходимо повысить пороговый уровень. Из графика хорошо видно, что он составляет 18 ед. АЦП.

Подставляя это значение в программный блок (рисунок 4), вычислена новая гистограмма распределения яркости в изображении пузырька. Она показана на рисунке 6.

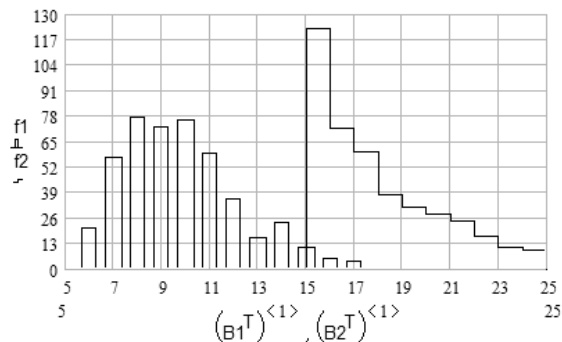


Рисунок 5 – Гистограммы распределения яркостей в фоне (прерывистые столбики) и в изображении пузырька (ступенчатая линия) при уровне порога 15 ед. АЦП

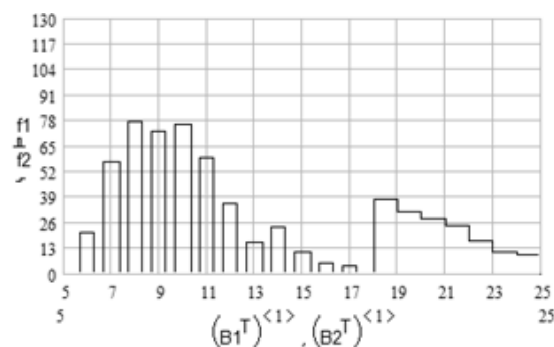


Рисунок 6 – Гистограммы распределения яркостей в фоне (прерывистые столбики) и в изображении пузырька (ступенчатая линия) при уровне порога 18 ед. АЦП

По экспериментальным данным определены медианы. Гистограмма распределения яркости в изображении пузырька при уровне порога 15 ед. АЦП имеет значение:

$$\text{median} \left[\left(B2^T \right)^{\langle 2 \rangle} \right] = 45.5 \text{ ед. АЦП,}$$

а при уровне порога 18 ед. АЦП медиана составляет:

$$\text{median} \left[\left(B2^T \right)^{\langle 2 \rangle} \right] = 84 \text{ ед. АЦП.}$$

Как видно из приведенных расчетов, изменение уровня порога ведет к существенному изменению значения медианы, поэтому каждое изображение перед вычислением медианы должно содержать анализ гистограмм и четкое определение уровня порога.

С помощью программного блока опреде-

лены пороговые уровни и значения медиан для цветных RGB-компонентов, содержащихся в изображении пузырька сонолюминесценции, приведенного на рисунке 1а. Итоговые данные приведены в таблице.

Таблица 1 – Итоговые данные по уровню порога и значению медиан в RGB-компонентах

Цветная компонента	Уровень порога, ед. АЦП	Значение медианы, ед. АЦП
RED	18	84
GREEN	14	61
BLUE	19	78

Интуитивно понятно, что, исследуя пузырьки сонолюминесценции по значениям трех медиан, сложно будет анализировать и делать выводы. Для объединения этих значений в единый параметр можно воспользоваться понятием контраста.

При расчете контраста в исследуемом изображении часто используют формулу Майкельсона [8]. Формула Майкельсона содержит два значения. В нашем случае контраст в цветном изображении должен определяться тремя значениями:

$$K = (M_r + M_g - M_b) / (M_r + M_g + M_b), \quad (5)$$

где M_r, M_g, M_b – это значения медиан красной, зеленой и синей компонент соответственно.

В изображении исследуемого пузырька контраст составляет 0,3.

Выводы

Разработан универсальный программный блок в программной среде Mathcad для исследования изображений сонолюминесценции. С помощью программного блока можно выполнять подготовку данных для построения гистограммы и вычисления медианы.

Выполнены исследования одного изображения сонолюминесценции. Получены гистограмма распределения яркости фона и распределения яркостей для RGB-изображений. На основе анализа гистограмм определены пороговые уровни, которые разделяют RGB-изображения пузырька от изображения фона: 18, 14 и 19 ед. АЦП. Таким образом, каждая цветная компонента имеет свой пороговый уровень.

Модифицированная формула Майкельсона позволила вычислить медианный контраст в изображении пузырька: контраст составляет 0,3 отн.ед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промтов, М. А. Кавитация / М. А. Промтов.– Текст: электронный. – URL: https://dewa.tech/wp-content/dlm_uploads/eito14_cavitation.pdf (дата обращения: 30.10.2021).
2. Борисенок, В.А. Сонолюминесценция: эксперименты и модели (обзор) / В.А. Борисенок. – текст: электронный // Акустический журнал. – 2015.– том 61. – № 3. – С. 333–360. – URL: http://www.akzh.ru/pdf/2015_3_333-360.pdf (дата обращения: 05.11.2021).
3. Ланин, В.Л. Применение ультразвуковых эффектов в жидких средах для получения наноматериалов / В.Л. Ланин, Н.В. Дежунов, А.В. Котухов. – Текст : электронный //Электронная обработка материалов.– 2010. – №3. – С. 28 –35. – URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/34620/1/Lanin_Primeneniye.pdf (дата обращения: 30.10.2021)
4. Jean-Louis Thomas, Yoel Forterre, Mathias Fink Boosting Sonoluminescence with a High-Intensity Ultrasonic Pulse Focused on the Bubble by an Adaptive Array // PHYSICAL REVIEW LETTERS. – 2002. – Vol. 88. – № 7. – pp. 2–5. – URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01432223/document> (дата обращения: 29.10.2021).
5. Тропченко, А.А. Методы вторичной обработки и распознавания изображений. Учебное пособие / А.А. Тропченко, А.Ю. Тропченко. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 215 с. – URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1798.pdf>. (дата обращения: 07.11.2021). – Текст: электронный.
6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера, 2006 – 1072 с. – Текст: непосредственный.
7. Волков, В. Ю. Пороговая обработка для сегментации и выделения протяженных объектов на цифровых изображениях / В. Ю. Волков, Л. С. Турнецкий. – Текст электронный // Обработка информации и управление. – 2009. – №5. – С.10–13. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/porogovaya-obrabotka-dlya-segmentatsii-i-vydeleniya-protyazhennykh-obektov-na-tsifrovyyh-izobrazheniyah/viewer> (дата обращения: 07.11.2021).

Пронин Сергей Петрович – д.т.н, профессор кафедры ИТ, тел.: 89130859665, e-mail: sppronin@mail.ru;

Миндибаев Руслан Баниасбарович – аспирант кафедры ИТ, e-mail: un.144@ya.ru;

Лешукова Виктория Валерьевна – студентка кафедры ИТ, тел.: 89237186053, e-mail: howtologinhere@gmail.com;

Орешкова Анжелика Павловна – студентка кафедры ИТ, тел.: 89967035332, e-mail: lika.oreshkova00@gmail.com.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП НА ИЗОБРАЖЕНИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Д. Н. Храпунов, И. Н. Корякин, П. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Представлено описание алгоритма, используемого для распознавания на изображениях изоляторов ЛЭП. Существует ряд архитектур, успешно решающих задачи сегментации изображений на два и более класса. Над выбранной архитектурой сети выполняется ряд экспериментов, по результатам которых делается выбор наиболее оптимальных параметров сети. Описываются этапы подготовки набора данных для обучения и тестирования нейронной сети. В заключении указываются дополнительные модификации, способные увеличить качество работы существующего алгоритма.

Ключевые слова: сегментация изображений, сверточные нейронные сети, машинное обучение, сеть U-Net.

Большое количество времени и усилий требуется для обнаружения неисправных изоляторов на ЛЭП воздушного типа. Для этого требуется регулярное наблюдение за их состоянием и своевременное реагирование при наличии малейших повреждений. Наличие алгоритма, способного автоматизировать процесс мониторинга линий, сделает его менее трудоемким и более эффективным. Разработка такого алгоритма возможна с помощью применения методов компьютерного зрения.

Задача не относится к ряду тривиальных по причинам большого количества вариантов ландшафта, который присутствует на фоне ЛЭП. Существует множество объектов, которые по своей форме и текстуре напоминают изоляторы. Так же процесс распознавания осложняется наличием большого количества видов самих изоляторов. Они отличаются между собой по форме, цвету и размерам.

Для решения задачи выделения изоляторов на изображении была выбрана сверточная, полносвязная нейронная сеть U-Net. В отличие от остальных полносвязных сетей, данная модель имеет явное разделение на две части, называемые сверточная (encoder) и разверточная (decoder) [1].

Задача сверточной части заключается в извлечении карт признаков исходного изображения и поэтапном его уменьшении. Порядок и виды слоев, используемые для этого строго не регламентировано, но, как правило, порядок выглядит следующим образом: два сверточных слоя, следом за ними слой нор-

мализации и слой содержащий нелинейную функцию активации. После извлечения из изображения карты признаков, он пропускается через слой субдискретизации [2]. Данный слой уменьшает размеры изображения и передает его на следующий уровень свертки. Разверточные блоки решают задачу обратную сверточным [3, 4].

Первоначально используются изображения с изоляторами с разрешением 5472 на 3078 пикселей. К каждому изображению прилагается соответствующий файл в формате JSON, в котором содержится маска с выделенными изоляторами. Из-за присутствия посторонних шумов на изображениях и их большого разрешения, требуется провести предварительную обработку.

Основным оптическим эффектом, усложняющим восприятие информации на изображениях, являются оптические искажения, а точнее наличие явно засвеченных и затемненных участков. В целях их устранения к изображениям применяется процедура выравнивания интенсивности цветов на изображении – эквализация гистограммы.

Второй проблемой является большое разрешение исходных изображений. В качестве решения используется извлечение участков с изоляторами. Из исходного JSON файла извлекаем маску для изображения. Далее исходное изображение и маска, уменьшаются до размеров 1536x768. Затем на изображении определяется область фиксированного размера (в которой присутствует минимум один изолятор).

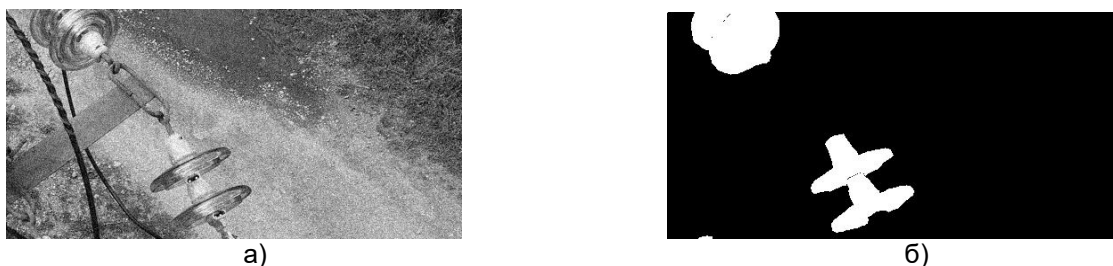


Рисунок 1 – а) Пример изображения с изолятором; б) Полученная маска с выделенными изоляторами

В тренировочном наборе данных должны также присутствовать изображения без изоляторов, поэтому реализован вероятностный выбор, где с вероятностью 0,9 извлеченный участок изображения содержит изолятор и с вероятностью 0,1 не содержит. К вырезанному фрагменту изображения вероятностно применяются искусственные искажения: отражение изображения и затемнение. Затем изображение и маски сохраняются в формате JPG.

Процесс искусственного искажения изображений, используемых в ходе обучения сети, называется аугментацией. Аугментацию рекомендуется использовать в тех случаях, когда начальный набор данных состоит из малого количества элементов. Дополнительные искажения позволяют значительно увеличить вариативность начальной выборки.

Таким образом, из 1000 исходных изображений генерируется база из 16000 изображений и соответствующих масок для них. Пример фрагмента изображения с изолятором представлен на рисунке 1.

На первых этапах выполняется формирование обучающей выборки для сети и разработка архитектуры модели. Затем созданная модель передается в функцию тренировки и заполняется случайными значениями коэффициентов в ядрах свертки.

На каждой эпохе обучения из обучающей выборки извлекается пакет с данными, его размер также является настраиваемым параметром. В ходе прохождения эпохи пакет данных проходит через нейронную сеть и с помощью выбранного метода оценки функции потерь рассчитывается, насколько хорошо работает сеть. В качестве оценки выбрана функция бинарной кросс-энтропии с логарифмической функцией потерь. Для оптимизации использовались два способа RMSprop и Adam. На рисунке 2 представлена схема работы алгоритма обучения.



Рисунок 2 – Схема обучения нейронной сети

Для решения поставленной задачи была подобрана следующая структура нейронной сети: четыре блока в части понижающей дискретизации и четыре блока в части повышающей дискретизации. Помимо этого на входе и выходе нейронной сети располагаются два слоя свертки и функция активации. В результате разработаны три модификации нейронных сетей на основе архитектуры U-NET.

Таблица 1 – Модификации нейронных сетей на основе архитектуры U-NET

Архитектура	Функция оптимизации	Размерность входного изображения	Количество фильтров в каждом блоке	Время обучения
U-NET	RMSprop	(256, 256, 3)	(3, 32, 64, 128, 256, 512)	≈1 ч.
U-NET	RMSprop	(512, 256, 3)	(3, 64, 128, 256, 512, 1024)	≈4.5 ч.
U-NET	Adam	(512, 256, 3)	(3, 32, 64, 128, 256, 512)	≈2 ч.

После выполнения обучения моделей из таблицы 1, выполняется их тестирование на отдельном наборе данных, который не принимал участия в процессе обучения. В качестве функции потерь была выбрана бинарная кросс-энтропия.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП НА ИЗОБРАЖЕНИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ

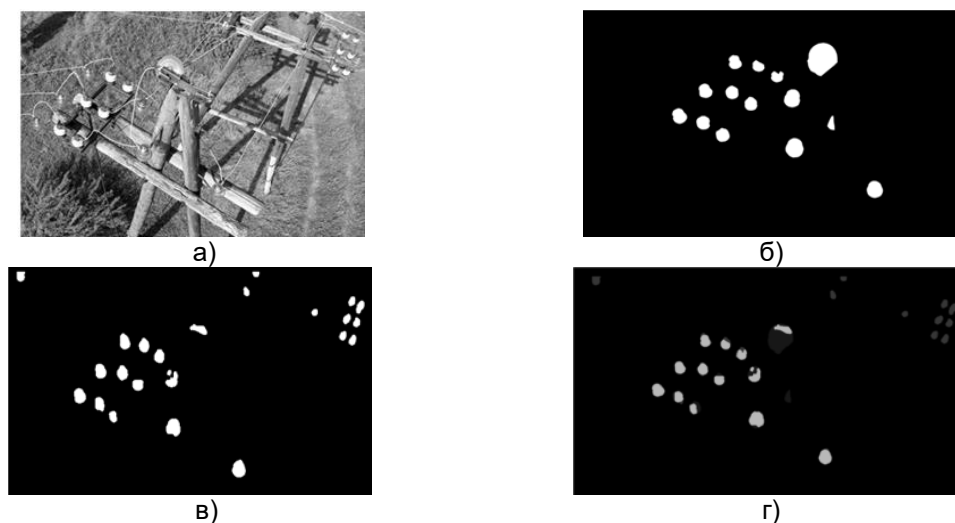


Рисунок 3 – а) Исходное изображение; б) Истинная маска;
в) Предсказанная маска; г) Наложение двух масок

Оценка качества работы сети выполнялась с помощью метрик recall, precision и F-measure. Для каждого изображения из тестовой выборки, прошедшего через нейронную сеть, рассчитаны значения по указанным метрикам. Для них было рассчитана среднеарифметическое значение, которое выступает в качестве оценки сети. По результатам исследований можно сказать, что наиболее успешной оказалась модель с функцией оптимизации Adam с размерами входного изображения (512,256,3).

Результаты запуска нейронной сети на тестовых данных демонстрируются на рисунке 3. Наложение двух масок фрагментарно меняет окраску изображения: красным цветом выделены пиксели, которые сегментированы как объект, хотя являются фоном; синим цветом – пиксели, которые классифицированы как фон, хотя являются объектом; зеленым цветом отмечены верно сегментированные пиксели. В указанном примере, изоляторы в правом верхнем углу изображения отмечены красным цветом, т.к. на исходной маске их нет, однако на исходном изображении можно наблюдать, что изоляторы там действительно присутствуют.

Выводы

Разработанный алгоритм распознавания изоляторов с высокой точностью сегментирует их на изображении. Однако некоторые схожие по форме и текстуре объекты частично попадают в класс больших объектов. Можно предположить, что увеличение размеров и разнообразия образцов в тренировочной выборке, поможет решить данную проблему.

Повысить качество обучения можно с применением эффективных инструментов аугментации данных. Предполагается выполнять испы-

тания с применением предварительно обученных нейронных сетей на этапе свертывания изображения.

В процессе проведения испытаний лучшие результаты показала модель с функцией оптимизации Adam, ее результаты: recall (полнота) = 0.754, precision (точность) = 0.838, F-measure (F-мера) = 0.779.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Olaf Ronneberger, O Philipp Fischer, Thomas Brox: U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation (2015), arXiv:1505.04597[cs.CV].
2. Zifeng Wu, Chunhua Shen, Anton van den Hengel: Wider or Deeper: Revisiting the ResNet Model for Visual Recognition (2016), arXiv:1611.10080 [cs.CV].
3. Seyedhosseini, M., Sajjadi, M., Tasdizen, T.: Image segmentation with cascaded hierarchical models and logistic disjunctive normal networks. In: Computer Vision (ICCV), 2013 IEEE International Conference on. pp. 2168–2175 (2013).
4. Satyam Mohla, Sidharth Mohla, Anupam-Guha, Biplab Banerjee: Multimodal Noisy Segmentation based fragmented burn scars identification in Amazon Rainforest(2020), arXiv:2009.04634 [cs.CV].

Храпунов Денис Николаевич – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: idens22rus@gmail.com;

Корякин Илья Николаевич – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: inkor2009@yandex.ru;

Зрюмов Павел Александрович – к.т.н. АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: pzyumov@yandex.ru;

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н. АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: a.zrumova@mail.ru.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАТЧИКОВ РАССТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

Е. М. Патрушев, И. В. Колосов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассматриваются вопросы создания радарных датчиков расстояния, применимых в условиях перекрёстных помех. В качестве узла, создающего сигналы излучаемые радаром, авторами предлагается использовать генератор хаотических колебаний. Обзор литературных источников, представленный авторами, позволил сформулировать преимущества такого подхода. Предложена структурная схема датчика расстояния на основе генератора хаоса и принципиальные требования к её реализации.

Ключевые слова: перекрёстные помехи, некоррелированный сигнал, ультразвуковой радарный датчик.

Одним из решений проблемы перекрёстных помех в датчиках, работающих на излучение–приём волн различной природы, является использование источника случайных сигналов в качестве задающего элемента устройства [1]. Действительно, использование детерминированных сигналов в нескольких датчиках накладывает ограничение на возможность их одновременной работы в одной области пространства, в одном и том же диапазоне частот. С другой стороны, использование некоррелированных сигналов каждым датчиком, должно позволить существенно уменьшить влияние датчиков друг на друга.

Цель исследований – разработка структурной схемы ультразвукового радарного датчика и выбор параметров этой системы.

В настоящее время ведутся активные исследования по теме радаров на хаотических сигналах [2, 3]. Авторами [4] и [5] перечисляются следующие преимущества таких систем:

1) Случайность генерируемых сигналов. Хаотическая система может быть представлена нелинейным дифференциальным уравнением. Движение в системе демонстрирует непредсказуемую случайность без постороннего влияния. При этом конечное состояние системы будет сильно зависеть от начальных условий.

2) Детерминированность процесса. Когда начальное значение определено, сгенерированный хаотический ряд определен.

3) Эргодичность. Хаотическое движение эргодично в диапазоне своих положений, а это означает, что на ограниченных участках хаотическая система без повторения прохо-

дит все состояния по своим законам. Выбор соответствующих параметров генератора хаоса [6] может обеспечить желаемое отношение пикового значения к действующему и т.д.

4) Эффективное использование полосы частот благодаря нелинейности и высокому порядку динамической системы, позволяющей генерировать процессы ортогональные друг другу;

5) Повышение энергетической эффективности с передающей стороны за счёт отсутствия необходимости использования модулятора с расширением спектра. Кроме того, хаотический сигнал является непрерывным, что также увеличивает энергию, излучаемую радаром.

6) Использование хаотического сигнала с постоянной огибающей и с достаточной шириной полосы может привести к появлению всплесков в огибающей эхо–отклика. Это может быть использовано для идентификации целей.

7) Возможность создания сети из датчиков, которые могут производить измерения независимо друг от друга, но при этом обмениваться данными между собой.

8) Использование случайного сигнала позволяет создать радар, незаметный для обнаруживаемого объекта.

Однако есть и недостатки:

1) Высокие боковые лепестки автокорреляционной функции (АКФ) сигнала. Очевидно, случайный процесс, генерируемый хаотическим осциллятором, будет уступать специально сконструированным сигналам типа M–последовательности или кодов Баркера.

ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАТЧИКОВ РАССТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

2) Сложные требования к приемнику. Схемы обработки сигналов в радарном датчике должны основываться на применении корреляционной техники.

Несмотря на представленные недостатки, в частности сложность методов применяемых в радиолокации для корреляционной обработки сигналов, в настоящей работе предлагается относительно простая схема реализации малогабаритного датчика расстояния, устойчивого к действию перекрёстных помех, применимого для мобильных роботов.

Принципиальные соображения по выбору характеристик сигнала

Для радаров расстояния самой важной характеристикой сигнала является его АКФ $R_{XX}(\tau)$, которая для излучаемого сигнала $u_t(t)$ может быть записана следующим образом.

$$R_{XX}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u_t(\tau)u_t(t + \tau)d\tau. \quad (1)$$

Если сигнал $u_t(t)$ имеет шумоподобный спектр и занимает некоторую полосу частот от 0 до ω_1 , как показано на рисунке 2, то его АКФ будет иметь лепестковый вид подобный виду, представленному на рисунке 1.

По рисунку 1 можно выделить половину ширины главного лепестка τ_k , которую можно определить следующим образом:

$$\tau_k = \frac{\pi}{\omega_1}. \quad (2)$$

Считая τ_k величиной, определяющей разрешающую способность радарного устройства, будем считать в дальнейшем, что погрешность измерения расстояния с помощью радара на случайных сигналах Δx составит:

$$\Delta x = \pm \frac{1}{2} c \cdot \tau_k, \quad (3)$$

где c – скорость распространения волны в среде.

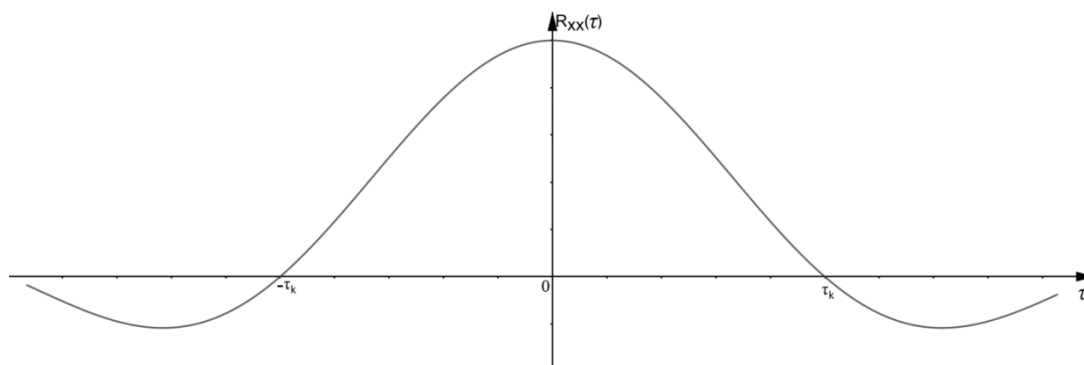


Рисунок 1 – Пример АКФ случайного сигнала в полосе частот от 0 до ω_1

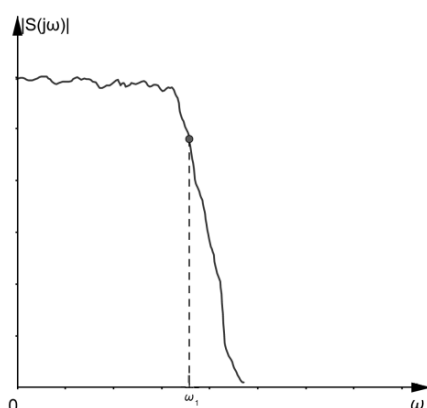


Рисунок 2 – Спектр случайного сигнала в полосе частот от 0 до ω_1

Спектр случайного процесса, представленный на рисунке 2, начинается от нулевой

частоты и поэтому не вполне удобен для практического использования. Построение широкополосных систем предполагает перенос спектра в область высоких частот с помощью модулятора, использующего семейство ортогональных функций. В случае если генератор хаоса является источником случайного сигнала системы, модулятор не требуется. Достаточно лишь настроить генератор хаоса на обеспечение заданной полосы частот и применить полосовой фильтр для подавления ненужных частотных составляющих. К числу широкополосных генераторов хаоса можно отнести генераторы на основе схемы Колпитца, обеспечивающие полосу вплоть до нескольких гигагерц [7]. Таким образом, в качестве источника сигналов может быть использован генератор хаоса, снабжённый полосовым фильтром для генерации ча-

стот в ограниченной полосе от ω_2 до ω_3 , как это показано на рисунке 3.

Согласно теории сигналов, АКФ случайного сигнала в ограниченной полосе имеет лепестковый характер с осцилляциями на средней частоте полосы $\omega_0 = (\omega_2 + \omega_3)/2$ (рисунок 4). Половину ширины главного лепестка τ_m можно определить следующим образом:

$$\tau_m = \frac{2\pi}{\omega_3 - \omega_2}. \quad (4)$$

Однако наличие осцилляций делает затруднительным определение взаимной корреляционной функции (ВКФ), что создаёт необходимость выполнения переноса спектра в низкочастотную область. Это может быть осуществлено с помощью умножения на синусоидальное колебание частотой ω_2 и выделения разностной частоты в ФНЧ с полосой пропускания от 0 до $(\omega_3 - \omega_2)$. Таким образом, мы можем прийти к заключению, что для разрешающей способности радарной системы Δx принципиальное значение имеет ширина полосы частот $(\omega_3 - \omega_2)$, а не сами значения ω_2 и ω_3 .

Сигнал, получаемый на приёмной стороне датчика $u_r(t)$, является задержанной

копией излучённого сигнала и снабжён помехами. Возможность точного определения времени запаздывания τ основывается на нахождении ВКФ исходного и полученного сигналов:

$$R_{XY}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u_r(\tau)u_t(t + \tau)d\tau. \quad (5)$$

Аппаратное непосредственное определение ВКФ является задачей для приборов, измеряющих вероятностные характеристики случайных процессов. Точность вычисления ВКФ большого значения не имеет, поскольку для радарного датчика расстояния важно лишь нахождение пика ВКФ. По этой причине практическая реализация может быть упрощена до знакового коррелометра, работающего с линией задержки на сдвиговых регистрах, операция перемножения может быть заменена на логическую операцию «исключающее или», а интегратор заменён на сумматор или усредняющее устройство. Преобразование сигнала в цифровую форму должно осуществляться с частотой дискретизации f_s не меньшей, чем удвоенная высшая частота сигнала:

$$f_s \geq \frac{\omega_3 - \omega_2}{\pi}. \quad (6)$$

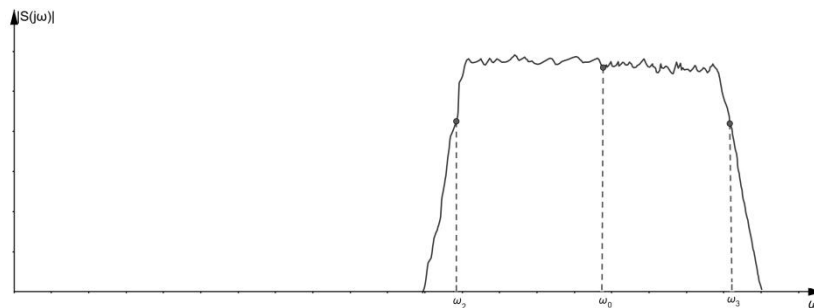


Рисунок 3 – Спектр случайного сигнала в полосе частот от ω_2 до ω_3

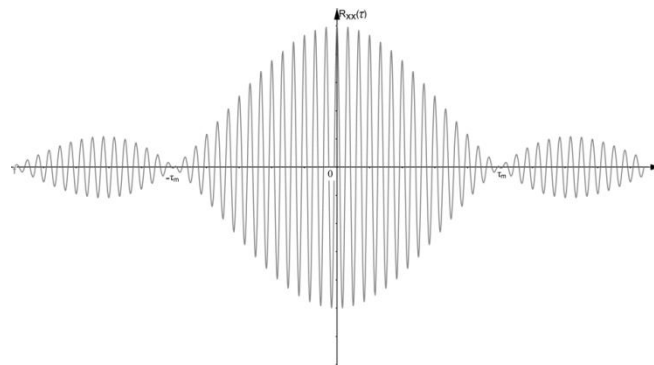


Рисунок 4 – Пример АКФ случайного сигнала в полосе частот от ω_2 до ω_3

ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАТЧИКОВ РАССТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

Время измерения ВКФ T_c зависит от ширины полосы частот и от желаемой точности δ её определения [8]:

$$T_c = \frac{2\pi}{\delta^2(\omega_3 - \omega_2)}. \quad (7)$$

Построение структурной схемы

На рисунке 5 представлена структурная схема радарного датчика расстояния. Датчик работает следующим образом. Генератором хаоса ГХ создаётся сигнал, полоса которого ограничивается фильтром ПФ в заданной полосе. Такой же фильтр установлен на приёмной стороне радарного датчика. Генератор синусоидальных сигналов ГС, перемножители П и ФНЧ обеспечивают перенос спектра сигналов в низкочастотную область. Усилители–ограничители УО преобразуют сигнал к

прямоугольной форме. Это необходимо для работы знакового цифрового коррелометра ЦК. Частота дискретизации задаётся генератором импульсов ГИ.

В качестве примера построения может быть предложен радарный датчик на основе пары излучатель–приёмник типа TR40–16, предназначенной для работы со средней частотой 40кГц. Исходя из возможностей излучателя и приёмника, может быть построен радарный датчик со следующими параметрами: $\omega_2 = 2\pi \cdot 39000$ рад/с, $\omega_3 = 2\pi \cdot 41000$ рад/с, $\tau_k = 250$ мкс, $\Delta x = \pm 42$ мм, $f_s = 10$ кГц, $T_c = 200$ мс. Для этого примера была составлена модель в Matlab/Simulink, результат построения коррелограммы представлен на рисунке 6.

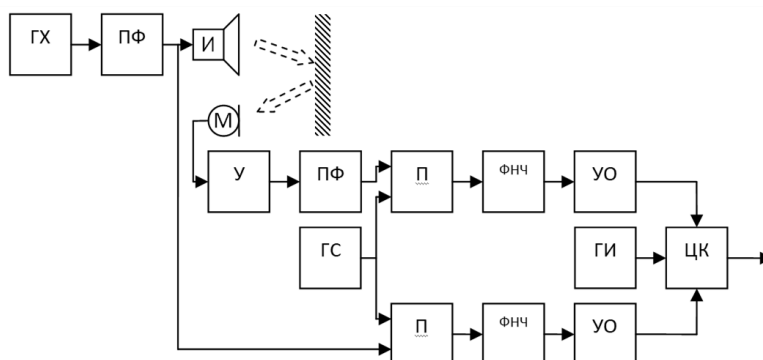


Рисунок 5 – Структурная схема радарного датчика расстояния. На рисунке условно обозначены: ГХ – генератор хаоса, ПФ – полосовой фильтр, И – ультразвуковой излучатель, М – ультразвуковой микрофон; У – усилитель, ГС – генератор синусоидальных сигналов, П – перемножитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО – усилитель–ограничитель, ГИ – генератор импульсов, ЦК – цифровой коррелометр

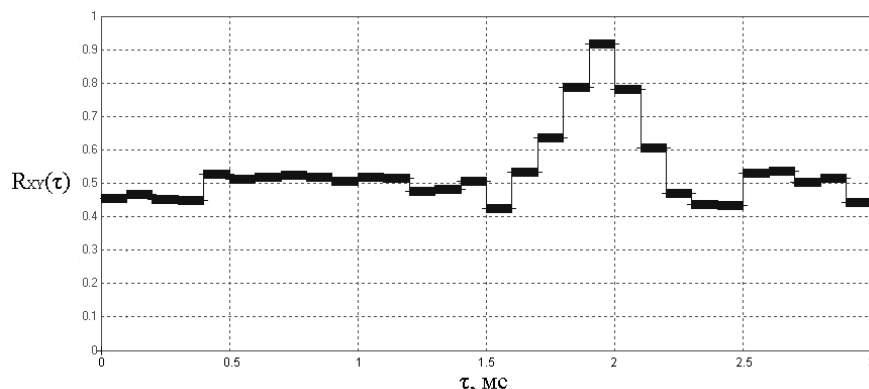


Рисунок 6 – Пример построения коррелограммы для датчика по предлагаемой структурной схеме, полученный на модели в Matlab/Simulink

Выводы

Предлагаемый вариант активного радара датчика на основе генератора хаотических колебаний с излучением случайного сигнала может быть востребован для применения в условиях сложной помеховой обстановки, например при действии перекрестных помех. Такое преимущество обусловлено свойством ортогональности семейства сигналов, генерируемых хаотическим осциллятором. Практическое осуществление предлагаемого устройства относительно простое, самый сложный узел – коррелятор может быть выполнен с помощью микроконтроллера с реализацией знакового коррелятора реального времени программным алгоритмом. Дополнительно, в условиях преобладания помех, программно может быть реализован алгоритм изменяющий время определения ВКФ в зависимости от входного отношения сигнал/помеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патрушев, Е.М. Обзор методов обработки измерительной информации в датчиках, работающих на излучение–прием случайных сигналов / Е.М. Патрушев, Н.А. Грищенко. Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2019. – №4. – С.55–57.
2. Ashtari, A. Radar Signal Design Using Chaotic Signals / A. Ashtari, G. Thomas, H. Garcés, B.C. Flores // 2007 International Waveform Diversity and Design Conference. – Pisa, Italy, 2007. – P.353–357.

3. Beal, A.N. High frequency oscillators for chaotic radar / A.N. Beal, J. N. Blakely, N. J. Corron, R. N. Dean // Proc. SPIE 9829, Radar Sensor Technology XX. – Baltimore, Maryland, USA, 2016. – Vol. 9829. – 98290H–1.
4. Harman, S.A. Chaotic signals in radar? / S.A. Harman, A.J. Fenwick, C. Williams // Proceedings of the 3rd European Radar Conference. – Manchester, UK, 2006, P.49–52.
5. Qiang, G. The Research of Chaos-based M-ary Spreading Sequences / Gao Qiang, Yan Hua, Yang Hongye // TELKOMNIKA. – 2012. – Vol.10, No.8, P. 2151–2158.
6. Willsey, M.S. Selecting the Lorenz Parameters for Wideband Radar Waveform Generation / M.S. Willsey, K.M. Cuomo, A.V. Oppenheim // International journal of bifurcation and chaos. – 2011. – № 21(9). – P. 2539–2545.
7. Liu, L. Simultaneous Life Detection and Localization Using a Wideband Chaotic Signal with an Embedded Tone/ Li Liu, Chaoyi Guo, Jingxia Li, Hang Xu, Jianguo Zhang, Bingjie Wang // Sensors. – 2016. – № 16(11). – 1866.
8. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2 т : пер. с фр. / Ж. Макс. – Москва : Мир, 1983. – Т. 2. – 256 с. – Текст: непосредственный.

Патрушев Егор Михайлович – кандидат технических наук, доцент, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, Барнаул, e-mail: attractor@list.ru;

Колосов Игорь Викторович – магистрант, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, Барнаул, e-mail: tkolosovt@gmail.com.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ ДОРНОВАНИЮ ПО СХЕМЕ СЖАТИЯ

И. А. Лысак¹, Ю. Лю¹, Г. В. Лысак²

¹Томский политехнический университет,

²Томский государственный университет,
г. Томск

Разработана математическая модель для численного анализа напряженно деформированного состояния втулок после дорнования по схеме сжатия. Проведено конечно-элементное моделирование процесса поверхностного упрочнения цилиндрических отверстий методом упругопластического деформирования с использованием CAE ANSYS. Получено распределение окружных остаточных напряжений в поперечном сечении цилиндрических втулок из стали 50 для прогнозирования усталостной прочности упрочненных деталей.

Ключевые слова: остаточные напряжения, конечно-элементный анализ, CAE ANSYS.

Введение

В механических узлах подавляющее большинство деталей собирается вместе путем установки крепежных элементов в соединительные отверстия, которые являются концентраторами напряжений [1]. Повышение усталостной долговечности деталей возможно путем локальной упрочняющей обработки без изменения их формы и конструкционных материалов, а также без увеличения веса конструкции. Дорнование в настоящее время – это наиболее распространенный в промышленности процесс упрочнения отверстий, являющийся одной из наиболее эффективных мер по увеличению срока службы деталей. Исследования показали, что остаточное напряжение на краю отверстия, создаваемое в процессе дорнования, может эффективно уменьшить растягивающее напряжение, вызванное внешней нагрузкой, улучшить усталостную прочность и эффективно уменьшить интенсивность напряжений на вершине трещины, тем самым замедляя скорость расширения усталостной трещины и значительно улучшая усталостный ресурс детали. Процесс поверхностного упрочнения цилиндрических отверстий в настоящее время хорошо изучен, однако из-за ограничений экспериментальных методов контроля остаточных напряжений напряженно-деформированное состояние деталей, подвергнутых дорнованию, остается исследованным недостаточно [2]. В последние годы, благодаря быстрому развитию компьютерных технологий, появляется все больше работ по численному изучению, возникающих остаточных напряжений [3, 4], однако эти ис-

следования находятся на начальной стадии и еще далеки от завершения.

Цель исследования – создание математической модели для исследования напряженно-деформированного состояния цилиндрических толстостенных деталей в процессе одноциклового дорнования по схеме сжатия с использованием CAE ANSYS.

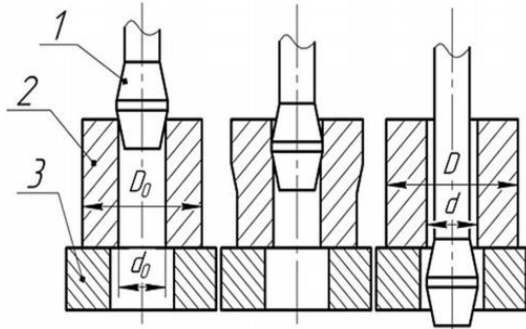
Описание решаемой задачи

Напряженно-деформированное состояние втулки рассчитывалось в приближении теории малых перемещений, дополненной мультилинейной моделью кинематического упрочнения материала. Упругое поведение материала описывалось линейной моделью. Инерционные явления не рассматривались. Задача решалась в квазитрехмерной постановке с использованием модуля StaticStructural комплекса инженерного анализа ANSYS. В тестовых расчетах использовался материал втулки – сталь 50, материал дорна – сплав ВК8 (таблица 1).

Таблица 1 – Механические свойства используемых материалов

Модуль упругости E, МПа	$2,07 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$
Коэффициент Пуассона(μ)	0,276	0,2
Предел прочности при изгибе, МПа	630	1400
Предел прочности при сжатии, МПа	230	4700
Плотность, кг/м ³	7860	14400

Рассматриваемая деталь представляет собой цилиндрическую втулку с отверстием (рис. 1), диаметр отверстия $d_0 = 5\text{ мм}$, степень толстостенности ($D_0/d_0 = 3$), удельная длина ($L/d_0 = 2$) и коэффициент натяга ($a = 3,4\%$).



1 – дорн; 2 – втулка; 3 – опора;
 d_0 – внутренний диаметр втулки;
 D_0 – наружный диаметр втулки;
 d – внутренний диаметр втулки после дорнования; D – наружный диаметр втулки после дорнования

Рисунок 1 – Схема математической модели

В математической модели использовались следующие граничные условия (рисунок 2): поверхности дорна и втулки – “Frictional Contact” с коэффициентом трения 0,07; верхняя поверхность дорна – “Displacement”, скорость перемещения в осевом направлении 8мм/с; на ребра втулки 1 и 2 наложено ограничение всех перемещений; в качестве граничных условий симметрии использовались условия “Frictionless Support” на боковых гранях рассматриваемого сегмента втулки.

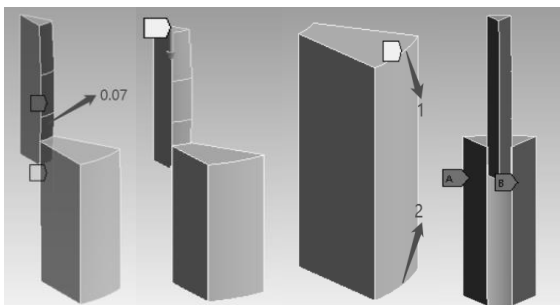


Рисунок 2 – Граничные условия модели

Модель втулки описывалась структурированной гексаэдрической сеткой. В областях, допускающих возникновение пластических деформаций (поверхность отверстия и торцы втулки) предусмотрено учащение сетки (рисунок 3).

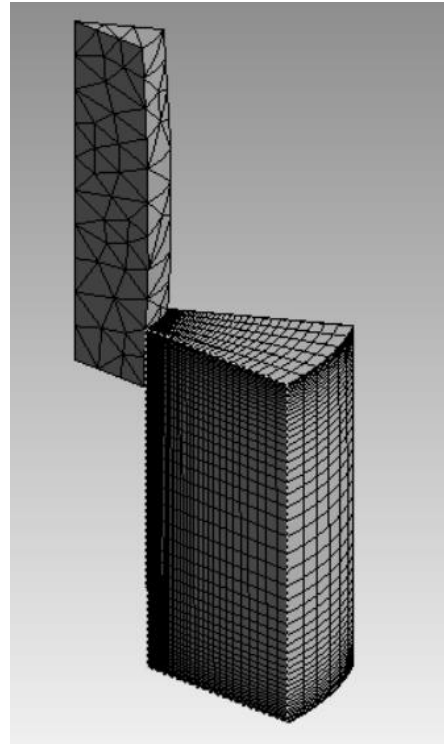


Рисунок 3 – Сеточная модель

Размерность сетки установлена на основе предварительных исследований сеточной сходимости задачи.

Результаты

На рисунке 4 представлены контуры распределения окружных остаточных напряжений в продольном сечении втулки.

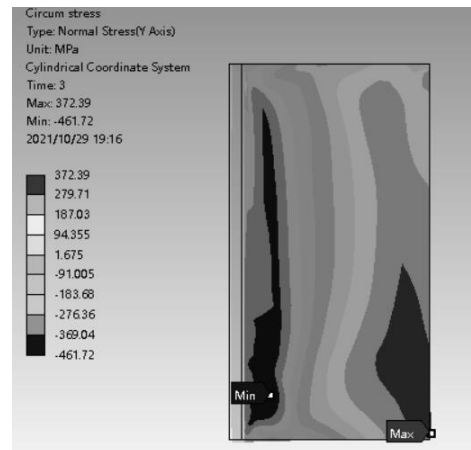
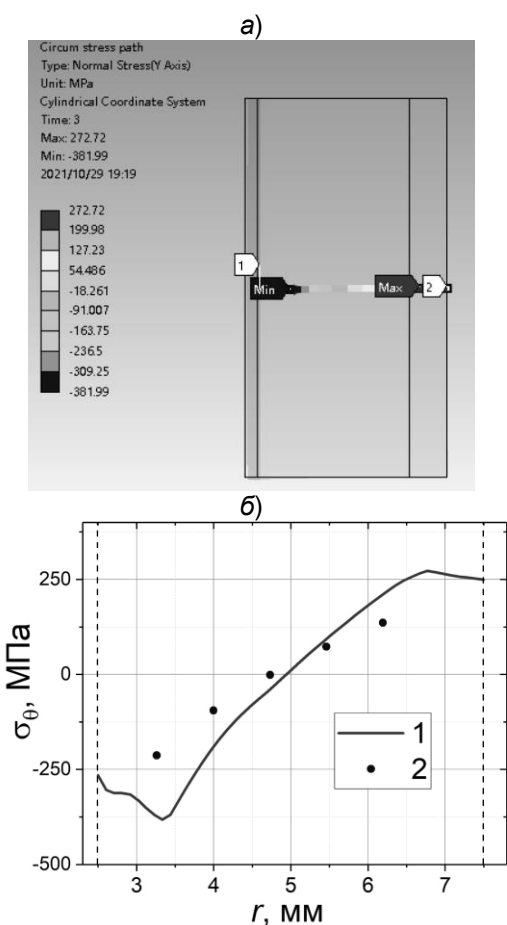


Рисунок 4 – Контурная диаграмма окружных остаточных напряжений

На рисунке 5б представлен график изменения остаточных напряжений вдоль радиальной траектории (рисунок 5а).

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ ДОРНОВАНИЮ ПО СХЕМЕ СЖАТИЯ



- 1 – рассчитанных с использованием созданной математической модели;
2 – установленных экспериментально и приведенных в литературе

Рисунок 5 – Значения окружных остаточных напряжений [5]

Представленные данные позволяют сделать вывод, что остаточные напряжения имеют знакопеременный характер и распределяются в сечении втулки неравномерно, большие их значения сосредоточены ближе к основанию, что связано с рассматриваемой схемой дорнования – «на сжатие». Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными, что свидетельствует об обоснованности принятых в модели допущений.

Выводы

Созданная математическая модель позволяет выполнить анализ распределения остаточных напряжений в сечениях втулок в широком диапазоне режимов дорнования, экспериментальное исследование которых весьма затруднительно, а часто невозможно, и может быть использована для прогнозирования усталостной прочности упрочненных деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ge E. D., Fu Y. C., Su H. H., Xu J. H., Chen Xue M. Study on residual stresses and fatigue properties of TC21 titanium alloy plate bores by cold extrusion // Rare metal materials and engineering. 2016. 45(05). p.1189–1195.
2. Yan W Z, Wang X S, Gao H S, et al. Effect of Split Sleeve Cold Expansion on Cracking Behaviors of Titanium Alloy TC4 Holes // Engineering Fracture Mechanics. 2012, 88. p. 79–89.
3. Nigrelli V, Pasta S. Finite-element Simulation of Residual Stress Induced by Split-sleeve Cold-expansion Process of Holes // Journal of Materials Processing Technology. 2008. 20 5. p. 290–296.
4. Ge Ende, Su Honghua, Cheng Yuanqing, Fu Yucan, Xu Jihua, Xiao Ruiheng. Residual stress distribution and fatigue life of TC4 plate hole cold extrusion strengthening // China Mechanical Engineering. 2015. 26(07). p. 971–976.
5. Скворцов, В.Ф. Применение метода Н.Н. Давиденкова для оценки окружных остаточных напряжений в обработанных дорнованием полых цилиндрах / В.Ф. Скворцов, А. Ю. Арляпов, А. О. Бознак, И. И. Оголь. – Текст: непосредственный // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4 – № 4. – С. 65–70.

Лю Юйцин – студент ОмШ ИШНПТ ТПУ, тел.: 89131152581, e-mail: yuycin1@tpu.ru;

Лысак Илья Александрович – к.т.н., доцент ОмШ ИШНПТ ТПУ, тел.: 83822705087, e-mail: lysakia@tpu.ru;

Лысак Галина Владиленовна – к.х.н., с.н.с. СФТИ ТГУ, тел.: 83822705087, e-mail: h-0-h@yandex.ru

УДК 535.3 (574.5)

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В НИЖНЕЙ ОБИ

О. Б. Акулова, В. И. Букатый, В. В. Кириллов

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН,
г. Барнаул

*В августе–сентябре 2020 и 2021 гг. получены новые натурные данные по оптическим характеристикам воды для устьевого участка р. Обь в районе села Салемал Ямальского района ЯНАО. Рассчитаны значения показателя ослабления света $\varepsilon(\lambda)$ и показателя поглощения света жёлтым веществом $\kappa_{жв}(\lambda)$ в диапазоне 400–800 нм, которые за исследуемый период находились в широком диапазоне. Измерена относительная прозрачность по белому диску Секки. Также получены концентрации жёлтого вещества, фотосинтетических пигментов – хлорофиллов *a*, *b*, *c* и каротиноидов.*

Ключевые слова: показатель ослабления света, показатель поглощения света жёлтым веществом, прозрачность по диску Секки, хлорофилл, река Обь.

Введение

Оптические характеристики воды (показатели ослабления, рассеяния и поглощения света, а также относительная прозрачность по диску Секки) являются важным физическим индикатором экологического состояния различных водных объектов, а также являются фактором функционирования планктонных и бентосных сообществ.

Цель: работа посвящена исследованию пространственного распределения гидрооптических характеристик и хлорофилла на устьевом участке р. Обь в различные сезоны в период 2020–2021 гг.

Материалы и методы исследования

В результате проведённых экспедиционных исследований в конце августа 2020 г. впервые были получены данные по оптическим характеристикам воды для устьевого участка р. Обь в районе села Салемал Ямальского района ЯНАО в период наименьших уровней воды и максимального развития гидробиоценозов. Продолжены эти исследования были на этом створе, а также на выше расположенных створах у д. Казым–Мыс и с. Азовы в марте–апреле и августе–сентябре 2021 года.

Измерения гидрооптических характеристик – показателей ослабления $\varepsilon(\lambda)$ и показателей поглощения света жёлтым веществом $\kappa_{жв}(\lambda)$ в водных пробах, взятых на участке нижней Оби, провели с помощью стационарного спектрофотометра ПЭ–5400УФ в лаборатории в 2020 г. и портативного спектрофотометра DR900 в полевых условиях в 2021 г.

в режиме измерений спектральной прозрачности воды $T(\%)$ до и после её фильтрации. Абсолютная погрешность определения $\varepsilon(\lambda)$ и $\kappa_{жв}(\lambda)$ составила $0,5 \text{ м}^{-1}$.

Согласно закону Бугера в пределах его применимости показатель поглощения света жёлтым веществом прямо пропорционален его концентрации. Тогда, следуя работе [1], измерили $\kappa_{жв}$ при $\lambda=450$ нм, затем определили концентрацию жёлтого вещества в речной воде по формуле

$$C_{жв} = \kappa_{жв}(450) / \kappa_{уд.жв}(450).$$

Здесь $C_{жв}$ – концентрация жёлтого вещества, в $\text{г}/\text{м}^3$, $\kappa_{уд.жв}(450)$ – удельный показатель поглощения света жёлтым веществом, в $\text{м}^2/\text{г}$. С учётом предложенного подхода в [1] рассчитали значения $C_{жв}$ с использованием величины $\kappa_{уд.жв}(450)$, взятой из работы [2].

Результаты

В таблице 1 представлены результаты расчётов показателей поглощения света жёлтым веществом, а также концентраций жёлтого вещества и хлорофилла *a* для различных станций на р. Обь у села Салемал в августе 2020 года.

В результате оптического эксперимента по определению изменчивости показателей ослабления и поглощения света жёлтым веществом в спектральном диапазоне 400–800 нм в створе «Салемал» получено, что значения $\varepsilon(\lambda)$ находились в широком диапазоне – $1,5\text{--}21,5 \text{ м}^{-1}$, $\kappa_{жв}(\lambda)$ – $0,1\text{--}12,2 \text{ м}^{-1}$. Среднее значение относительной прозрачности по диску Секки на разных станциях р. Оби составило $\sim 1,0$ м.

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В НИЖНЕЙ ОБИ

Рассчитаны концентрации жёлтого вещества в водных пробах, отобранных с 14 станций на разных горизонтах, которые варьировали в пределах 18,8–26,9 г/м³ со средним значением 22,1 г/м³. Получены новые данные по содержанию хлорофилла *a* на исследуемых участках р. Оби. Максимальное содержание хлорофилла *a* было зафиксировано на глубине 14 м (станция 5.3) и составило 22,7 мг/м³.

Таблица 1 – Концентрации жёлтого вещества и хлорофилла *a*, значения показателя поглощения света жёлтым веществом на длине волны 450 нм на разных глубинах *H* 14 станций реки Обь 27 августа 2020 г.

№ станции	<i>H</i> , м	$K_{жв}(450)$, м ⁻¹	$C_{жв}$, г/м ³	$C_{хл\ a}$, мг/м ³
1.1	0	4,0	18,8	17,0
1.2	2	4,4	20,9	16,2
1.3	8	4,4	20,7	22,6
2.1	0	4,7	22,0	19,2
2.2	5	4,7	22,4	20,5
2.3	20	4,4	20,9	17,7
3.1	0	4,5	21,2	17,9
3.2	5	5,7	26,9	20,3
3.3	20	5,0	23,6	16,5
4.1	0	4,9	22,9	12,5
4.2	4	4,8	22,8	21,6
4.3	20	4,8	22,8	18,1
5.1	0	4,6	21,7	20,2
5.3	14	4,5	21,3	22,7

Полученные результаты для устья реки Оби согласуются с данными по другим рекам мира, исследованным с использованием методического подхода, основанного на физической модели ослабления света в водных средах [3].

Расчёты показателей поглощения света жёлтым веществом и концентраций жёлтого вещества для различных станций на р. Обь на трёх створах в марте–апреле 2021 г. показали следующий результат. Средние значения $K_{жв}$ на длине волны 450 нм составили 3,9 м⁻¹, $C_{жв}$ – 18,6 г/м³ и для весенних подлёдных проб оказались незначительно ниже, чем летом, в период открытой воды. Амплитуда колебаний также мало отличалась для различных створов.

Концентрации фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b*, *c* и каротиноидов) в подлёдных пробах при среднем значении составили для $C_{хл\ a}$ 0,7 мг/м³, $C_{хл\ b}$ –

0,8 мг/м³, $C_{хл\ c_1+c_2}$ – 1,0 мг/м³ и $C\ K_{рд}$ – 1,5 мкг/дм³, что соответствовало уровню олиготрофных водотоков, в отличие от периода открытой воды, когда они достигали уровня эвтрофных водных объектов.

В августе–сентябре 2021 г. средние для всех исследованных проб значения оптических и пигментных характеристик составляли следующие значения: $K_{жв}(450)$ – 5,7 м⁻¹, $C_{жв}$ = 27,0 г/м³, $C_{хл\ a}$ – 28,49 мг/м³, $C_{хл\ b}$ = 3,19 мг/м³, $C_{хл\ c_1+c_2}$ – 55,97 мг/м³, $C\ K_{рд}$ – 7,42 мкг/дм³. Показатель поглощения света жёлтым веществом $K_{жв}(450)$ и концентрация жёлтого вещества летом мало отличались от зимних. Количество фотосинтетических пигментов в августе–сентябре значительно превышало подлёдные весенние величины с максимумом 55 мг/м³, соответствующем уровню гиперэвтрофных водных объектов.

Сравнение гидрооптических характеристик и количества хлорофилла *a* в речной воде у с. Салемал за 2020 и 2021 годы по 14 точкам также свидетельствует о меньшей вариабельности концентрации жёлтого вещества по сравнению с изменчивостью количества хлорофилла *a* и каротиноидов в межгодовом аспекте (Рисунки 1–3).

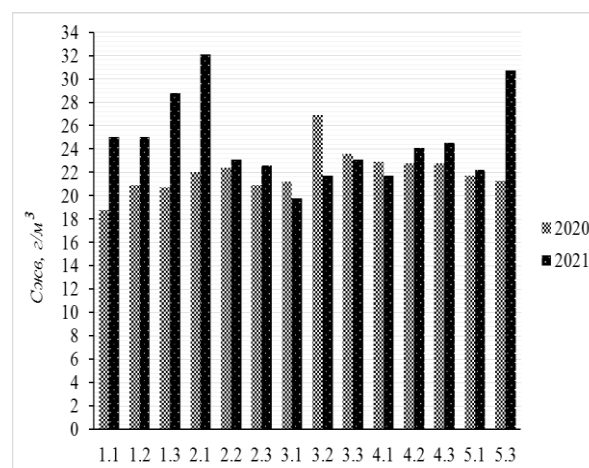


Рисунок 1 – Концентрации жёлтого вещества на створе «Салемал» в августе–сентябре 2020–2021 гг.

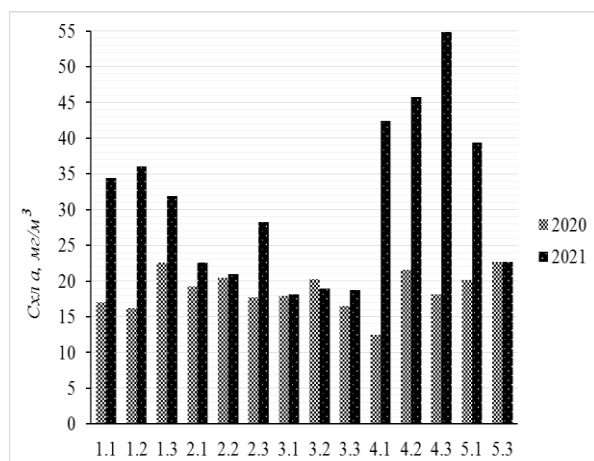


Рисунок 2 – Концентрации хлорофилла а на створе «Салемал» в августе–сентябре 2020–2021 гг.

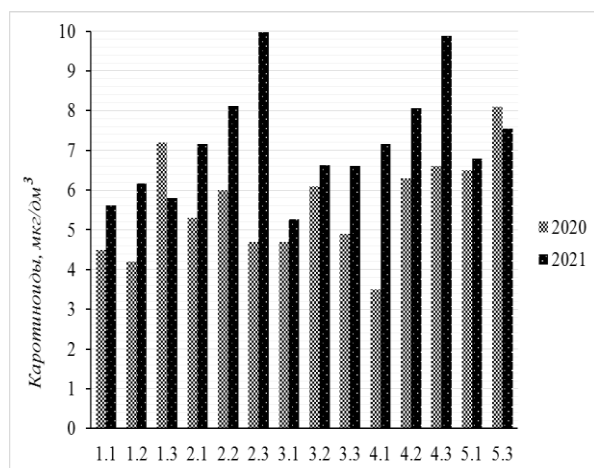


Рисунок 3 – Концентрации каротиноидов фитопланктона на створе «Салемал» в августе–сентябре 2020–2021 гг.

Заключение

В результате проведённых экспедиционных исследований в августе 2020 г. и сентябре 2021 г. впервые получены данные по оптическим характеристикам воды для нижней Оби.

Установлено, что биооптические характеристики, в первую очередь, показатель поглощения света жёлтым веществом, свидетельствуют о наличии значительного количества растворённых органических веществ и фитопланктона в период летней межени.

Полученные результаты для устья реки Оби согласуются с данными по другим рекам мира, исследованным с использованием методического подхода, основанного на спек-

тральной физической модели ослабления света в водных средах.

Сведения о финансовой поддержке

Работа выполнена в соответствии с Договором № 3–2.4/2020 с Некоммерческим Партнерством «Российский Центр освоения Арктики» на проведение НИР по теме «Комплексные научные исследования Обской Губы в рамках реализации в 2020 году проекта «Экологическая безопасность Обь–Иртышского речного бассейна», а также в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (№ гос. регистрации проектов АААА–А17–117041210244–5 и АААА–А17–117041210241–4).

Благодарности

Благодарим науч. сотр. лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН, канд. биол. наук М.И. Ковешникова за отбор водных проб и предоставленные данные измерений относительной прозрачности по диску Секки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маньковский, В.И. Жёлтое вещество в поверхностных водах восточной части Тропической Атлантики. – Текст: непосредственный / В. И. Маньковский [Текст] // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – №3. – С. 53–61.
2. Nyquist, G. Investigation of some optical properties of sea water with special reference to lignin sulfonates and humic substances. PhD Thesis, Dept. Analytical and Marine Chemistry / Gunnar Nyquist. – Göteborg University, Göteborg, Sweden, – 1979. – 200 p.
3. Akulova, O.B. Optical characteristics of water at the mouth of the Ob River / O.B. Akulova, V.I. Bukaty, V.V. Kirillov [Text] // Limnology and Freshwater Biology. – 2021 (3). – P. 1147–1151. (DOI:10.31951/2658–3518–2021–A–3–1147)

Акулова Ольга Борисовна – канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)666501, e-mail: akulova8282@mail.ru;

Букатый Владимир Иванович – д-р физ–мат. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)666501, e-mail: v.bukaty@mail.ru;

Кириллов Владимир Викторович – канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией водной экологии ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)240214, e-mail: heller53@mail.ru.

ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ ПОДЛЕДНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

¹И. А. Суторихин, ¹С. А. Литвиненко, ²В. А. Соловьев, ²А. Р. Каменев

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН,
г. Барнаул,

² Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание макета прибора для измерения малых скоростей движения воды в водоемах и водотоках. Этот макет прибора для измерения малых скоростей и направлений подледных течений на разных глубинах был опробован в ходе зимней экспедиции 2021 года на Телецком озере. Приводятся результаты проведенных измерений, обсуждаются полученные данные.

Ключевые слова: скорость движения воды, направление движения воды, схема макета прибора, блок регистрации, блок обработки данных, таблица данных.

Введение

Измерение скоростей подледных течений довольно сложная проблема, поскольку величины скоростей, как правило, имеют малые значения и стандартные гидрологические вертушки из-за большой массы и высокой инертности оказываются не применимы.

Установлено, что для проточных и бессточных водоемов в подледный период имеет место движение водных масс, что обусловлено как сейшевыми волнами, термической стратификацией [1].

Несмотря на малые скорости течений, динамические процессы играют важную роль в экосистемах покрытых льдом озер, определяя перенос и перераспределение растворенных и взвешенных веществ [2], в том числе удерживая наиболее легкие клетки фитопланктона в водной толще до начала весеннего конвективного перемешивания. Как показано в работах [1, 3], механизмы, приводящие в движение воду под ледяным покровом, разнообразны, и в результате действия этих механизмов в озерах формируется сложная структура течений. При моделировании скоростей течений подо льдом приходится использовать сложные трехмерные модели с большим количеством переменных даже для малого озера [4].

Внутренними источниками динамических процессов являются неоднородности полей плотности (бароклинность) в сочетании с бароклинной и баротропной неустойчивостью, сейшевые колебания, а также влияние морфометрии дна и берегов [5].

Среди этих механизмов наименее изученным является тепло- и массообмен на границе вода-лед. Слабость течений (в отличие от рек) и гидродинамическая неустойчивость подледного слоя воды вследствие плотностной аномалии пресной воды (в отличие от океанов) ведет к тому, что поток тепла из воды в лед отличается значительной нестационарностью. Важный вклад в теплообмен вносит подледная конвекция, вызываемая объемным поглощением солнечной радиации [6].

Описание объекта

Телецкое озеро – крупнейший водоем бассейна реки Оби. Оно расположено в северо-восточной части Горного Алтая на высоте 434 м над уровнем моря и входит в единую озерно-речную систему Восточного Алтая [7]. Средняя и максимальная ширина озера равны 2,9 и 5,2 км, соответственно, площадь зеркала – 227 км². Благодаря большой глубине (средняя глубина озера 181 м, максимальная 323 м) в нем содержится 41,1 км³ пресной воды. Озеро имеет своеобразный ледовый режим, который проявляется в отсутствие ежегодного полного ледостава в субмеридиональной части и весьма затянутых периодах замерзания до 4 месяцев и вскрытия (около 2 месяцев) северной субширотной (включая Камгинский залив). По гидротермическим характеристикам Телецкое озеро относится к динамическим с двумя периодами полного конвективного перемешивания до максимальных глубин за счет термического бара (май–июль и октябрь – декабрь) [9]. Трофический уровень Телецкого

озера с оценкой трофности по первичной продукции, прозрачности и содержанию биогенных веществ соответствует ультраолиготрофно–олиготрофному [10].

Экспедиционные работы проводились с 25 по 28 февраля 2021 г. на акватории озера между поселками Артыбаш и Иогач. Было

заложено два трехточечных трансекта от одного берега озера к противоположному с точкой в центральной части. Еще три точки были сориентированы относительно осевой части акватории. Координаты точек приведены в таблице, а местоположение изображено на рисунке 1.

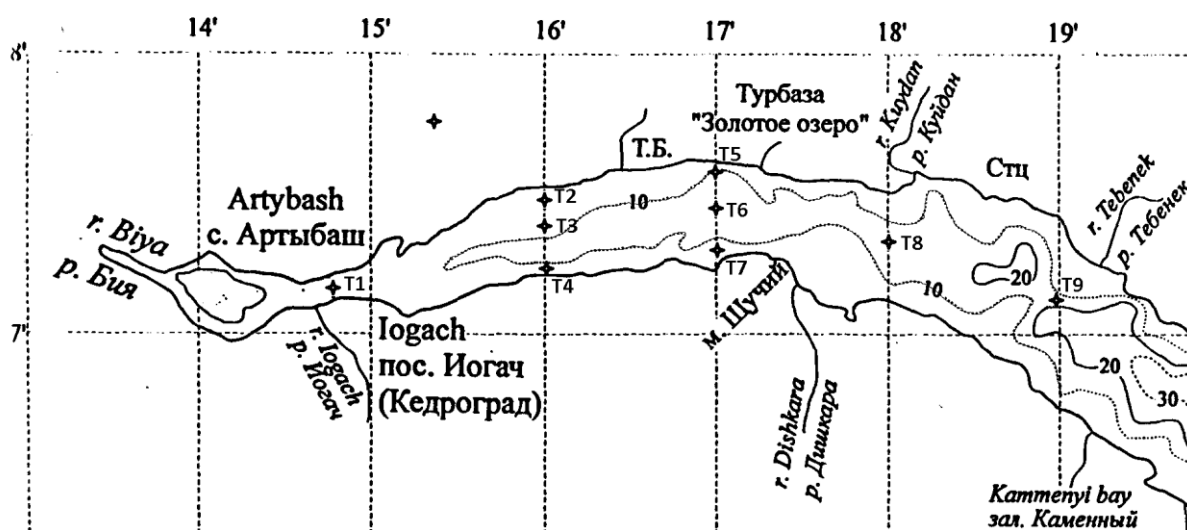


Рисунок 1 – Места проведения экспедиционных работ на оз. Телецкое

Макет прибора и методика измерений

Оригинальная конструкция прибора для измерения малых скоростей течения воды описана в [11]. Для измерения скоростей подледных течений на разных глубинах водоемов был создан макет прибора, в основе которого применен механизм от водоизмерительного устройства СГВ–15. Как показали предварительные стендовые исследования, указанные водоизмерительные устройства довольно чувствительны к малым скоростям движения воды и имеют малую инерционность. Это обусловлено тем, что крыльчатка счетчика закреплена в конусных подвесах, выполнена из пластмассы и имеет массу порядка 6 гр. Со счетным механизмом крыльчатка связана через водонепроницаемую прочную диафрагму посредством взаимодействия постоянных магнитов, что в свою очередь обеспечивает герметичность объема крыльчатки от счетного механизма.

Переделка СГВ–15 заключалась в том, что счетный механизм демонтировался и на ведущую ось устанавливался легкий четырехлопастной обтюратор. Конструкция разработанного устройства более подробно рассмотрена в [12]. Вращение обтюратора модулировало световой поток опто–электронной пары и далее модулированный сигнал обра-

батывался внешним электронным блоком, в состав которого входил и элемент питания. Измеряемая скорость движения воды определялась скоростью вращения крыльчатки и с заданным усреднением выводилась на дисплей внешнего электронного блока (рисунок 2). Кабельный шлейф, соединяющий измерительный блок с внешним электронным блоком имел длину 6 м. Измерительный блок закреплялся на пластиковой штанге длиной 4 м, что и составляло максимальную глубину его погружения. Калибровка макета прибора проводилась в стендовых условиях, когда макет погружался в бассейн с водой, а штанга с измерителем вертикально закреплялась на подвижной каретке. Скорость движения каретки задавалась электродвигателем с шестеренчатым редуктором и могла изменяться в диапазоне от 1 до 40 мм/с. Для повышения чувствительности на входной трубке измерительного блока диаметром 20 мм устанавливалась воронка с внешним диаметром 100 мм. По результатам калибровки был получен график, который определял величину импульсно модулированного сигнала с опто–электронной пары от скорости движения воды. В ходе калибровки было установлено, что предельная чувствительность макета прибора для малых скоростей

ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ ПОДЛЕДНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

движения равна 1 мм/с. Абсолютная погрешность измерений в указанном диапазоне скоростей соответствовала 1 мм/с. Результаты калибровки были запрограммированы в блоке обработки и на экране дисплея выводились данные о скорости движения воды в мм/с. Для учета неоднородности скорости движения воды при проведении измерений было предусмотрено введение 10, 15 и 20 с усреднение.

Измерительный блок крепится на пластиковой штанге длиной 4,5 м. На штанге фиксировали сигнальный кабель, который соединяет измерительный блок с блоком регистрации. Для определения глубины по-

гружения измерительного блока на штанге с периодом 1 м были нанесены метки. Ориентация измерительного блока на штанге отмечалась специальным маячком. Направление движения воды оценивалось по наличию отсчетов скорости на блоке индикации при повороте штанги на 360 град.

Результаты измерений

Результаты измерений подледных скоростей и направления движения воды в исследуемых точках на акватории озера приведены в таблице.

Измерения подледных скоростей движения воды на оз. Телецкое выполнялись в период с 25 по 27 февраля 2021.

Таблица – Результаты измерения подледных скоростей движения воды на оз. Телецкое (25–27 февраля 2021)

№ станции	Координаты	Дата	Время начала измерения	Толщина льда, см	Скорость греб. 0М мм/с / Направ, град	Скорость греб. 1М мм/с / Направ, град	Скорость греб. 2М мм/с / Направ, град	Скорость греб. 3М мм/с / Направ, град	Скорость греб. 4М мм/с / Направ, град
T1	87 15 00 51 17 10	25.02	10.25	22	1/92	2/87	4/90	2/92	3/90
T2	87 16 00 51 07 30	25.02	11.10	45	0/-	0/-	1/95	0/-	0/-
T3	87 16 00 51 07 20	25.02	11,55	56	1/88	2/90	3/95	2/90	1/93
T4	87 16 00 51 07 10	25.02	12.45	52	0/-	0/-	1/87	0/-	1/90
T5	87 17 00 51 07 40	26.02	10.20	53	0/-	0/-	1/92	1/92	0/-
T6	87 17 00 51 07 30	26.02	11,05	51	0/-	1/92	2/95	1/98	0/-
T7	87 17 00 51 07 20	26.02	11.50	48	0/-	1/90	1/90	0/-	0/-
T8	87 18 00 51 07 20	27.02	10.40	48	0/-	0/-	2/98	1/100	0/-
T9	87 19 00 51 07 10	27.02	11.20	50	0/-	0/-	1/120	1/110	0/-

Обсуждение и выводы

Полученные результаты измерения подледной скорости движения воды в Телецком озере показали существенную неоднородность ее изменения по глубине, что подтверждает гипотезу о струйном характере течений в озере [5]. Таким образом, механизмы, приводящие в движение воду под ледяным покровом, разнообразны, и в результате действия этих механизмов в озерах формируется сложная структура течений. Непосредственно под нижней кромкой льда движение воды не было обнаружено, за исключением точки 1.

Это объясняется трением воды по нижней, довольно неоднородной, кромке льда. В точке 1 вблизи устья вытекающей из озера реки Бия скорость течения существенно повышается из-за сужения створа. Вблизи берегов, где глубина озера не превышала 6 м (точки T2, T4, T5 и T7), низкие скорости регистрировались на глубинах 1–2 м.

Приведенные натурные данные могут быть использованы при моделировании скоростей течения воды подо льдом, когда приходится использовать сложные трехмерные модели с большим количеством переменных.

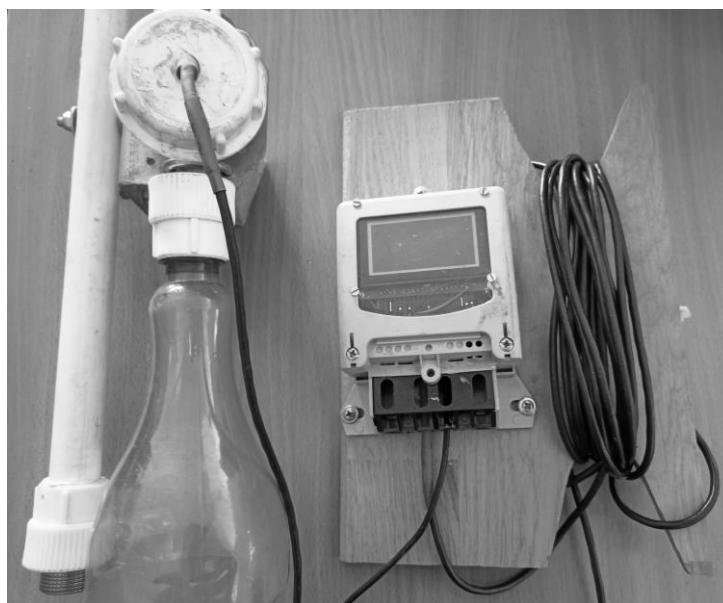


Рисунок 2 – Внешний вид датчика измерения скорости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пальшин, Н.И. Геострофические течения в малом озере подо льдом / Н.И. Пальшин, Г.Э. Здоровеннова, С.Р. Богданов [и др.]. – Текст: непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 11. – С. 89–94.
2. Гранин, Н.Г. О механизмах генерации подледных течений в Байкале / Н.Г. Гранин, М.Н. Шимараев. – Текст: непосредственный // ДАН. – 2001. – 377 (3). – С. 392–395.
3. Гранин, Н.Г. Подледные течения Байкала (на основе новых экспериментальных данных) / Н.Г. Гранин, М.Н. Шимараев. – Текст: непосредственный // География и Природные Ресурсы. – 2002. – № 1. – С. 79–83.
4. Филатов, Н.Н. Динамика озер / Н.Н. Филатов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 166 с. – Текст: непосредственный.
5. Филатов, Н.Н. Гидродинамика озер / Н.Н. Филатов. – Санкт-Петербург: Наука, 1991. – 196 с. – Текст: непосредственный.
6. Aslamov, I.A. Ice–water heat exchange during ice growth in Lake Baikal / I.A. Aslamov, V.V. Kozlov, G.B. Kirillin, I.B. Mizandroutsev, K.M. Kucher, M.M. Makarov, A. Yu. Gornov, N.G. Granin // Journal of Great Lakes Research. – 2014. – 40(3). P. 599–607.
7. Селегей, В.В. Телецкое озеро. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР / В.В. Селегей, Т.С. Селегей. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. – 143 с. – Текст: непосредственный.
8. Селегей, В.В. Физико–географическая и геологическая характеристика Телецкого озера / В.В. Селегей, Б. Дехандсхюттер, Я. Клеркс. – Тервютен – Бельгия: 2001.–322 с. . – Текст: непосредственный.
9. Селегей, В.В. Телецкое озеро. Очерки истории. Книга первая / В.В. Селегей. – Новосибирск: Овсет, 2009. – 119 с. . – Текст: непосредственный.
10. Кириллова, Т.В. Пигментные характеристики фитопланктона Телецкого озера: специальность 03.00.16 «Экология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Кириллова Татьяна Владимировна; Красноярский государственный университет. – Красноярск, 2006. – 220 с. – Текст : непосредственный.
11. Маньковский, В.И. Прибор для определения скорости и направления медленных течений и температуры воды / В.И. Маньковский. – Текст : непосредственный // Тр. МГИ – 1961. – Т.23. – С. 122–130.
12. Каменев, А.Р. Разработка макетов приборов контроля ряда гидрофизических и гидрооптических параметров водоёма / А.Р. Каменев, И.А. Суторихин, В.А. Соловьев // Наука и молодежь: материалы XVIII Всероссийской научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (19–23 апреля 2021 года, г. Барнаул): инженерно–технические науки, в 2 т. – Барнаул : АлтГТУ, 2021 – Том 1, Часть 1. – С. 111–114.

Суторихин Игорь Анатольевич – д.ф.м.н., профессор, г.н.с., ИВЭП СО РАН, тел. 8 385 2 638997, e-mail: sia@iwep.ru.

Литвиненко Светлана Александровна – к.т.н., м.н.с. ИВЭП СО РАН, тел.: 8 9628128643, e-mail: gsa@iwep.ru.

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru;

Каменев Артем Романович – студент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: novble@mail.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ РОТОВОЙ ПОЛОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Д. О. Мартынив, П. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье приведено описание программно-аппаратного комплекса на основе Wi-Fi камеры высокого разрешения для диагностики заболеваний ротовой полости. Описан алгоритм для выделения кариеса по изображению ротовой полости с помощью математической морфологии. Приведена реализация мобильного приложения на языке Java с использованием модуля компьютерного зрения OpenCV для определения кариеса.

Ключевые слова: заболевания ротовой полости, компьютерное зрение, OpenCV, морфологическая обработка изображений

На сегодняшний день для проверки здоровья ротовой полости приходится обращаться к стоматологу, но с развитием информационных технологий эта необходимость может отпасть. Так при использовании компьютерного зрения можно определить состояние ротовой полости по их изображениям.

Цель данной работы состоит в разработке программно-аппаратного средства определения заболеваний ротовой полости на основе Wi-Fi камеры и мобильного прило-

жения на языке программирования Java с помощью подключаемого модуля компьютерного зрения OpenCV.

В качестве Wi-Fi камеры был использован эндоскоп компании Kebidumei, модель P10. Камера имеет разрешение Full-HD, фокусное расстояние 1,5 см, 8 светодиодов и защиту от воды IP67 (только для линзы). Общая схема получения изображения с помощью Wi-Fi камеры представлена на рисунке 1.

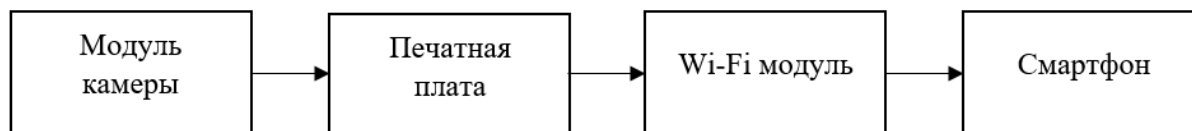


Рисунок 1 – Общая схема получения изображения

Для нахождения кариеса по изображению был разработан следующий алгоритм:

- 1) Используем HSV маску для выделения зубов.
- 2) Для избавления от шума применяем эрозию и дилатацию.
- 3) Получаем маску зубов по внешнему контуру.
- 4) Находим затемнения на изначальном изображении.
- 5) Оставляем только те затемнения, которые попали на маску зубов.

Для определения кариеса по фотографии нужно отделить на фотографии зубы от десны. Это можно сделать, используя HSV маску на изображении. HSV – это цветовая модель изображения, где Hue – цветовой

тон, Saturation – насыщенность, чем ближе этот параметр к 0 тем цвет серее, Value – значение цвета, а также яркость. В модуле OpenCV все каналы HSV принимают значение от 0 до 255 [1,2].

Используя подключаемый модуль OpenCV можно задать минимальные и максимальные значения HSV для создания маски. Так для создания маски зубов экспериментально были подобраны минимальные значения (0,0,120) и максимальные (115, 45, 255). Такие параметры были подобраны, чтобы убрать ненужный цветовой тон (hue), выделить более низкие по насыщенности (saturation) и высокие по яркости (value) зубы от десны. Фотография для обработки представлена на рисунке 2а. Полученная маска, на рисунке 2б, представляет собой черно-

белое изображение, искомая область отображена белым цветом [2].

После использования HSV маски на ней могут остаться ненужные шумы. Для избав-

ления от шумов используем операции дилатации и эрозии. Функция эрозии использована для избавления от белого шума, а дилатация для восстановления изображения [3].

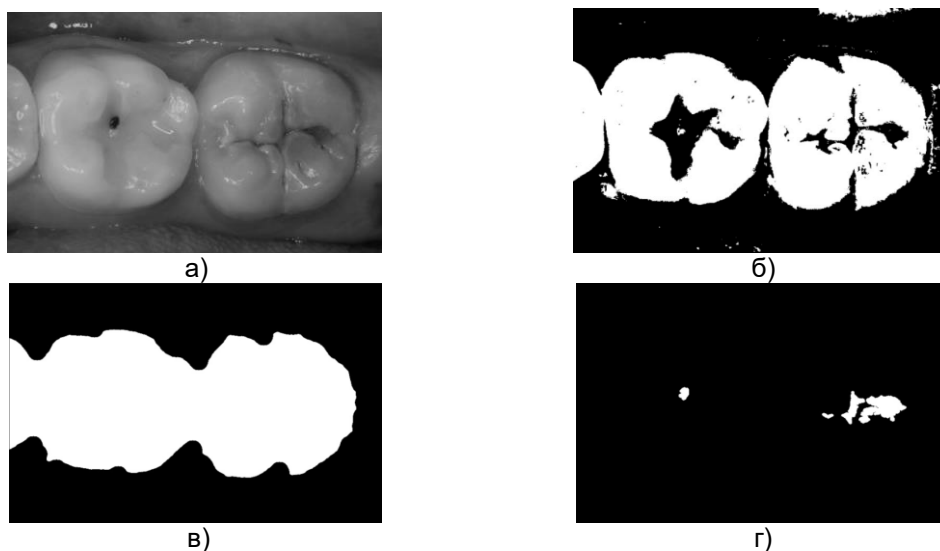


Рисунок 2 – а) изображение зубов с кариесом; б) изображение зубов после HSV маски; в) итоговая маска зубов; г) области кариеса на изображении зубов после обработки

На полученном изображении при наличии кариеса часть области зуба может не попасть на маску из-за затемнений от кариеса. Для добавления этой области к маске была использована окрестность Мура для нахождения контура. Начальной точкой для нахождения контура является черный пиксель, граничащий с белым пикселем. Далее по ходу алгоритма идет переход на соседний белый пиксель, он помечается как часть контура и происходит возврат обратно на черный пиксель. Затем идет обход по часовой стрелке вокруг помеченного пикселя пока не произойдет переход на новый белый пиксель. Помечаем его как часть контура и переходим на предыдущий черный пиксель. Алгоритм завершается, когда переход произойдет на первый пиксель контура. Вся область внутри контура закрашивается в белый цвет. Результат маски зубов на рисунке 2в [2, 4].

Чтобы найти кариес была использована HSV маска с минимальным значением (0,50,0) и максимальным значением (255, 255, среднее значение Value по изображению- 25). Тон от 0 до 255, чтобы использовался весь спектр цветов. Значения насыщенности и яркости выбраны так, чтобы выявить все затемнения на зубах. Также были использованы операции эрозии и дилатации для избавления от шумов. По полученному изображению кариеса некоторые области с десны отмеча-

ются как кариес, поэтому исключаем их, оставляя только ту область, которая попадает на маску зубов (найденный кариес на рисунке 2 г) [2, 5].

При поиске оптимальных параметров, представленных выше, были также опробованы другие параметры. Точность определения кариеса проверялась по 10 фотографиям здоровых зубов и 10 зубов с кариесом. Результаты предоставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Проверка точность определения кариеса по 10 фотографиям

	Оптимальные параметры	Без маски зубов по контуру	Без избавления от шума на маске зубов	Без избавления от шума при поиске затемнений
Здоровые зубы	90%	90%	50%	70%
Зубы с кариесом	90%	30%	100%	90%

При оптимальных параметрах среди 10 фотографий здоровых зубов был найден кариес только на одной фотографии. На этой фотографии верхние передние зубы были подсвечены достаточно, а нижние слабо. Из-за этого нижние зубы попали на маску зубов,

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ РОТОВОЙ ПОЛОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

но при недостатке освещенности часть зубов воспринялась как кариес. При проверке зубов с кариесом на одной из фотографий не нашелся кариес. Так, на фотографии кариес возник на зубе рядом с десной и сам зуб был уже частично разрушен. Поэтому фрагмент зуба с кариесом не попал на маску с зубами, и кариес не нашелся. Точность определения кариеса на зубах по 20 фотографиям составила 90%.

Без использования нахождения маски зубов по контуру маска здоровых зубов осталась почти такой же, как и при оптимальных параметрах. Но маски зубов с кариесом изменились таким образом, что часть кариеса не попала на маску зубов и соответственно кариес не определился.

Если не избавляться от шума на маске зубов, то часть десны попадает на маску зубов. Из-за этого затемнения на десне определяются как кариес, что добавляет вероятность нахождения кариеса на фотографии. На здоровых зубах это сказывается как уменьшение точности, по зубам с кариесом как увеличение. Увеличение точности на фотографии с кариесом обусловлено только дополнительной областью с десной, что нельзя расценивать как улучшение алгоритма.

Если не избавляться от шума при поиске затемнений, то на зубах с кариесом точность не меняется по сравнению с оптимальными параметрами. А на здоровых зубах шумы остаются, и они воспринимаются как кариес.

Выводы

На языке Java, используя модуль OpenCV, было создано приложение, которое позволяет определять заболевания ротовой полости с помощью изображений, полученных с Wi-Fi камеры высокого разрешения.

Для отделения изображения зубов от изображения десны использовалась HSV

маска. Применяя функции дилатации и эрозии к полученному изображению зубов, избавились от шума.

Был проведен эксперимент с разными параметрами на 20 фотографиях, среди которых было 10 фотографий со здоровыми зубами и 10 фотографий с кариесом. Точность определения кариеса при оптимальных параметрах составила 90%. Для увеличения точности целесообразно использовать нейросетевые технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обработка изображений с помощью OpenCV // Г.Г. Буэно, О.Д. Суарес, А.Х. Эспиноса; пер. с англ. А.А. Слинкин. – Москва: ДМК-Пресс, 2016. – 210 с. – Текст: непосредственный.
2. OpenCV документация.- [сайт]. - URL: <https://docs.opencv.org/3.4.14/> (дата обращения: 11.11.2021). – Текст: электронный.
3. OpenCV и Java. Обработка изображений и компьютерное зрение / Н.А. Прохоренко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2018. – 320 с. – Текст: непосредственный.
4. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / Р. Клетте; пер. с англ. А.А. Слинкин. – Москва: ДМК-Пресс, 2019. – 508 с. – Текст: непосредственный.
5. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, испр. и доп. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера, 2019. – 1104 с. – Текст: непосредственный.

Мартыниев Данил Олегович – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: idens22rus@gmail.com;

Зрюмов Павел Александрович – к.т.н. АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: pzrumov@yandex.ru;

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н. АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: a.zrumova@mail.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Б. С. Первухин, В. Е. Ефремов, О. В. Сунцов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрен метод одновременного измерения вязкости и плотности электро-механическими первичными преобразователями на основе пьезоэлементов и предложена функциональная схема устройства реализующего этот метод. В основу метода положен анализ АЧХ тока через первичный преобразователь.

Ключевые слова: плотность, вязкость, активная проводимость, реактивная проводимость.

Вязкость жидкостей и их плотность являются наиболее распространенными параметрами, которые используются как показатели качества готовой продукции, а также в качестве данных для контроля хода технологических процессов. Так, например, вязкость используется как основной параметр моторных масел, а по плотности электролита в аккумуляторе судят о величине его заряда. Измерение плотности используется при определении концентрации большинства бинарных растворов. По изменению вязкости судят о ходе технологических процессов полимеризации при получении жидких полимеров. Вязкость (иначе внутреннее трение) – это параметр, который характеризует сопротивление перемещению одного слоя жидкости относительно соседнего [1].

В работах [3, 4] предложен способ одновременной оценки вязкости и плотности контролируемой жидкости с помощью чувствительного элемента на основе пьезоэлемента. Суть предложенного метода заключается в определении составляющих электрической эквивалентной схемы замещения такого первичного преобразователя. Параметр R_n характеризует потери энергии на излучение в окружающую среду и трение (сопротивление потерь связано с вязкостью контролируемой жидкости), а параметры L_n и C_n отражают влияние массы преобразователя и его упругой податливости (гибкости) на характер колебаний, C – собственная емкость пьезопластины. Причем индуктивность также зависит от плотности контролируемого раствора.

Для определения параметров первичного преобразователя погруженного в анализи-

руемую жидкость [3,4] необходимо выполнить следующую последовательность операций:

– измерить значение питающего напряжения U ;

– изменяя частоту напряжения питания определить ее значение ω_0 при которой активная составляющая тока $\text{Re } I$ достигнет своего максимального значения;

– измерить величину активной составляющей тока при частоте питающего напряжения ω_0 и рассчитать величину активных потерь $R_n = U(\text{Re } I)^{-1}$;

– при частоте питающего напряжения ω_0 измерить реактивную составляющую тока $\text{Im } I$ и рассчитать величину статической емкости первичного преобразователя $C = \text{Im } I(U\omega_0)$;

– уменьшая частоту напряжения питания определить значение ω_1 , при котором величина реактивной составляющей тока $\text{Im } I_{\text{max}}$ принимает максимальное значение;

– определить величину реактивной проводимости первичного преобразователя при частоте питающего напряжения ϖ_1

$b = \text{Im } I_{\text{max}} U^{-1}$;

– определить величину емкости механической ветви, используя соотношение

$$C_n = \frac{c_1 \pm \sqrt{c_1^2 - 4a_1 R_n \varpi_1 a_1 c_1^2}}{2a_1 R_n \varpi_1},$$

где: $c_1 = \frac{\varpi_1^2}{\omega_0^2} - 1$; $a_1 = C - \frac{b}{\varpi_1}$;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

– рассчитать значение индуктивности механической ветви, используя соотношение

$$L_n = \frac{1}{\omega_0 C_n}.$$

Из этой методики следует, что прибор для его реализации должен содержать следующие функциональные узлы:

- перестраиваемый генератор переменного синусоидального напряжения;
- определитель резонансной частоты питающего напряжения по активной и реактивной составляющим тока через первичный преобразователь;
- устройство обработки данных по величине тока и резонансным частотам.

Из предложенной методики следует, что генератор, питающий первичный преобразователь, должен выполнять следующие функции:

- генерировать два квадратурных напряжения имеющих одинаковую амплитуду $u_1 = U \sin \omega t$ и $u_2 = U \cos \omega t$, которые необходимы для отдельного определения активной и реактивной составляющих тока через первичный преобразователь;

– принимать внешние сигналы об изменении частоты и ее остановки на время измерения составляющих выходного тока первичного преобразователя.

Для выполнения этих требований генератор переменного напряжения должен содержать следующие функциональные узлы:

- микропроцессор;
- умножающий цифро–аналоговый преобразователь для формирования квадратурных переменных токов синусоидальной формы;
- преобразователь тока в напряжение, формирующих выходные квадратурные напряжения;
- коммутатор полярности опорного напряжения ЦАПа.

Функциональная схема генератора квадратурного синусоидального напряжения приведена на рисунке 1.

При работе генератора с внешнего устройства приходит команда на старт. Контроллер считывает значение начальной частоты и начинает формировать выходной сигнал, поступающий на ЦАП 2 изменяющийся во времени по синусоидальному закону. Выходной ток этого ЦАПа так же изменяется по этому закону. Этот ток преобразователем тока в напряжение преобразуется в выходное напряжение синусоидальной формы. После прохождения полупериода этого напряжения

с контроллера 1 на коммутатор 3 подается сигнал об изменении полярности опорного напряжения и формируется отрицательный полупериод выходного синусоидального напряжения. Квадратурное ему напряжение формируется аналогичным способом и отличается по фазе на $\pi/2$.

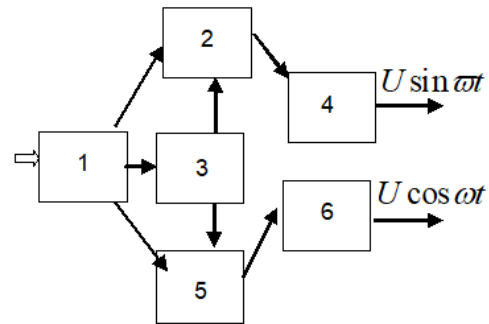


Рисунок 1 – Функциональная схема генератора квадратурных переменных напряжений, где: 1– микропроцессор; 2 и 5 – умножающий ЦАП; 3– коммутатор полярности опорного напряжения ЦАП; 4 и 6 – преобразователь выходного тока ЦАП в выходное напряжение генератора.

Такое построение генератора позволяет получить частоту в два раза выше, чем при генерации полной синусоиды и отделения присутствующей в ней постоянной составляющей выходного напряжения.

Следующий функциональный блок должен определять резонансные частоты питающего напряжения по активной и реактивной составляющим тока через первичный преобразователь. Для этого ему необходимо выполнять следующие функции:

- отдельно определять значения активной и реактивной составляющих тока через первичный преобразователь;
- определять частоты, при которых эти составляющие достигают своего максимального значения;
- вырабатывать сигналы управления генератором, по которым устанавливаются эти частоты на время достаточное для определения величины активной и реактивной составляющих тока на частотах резонанса;
- формировать сигналы по частотам резонанса и полученным на них значениям активной и реактивной составляющих тока через первичный преобразователь;
- передавать полученные значения на вычислительное устройство.

Структурная схема этого устройства приведена на рисунке 2.

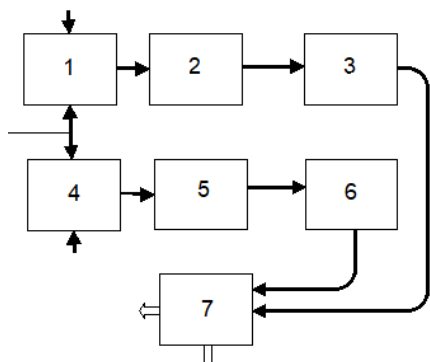


Рисунок 2 – Определитель резонансных частот питающего напряжения по активной и реактивной составляющим тока, где: 1 и 4 – аналоговые умножители сигналов; 2 и 5 – фильтры; 3 и 6 – АЦП; 7 – микропроцессор

Устройство работает следующим образом. На один из входов аналоговых перемножителей 1 и 4 одновременно поступает напряжение пропорциональное току через первичный преобразователь, равное $u = U \sin(\omega t + \varphi)$. На другой вход умножителя 1 поступает синхронизирующее напряжение $u_1 = U_1 \sin(\omega t)$. После перемножения этих двух сигналов выходное напряжение перемножителя 1 будет равно

$$u_3 = \frac{UU_1}{2} \cos(\varphi) - \frac{UU_1}{2} \cos(2\omega t + \varphi). \quad (1)$$

В свою очередь на синхронизирующий вход умножителя 4 поступает напряжение $u_4 = U_4 \cos(\omega t)$. После перемножения этих двух сигналов выходное напряжение перемножителя 4 будет иметь следующий вид

$$u_5 = \frac{UU_4}{2} \sin(\varphi) - \frac{UU_4}{2} \sin(2\omega t + \varphi). \quad (2)$$

Как видно из (1) и (2) выходные напряжения умножителей состоят из постоянной и переменной составляющих. После фильтрации этих напряжений фильтрами 2 и 4 их выходные напряжения будут соответственно равны

$$U_6 = \frac{UU_1}{2} \cos(\varphi); \quad (3)$$

$$U_7 = \frac{UU_4}{2} \sin(\varphi). \quad (4)$$

Если учесть что амплитуды синхронизирующих напряжений U_1 и U_4 – const, а величина U является функцией тока через пер-

вичный преобразователь I , то $U_6 = \text{Re}(f(I))$, а $U_7 = \text{Im}(f(I))$.

Эти постоянные напряжения преобразуются с помощью АЦП 3 и 6 в цифровую форму и передаются на микропроцессор 7, который запоминает полученные значения частоты и соответствующие им значения активной и реактивной составляющих тока через первичный преобразователь. После этого он вырабатывает сигнал на установление следующей частоты выходных напряжений генератора.

Предложенные функциональные схемы основных устройств позволяют реализовать рассмотренный ранее способ измерения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Френкель, Я. И. Кинетическая теория жидкостей / Я. И. Френкель. – Ленинград: Наука, 1975. – 592 с. – Текст: непосредственный.
2. ГОСТ 29226–91 Вискозиметры жидкостей. Общие технические требования и методы испытаний = Viscosimeters of liquids. General technical requirements and testing methods: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 27.12.91 N 2232: взамен ГОСТ 13368–83; ГОСТ 22729–84 (в части вискозиметров); дата введения 1993–01–01/ разработан и внесен Министерством электротехнической промышленности и приборостроения СССР. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11 с. – Текст: непосредственный.
3. Первухин, Б.С. Измерение вязкости и плотности электромеханическими преобразователями / Б.С. Первухин, Н.С. Волков. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2018. – №4. – С. 73–76.
4. Первухин, Б.С. Определение параметров электромеханических преобразователей / Б.С. Первухин, Н.С. Волков. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2019. – №4. – С. 130–132.
5. Первухин, Б.С. Определение параметров жидкости электромеханическими преобразователями / Первухин Б.С., Ефремов В.Е., Сунцов О.В. // Ползуновский альманах. – 2020. – №4. – С. 51–53.

Первухин Борис Семенович – д. т. н., профессор каф. ИТ, тел.: (385–2)66–65–02, e-mail: bspervuhin@mail.ru;

Ефремов Владимир Евгеньевич – студент каф. ИТ, тел.: (385–2)66–65–02;

Сунцов Олег Владиславович – студент каф. ИТ, тел.: (385–2)66–65–02.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ВТУЛОК, ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ ПОВЕРХНОСТНОМУ ДОРНОВАНИЮ ПО СХЕМЕ СЖАТИЯ

С. Г. Кулеш, И. А. Лысак

Томский политехнический университет,
г. Томск

Статья посвящена разработке математической модели напряженно-деформированного состояния цилиндрических деталей при их холодном поверхностном упрочнении методом дорнования для установления области рациональных режимов процесса, исключающих возникновение недопустимых остаточных деформаций их торцевых поверхностей. Приведена математическая модель и результаты анализа ее сеточной сходимости и верификации.

Ключевые слова: дорнование, искажение, напряжения, толстостенный цилиндр.

Введение

При дорновании дорн проталкивается (протягивается) через обрабатываемое отверстие, диаметр которого несколько меньше диаметра дорна. Из-за пластических деформаций диаметр обработанного отверстия увеличивается, деформированный слой металла получает упрочнение, поверхностные неровности сглаживаются, точность обработанного отверстия повышается, частично устраняется овальность и конусность отверстия [1].

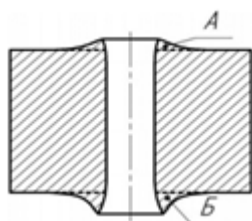


Рисунок 1 – Схема наплывов металла на торцах заготовок, обработанных дорнованием:

А – входной торец; Б – выходной торец

В процессе дорнования возникают нежелательные изменения формы заготовки, в частности образуются искажения у входа и выхода дорна из отверстия. Эти искажения зависят от различных параметров, связанных с режимом обработки.

Механические свойства материала оказывают значительное влияние на величину тягового усилия и остаточных деформаций, на величину и характер распределения напряжений. Важнейшей характеристикой обрабатываемого материала является его истинное со-

противление деформированию. В области упруго-пластических деформаций сопротивление деформированию можно считать равным сумме предела упругости и некоторой величины напряжения, характеризующей упрочнение.

Основными факторами дорнования отверстий, влияющими на размеры и объем искажений, формирующихся на торцах толстостенных деталей, наряду с механическими свойствами обрабатываемых деталей, являются: относительный натяг дорнования (a/d), число циклов, схема дорнования (сжатия, растяжения), степень толстостенности деталей (D/d), диаметр их отверстия, относительная высота деталей (L/d) [2].

Основными методами измерения деформированного состояния втулки являются методы Закса и Давиденкова. Так как оба этих метода требуют разрезания втулки и как следствие разрушение изделия, являясь также весьма трудоёмкими в целом [3], разработка математической модели, позволяющей оценить упругие и пластические деформации обрабатываемых деталей на основе их напряженного состояния является актуальной задачей.

Цель исследования: изучение динамики образования наплывов у торцов толстостенных втулок в зависимости от таких параметров, как отношение диаметров отверстия и внешней поверхности втулки, размера натяга, зависящего от диаметра дорна относительно отверстия втулки и количества циклов прохождения дорна через отверстие методами численного эксперимента.

Описание решаемой задачи

Напряженно–деформированное состояние втулки рассчитывалось в приближении теории малых перемещений, дополненной мультилинейной моделью кинематического упрочнения материала. Упругое поведение материала описывалось линейной моделью. Инерционные явления не рассматривались. Задача решалась в квазитрехмерной постановке с использованием модуля StaticStructural комплекса инженерного анализа ANSYS. Рассматривался 30° сегмент втулки и дорна с граничными условиями осевой симметрии. Дорн $\varnothing 5,17$ мм с углами конусов 6° перемещался через отверстие втулки $\varnothing 5$ мм длиной 10 мм, установленной на опоре, со скоростью 8 мм/с (рис. 2). Материал втулки – Сталь 50, дорна – сплав ВК8. Статическая задача решалась для каждого шага по времени. Регистрировались остаточные напряжения вдоль координатных осей ($\sigma_x, \sigma_r, \sigma_\theta$) в продольном сечении втулки. Верификация математической модели осуществлялась путем сравнения результатов расчета с величиной окружных остаточных напряжений (σ_θ), определенных экспериментально методами Г. Закса [4] и Н.Н. Давиденкова [5] и представленными в работе [6].

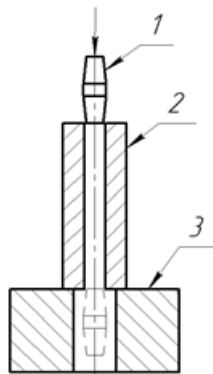


Рисунок 2 – Схема модели и направление движения дорна:
1 – дорн; 2 – втулка; 3 – опора

Исследование сеточной сходимости модели выполнялось при следующих значениях расчетной сетки по высоте и радиальному направлению (таблица).

При уменьшении размера ячейки уменьшались расхождения с экспериментальными данными, однако увеличивалось общее время расчета напряжений.

Таблица 1 – Расчетная сетка

Номер опыта	Размер ячейки по направлению, мм	
	осевому	радиальному
1	0,5	0,5
2	0,3	0,5
3	0,2	0,5
4	0,1	0,5
5	0,5	0,33
6	0,3	0,33
7	0,2	0,33
8	0,5	0,25
9	0,3	0,25
10	0,2	0,25
11	0,3	0,2
12	0,2	0,2
13	0,1	0,2
14	0,2	0,17



Рисунок 3 – Окружные остаточные напряжения в среднем сечении втулки

При достижении размерности с количеством элементов $N=1650$, что соответствует радиальному шагу 0,25 мм и осевому – 0,3 мм (рисунок 3) достигается сеточная сходимость, так как профили окружных напряжений практически полностью совпадают.

Для экспериментального контроля остаточных напряжений в цилиндрических образцах использовались механический метод Г. Закса, заключающийся в послойном растачивании или обтачивании цилиндра с измерением окружной и осевой деформации на внешнем или внутреннем радиусе для определения окружных, радиальных и осевых остаточных напряжений одновременно [4] и Н.Н. Давиденкова, ограничивающийся разрезкой цилиндра вдоль образующей и измерением возникающего изменения его среднего диаметра [5]. Результаты экспериментальных исследований остаточных напряжений, приведенные в работе [6], использова-

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ВТУЛОК, ПОДВЕРГНУТЫХ ОДНОЦИКЛОВОМУ ПОВЕРХНОСТНОМУ ДОРНОВАНИЮ ПО СХЕМЕ СЖАТИЯ

лись для верификации созданной математической модели (рисунок 4).

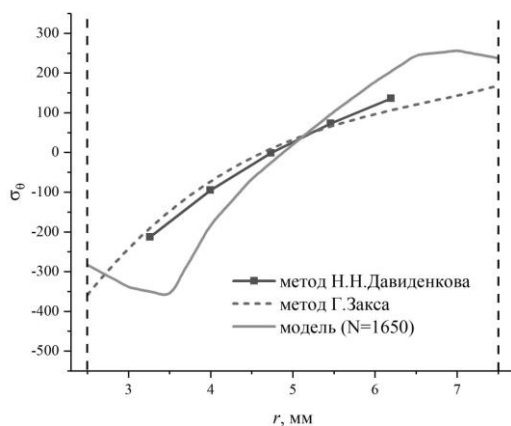


Рисунок 4 – Сравнение расчетных и экспериментальных данных распределения окружных остаточных напряжений в сечении втулки

Из графиков видно, что кривая остаточных окружных напряжений в среднем поперечном сечении втулки, рассчитанная с использованием созданной математической модели хорошо согласуется (расхождение менее 20%) с экспериментальными значениями, полученными двумя различными методами.

Выводы

Созданная математическая модель может быть использована для численного исследования деформированного состояния втулок подвергнутых одноцикловому дорнованию по схеме сжатия при установленной минимальной размерности расчетной сетки. Расхождение с экспериментальными данными не превышает 20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг, А.М. Качество поверхности, обработанной деформирующим протягиванием / А.М. Розенберг, О.А. Розенберг, Э.И. Гриценко. – Киев: Наукова думка, 1977. –187 с.Текст: непосредственный.
2. Проскуряков, Ю. Г. Дорнование цилиндрических отверстий с большими натягами / Ю. Г. Проскуряков, Г. И. Шельвинский. – Ростов н/Д : РГУ, 1982. – 168 с. Текст: непосредственный.
3. Бабичев, М.А. Методы определения внутренних напряжений в деталях машин. – Москва: Изд-во АН СССР, 1955. – 132 с. Текст: непосредственный.
4. Sachs, G. The determination of residual stresses in rods and tubes // Z. Metallkunde. –1927. –Т. 19, –№. 9. –Р. 352–357.
5. Davidenkov, N.N. On the measurement of residual stresses // Industrial laboratory. Materials diagnostics. – 1950.– Т. 16, – № 2. – Р. 188.
6. Скворцов, В. Ф. Применение метода Н. Н. Давиденкова для оценки окружных остаточных напряжений в обработанных дорнованием полых цилиндрах / В.Ф. Скворцов, А. Ю. Арляпов, А. О. Бознак, И. И. Оголь. – Текст: непосредственный. // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4 – № 4. – С. 65–70.

Кулеш Станислав Геннадьевич – студент инженерной школы новых производственных технологий ТПУ, тел.: 89131197475, e-mail: sgk8@tpu.ru;

Лысак Илья Александрович – к.т.н., доцент инженерной школы новых производственных технологий ТПУ, тел.: +7(3822)701777 Вн.т. 2274, e-mail: lysakia@tpu.ru.

ОБЗОР МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДАТЧИКАХ УРОВНЯ

Н. А. Суковатцов, Т. В. Патрушева

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье приведен обзор существующих методов контроля уровня жидкостей и сыпучих материалов. Отражены преимущества и недостатки каждого метода измерения. Схожей проблемой, вошедших в обзор вариантов построения датчиков является проблема воздействия внешних помех, что может иметь место в тяжёлых условиях эксплуатации. Авторами предлагается подход к повышению помехоустойчивости на физическом уровне путем включения в измерительную схему генератора хаоса.

Ключевые слова: измеритель уровня, методы измерения, генератор хаоса, помехоустойчивость.

На сегодняшний день для решения задач контроля уровня в промышленности представлено большое количество уровнемеров, измеряющих уровень с помощью разнообразных физических принципов и явлений. Наиболее востребованными являются методы, в которых используется зависимость уровня исследуемого вещества от какой-либо электрической величины, что может быть востребовано для регулирования технологических процессов в системах автоматизированного управления. Такие датчики должны вести непрерывное измерение уровня сред, имеющих различные свойства, например, широкий разброс плотности (даже в пределах одного техпроцесса). Часто необходимо измерять уровень агрессивных, ядовитых и взрывоопасных сред.

Среди всего разнообразия контактных уровнемеров поплавковые и буйковые датчики (рисунок 1) имеют самый простой принцип работы.

Чувствительным элементом поплавковых уровнемеров является плавающий на поверхности измеряемой жидкости легкий, коррозионно-стойкий поплавок. Измерение уровня сводится к преобразованию перемещения поплавка [1]. Как правило, поплавок каким-либо образом зафиксирован (например: трубка или стержень) и имеет возможность перемещаться лишь вертикально.

Достоинства поплавковых уровнемеров: простая конструкция, не требует периодиче-

ской калибровки, показания уровня не зависят от плотности среды.

К недостаткам можно отнести наличие нечувствительной зоны при малых уровнях жидкости, непригодность измерения уровня вязких жидкостей, некорректные показания при различных вибрациях.

Буйковый уровнемер отличается от поплавкового лишь тем, что боек погружается в измеряемую среду, что позволяет использовать их для измерения уровня раздела фаз двух жидкостей или определения плотности жидкости при неизменном уровне. Также не влияет на точность измерения высокое давление или высокая температура среды.

Гидростатические уровнемеры преобразуют давление столба жидкости P_r , обладающей плотностью ρ , в уровень жидкости h [1], т.е.

$$P_r = \rho \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения. Из формулы (1) видно, что для измерения уровня жидкости необходимо знать плотность контролируемой жидкости.

На рисунке 2а приведена простая схема измерения уровня датчиком давления (манометром) [2]. При измерении уровня таким способом не учитываются колебания атмосферного давления, которое добавляется к гидростатическому давлению, из-за чего показания уровня будут некорректны.

ОБЗОР МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДАТЧИКАХ УРОВНЯ

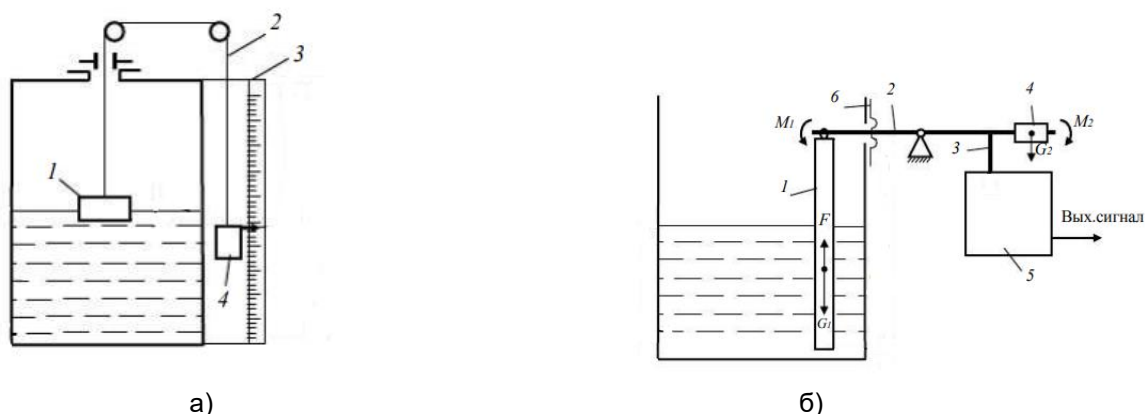


Рисунок 1 – Принцип действия механических уровнемеров: а) поплавковый уровнемер: 1 – поплавок; 2 – гибкий трос; 3 – шкала; 4 – противовес
 б) буйковый уровнемер: 1 – буюк; 2 – штанга; 3 – рычаг; 4 – противовес; 5 – преобразователь; 6 – уплотнитель

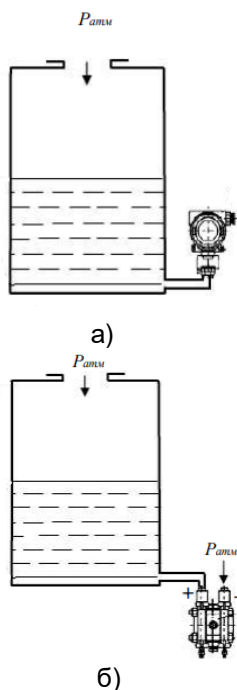


Рисунок 2 – Принцип действия гидростатических уровнемеров: а) избыточного давления; б) дифференциального давления

Этой проблемы лишены дифференциальные датчики давления, схема с использованием которого показана на рисунке 2б. Дифференциальный манометр позволяет устранить влияние атмосферного давления $P_{атм}$ на показания прибора ΔP :

$$\Delta P = (P_{г} + P_{атм}) - P_{атм} \quad (2)$$

Достоинства гидростатических уровнемеров: точность, возможность измерения уровня загрязненных жидкостей.

К недостаткам можно отнести: неподвижность исследуемой жидкости в процессе измерения, влияние осадка на работу прибора, влияние атмосферного давления, зависимость показаний прибора от плотности жидкости.

Работа ёмкостных уровнемеров основана на преобразовании уровня исследуемой среды в электрическую ёмкость. Это возможно из-за различной диэлектрической проницаемости различных жидкостей и газов [1].

Измерительный преобразователь в таких уровнемерах представляет собой несколько электродов 1, 2 (рисунок 3), погруженных в исследуемую среду и образующих с корпусом простейший конденсатор. Обкладки конденсатора покрываются тонкой пленкой, если измерения ведутся в электропроводных жидкостях, или химически стойким сплавом, если измеряются агрессивные, но неэлектропроводные жидкости [3].

Достоинствами емкостных уровнемеров являются: быстроедействие, простота конструкции, повышенная чувствительность и хорошая точность, надежность, возможность работы с агрессивными средами, возможность измерения уровня сыпучих материалов.

К недостаткам относятся: невозможность работы прибора с липкими или способными кристаллизоваться средами, однородность среды, а также неустойчивость к электромагнитным помехам.

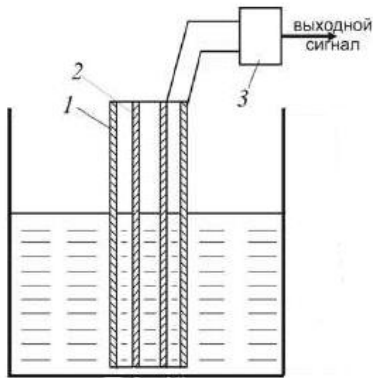


Рисунок 3 – Принцип действия ёмкостного уровнемера:

1, 2 – электроды; 3 – электронный блок

Принцип действия индуктивных уровнемеров (рисунок 4) основан на измерении индуктивности катушки, погружаемой в исследуемую жидкость. Индуктивность чувствительного элемента зависит от уровня жидкости. Однако измерять уровень таким видом датчиков возможно только для электропроводных сред, т.к. иные среды не будут реагировать на датчик. Отсюда следует, что любое изменение электропроводных свойств среды несет дополнительную погрешность. Эти уровнемеры используются в основном в энергетических установках, для измерения уровня жидкометаллического теплоносителя [1].

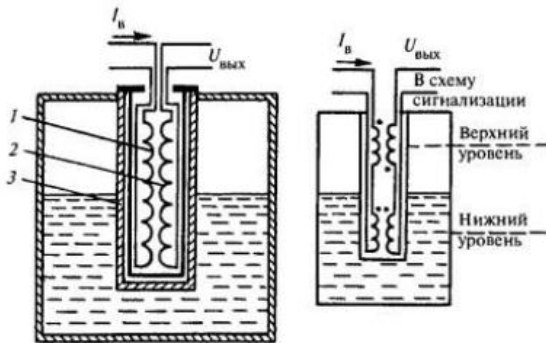


Рисунок 4 – Индуктивный уровнемер:
1 – обмотка возбуждения; 2 – вторичная обмотка; 3 – защитный чехол

Ультразвуковые уровнемеры относятся к бесконтактным датчикам т.к. для измерения уровня их не нужно погружать в измеряемую среду. Точность показаний не зависит от свойств измеряемой среды, поэтому можно измерять уровни агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ [4].

Принцип работы основан на измерении времени, которое потребуется ультразвуковому импульсу на то, чтобы дойти до поверхности жидкости, отразиться от нее и вернуться обратно [5]. Причем возможна установка такого уровнемера на дно резервуара (рисунок 5).

К достоинствам ультразвукового уровнемера можно отнести бесконтактность, что снимает требования к прочности конструкции чувствительного элемента. Работа таких датчиков не зависит от состава и чистоты контролируемой жидкости. К недостаткам ультразвуковых уровнемеров можно отнести неспособность их функционирования в вакууме и в ёмкостях, имеющих внутренние элементы, мешающие распространению ультразвука, а также необходимость корректировать показания датчика по температуре, влажности, давлению.

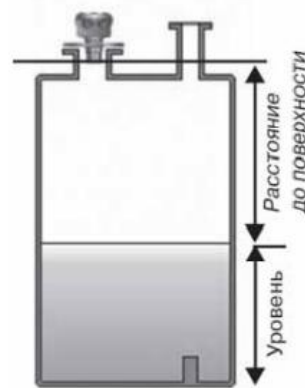


Рисунок 5 – Принцип действия ультразвукового уровнемера

В радарном уровнемере измеряется время распространения электромагнитного импульса от датчика до контролируемого уровня и обратно. На датчик-измеритель не влияет температура и давление. Запыленность технологической среды тоже не сказывается на показаниях [1].

Радарные датчики являются наиболее универсальными и самыми точными. Они работают с вязкими, агрессивными, неоднородными жидкими и сыпучими материалами. Точность показания таких датчиков минимально зависят от температуры, давления, запыленности, пенообразования, испарений. Однако, трудности вызывает измерение уровня материалов, которые поглощают электромагнитные волны [6].

Волноводные уровнемеры относятся к уровнемерам контактного типа, так как име-

ют волновод, погружаемый в исследуемую среду. По этому волноводу распространяются маломощные электромагнитные импульсы, отражающиеся в точке контакта с материалом, диэлектрическая постоянная которого отличается (рисунок 6).

Преимущества волноводной технологии аналогичны с радарными уровнемерами, но в связи с тем, что радарные импульсы направляются по зонду, то такие уровнемеры могут применяться для самых различных форм резервуаров, не нарушая их герметичность [7].

Благодаря изолированности от окружающей среды такой вариант датчика обладает устойчивостью ко многим видам внешних воздействий и может работать в присутствии пара, пены и сильной турбулентности вблизи зонда.

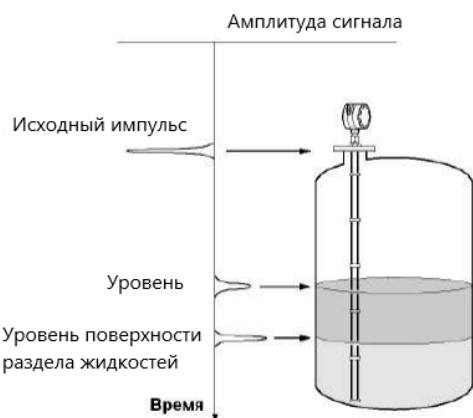


Рисунок 6 – Распространение импульса в измерительной среде

Недостатком волноводного датчика, как и большинства контактных датчиков, является невозможность их работы с жидкостями, склонными к налипанию.

У всех вышеперечисленных уровнемеров внешнее шумоподобное воздействие такое как бурление жидкости, вибрации, мелкие частицы, летающие в воздухе или электромагнитные помехи, мешают корректному определению уровня, из-за чего приходится прибегать к более конструктивно сложному и дорогому решению. Но все эти помехи имеют случайный характер, поэтому можно предложить использовать в схеме измерения генератор хаоса. Стоит отметить особое отношение таких генераторов к внешним шумоподобным и периодическим воздействиям, которое облегчит нахождение периодического сигнала на фоне шумов [8, 9, 10].

Один из вариантов реализации такого подхода представлен на рисунке 7 [11]. В его

составе неавтономный генератор хаоса MLC–цепь [11]. Один из элементов генератора хаоса вводится в контакт с контролируемой жидкостью. Эквивалентные электрические параметры чувствительного элемента изменяются, что приводит к бифуркации движения в системе. Сигнализатор фиксирует наличие жидкости переходом в хаотический режим. При этом даже сильное кавитирующее воздействие на чувствительный элемент никак не изменяет этого режима. Детектор режима MLC–цепи выделяет гармонику периодического режима, по присутствию которой определяется колебательный режим.

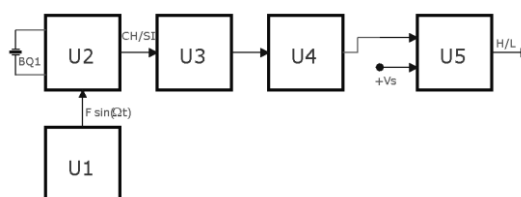


Рисунок 7 – Структурная схема сигнализатора уровня жидкостей: BQ1 – пьезоэлемент; U1 – генератор синусоидальных сигналов; U2 – генератор хаоса; U3 – фильтр; U4 – амплитудный детектор; U5 – компаратор

Помехоустойчивый сигнализатор уровня также может быть реализован с использованием ИК–оптопары, что может быть востребовано для контроля уровня пылевых сред, например муки. Достоинством ИК–излучения можно считать тот факт, что оно способно достаточно глубоко проникать в муку, что позволяет датчику устойчиво работать даже при налипании слоя муки на его поверхность. На рисунке 8 представлена структурная схема сигнализатора уровня пылевых сред [12].

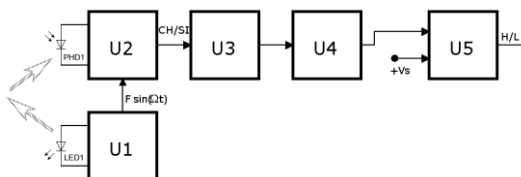


Рисунок 8 – Структурная схема сигнализатора уровня пылевых сред [12]: PHD1 – фотодиод; LED1 – светодиод; U1 – генератор синусоидальных сигналов; U2 – генератор хаоса; U3 – фильтр; U4 – амплитудный детектор; U5 – компаратор

В описываемом устройстве связь элементов оптопары осуществляется в про-

странстве над контролируемым уровнем. Как только уровень будет превышен, эта связь разрывается. Принимаемый фотодиодом сигнал изменяет режим работы генератора хаоса. Таким образом, благодаря бифуркации осуществляется контроль уровня.

Представленные варианты сигнализаторов на основе генератора хаоса не охватывают всех возможных способов применения декларируемого подхода для контроля уровня. Измерение уровня с помощью генератора хаоса можно осуществить практически любым методом из описанных выше. В частности, можно выделить воздействие уровня на амплитуду колебаний в датчике, а, следовательно, возможно построение амплитудного варианта, например в индуктивном датчике. Кроме этого построение возможно на основе параметрического варианта, где один или несколько элементов генератора хаоса являются чувствительными элементами, например в ёмкостном датчике. Наконец, возможна реализация генератора хаоса по схеме излучение приём, а значит, аналогичный подход может быть применён в радарном датчике уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильнина, А. В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности: учебное пособие / А.В.Вильнина, А.Д. Вильнин, Е.В. Ефремов. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 с. – Текст: непосредственный.
2. Гуртовцев, А. Измерение давления в автоматизированных системах. / А. Гуртовцев. – Текст: непосредственный // Современные технологии автоматизации. – 2001. – №4. – С.76 – 89.
3. Кулаков, М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник./ М.В. Кулаков. 4-е изд., стер. – Москва: Альянс, (гриф МО), 2008. – 424 с. – Текст: непосредственный.
4. Жданкин, В. Ультразвуковые датчики для систем управления / В. Жданкин. – Текст: непосредственный // Современные технологии автоматизации. – 2003. – №1. – С.48 – 62.

5. Ультразвук. Основы теории распространения ультразвуковых волн.– Текст: электронный. – URL:

<http://engineering-solutions.ru/ultrasound/theory/> (дата обращения: 30.10.2021)

6. Либерман, В.В. Радарные уровнемеры. Прошлое, настоящее, будущее / В.В.Либерман, Г.Г. Личков. – Текст: непосредственный // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 8. – С. 57–60.

7. Либерман, В.В. Измерение уровня с помощью радарных уровнемеров / В.В. Либерман. – Текст: непосредственный // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 6. – С. 34–38.

8. Патрушев, Е.М. Исследование механизма чувствительности измерительных преобразователей, основанных на использовании неавтономных генераторов хаоса. – Текст: непосредственный / Е.М. Патрушев, Т.В. Патрушева // Измерение. Контроль. Информатизация: материалы двенадцатой Международной научно-технической конференции. – Барнаул: АлтГТУ, 2011. – С.139–143.

9. Yue L. Chaotic system for the detection of periodic signals under the background of strong noise [text]/ Yue Li, Baojun Yang // Chinese Science Bulletin, Vol. 48, № 5. – [China]: Science China Press, 2003. – P.508–510.

10. Chen H.Y. Chaos weak signal detecting algorithm and its application in the ultrasonic Doppler bloodstream speed measuring [text] / H. Y. Chen, J. T. Lv, S. Q. Zhang , L. G. Zhang , J. Li.// J. Phys. Conf. Ser.13. – London: IOP Publishing, 2005. – P.320–324.

11. Патрушева, Т. В. Способ контроля уровня жидкости на основе генератора хаотических колебаний / Т. В. Патрушева, Е. М. Патрушев. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2012. – № 3/2. – С. 149–152.

12. Патрушева, Т. В. Сигнализатор контроля уровня пылевых сред / Т. В. Патрушева. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2012. – № 2. – С. 25–27.

Суковатцов Никита Алексеевич – студент АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: sukovatcov2012@yandex.ru;

Патрушева Татьяна Васильевна – к.т.н. доцент кафедры ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: attractor13@gmail.com.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК ПЛОТНОМЕРА ПОПЛАВКОВОГО ТИПА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

И. С. Шапоров, Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье представлено описание конструкции устройства беспроводной передачи энергии, позволяющего разместить электронику для измерительных преобразований внутри поплавка плотномера агрессивных жидких сред.

Ключевые слова: плотномер, поплавок, индукция, беспроводная передача энергии, резонанс, колебательный контур.

Введение

Разработка приборов контроля для агрессивных сред связана с решением ряда технических проблем, связанных с защитой элементов устройств или минимизации влияния на них внешних условий, что в особенности относится к элементам механики, совершающим движение в контролируемой среде. В поплавковых плотномерах, как правило, реализуют перемещения элементов конструкции, в частности, непосредственно поплавок для калибровки силовой метрического элемента непосредственно в процессе работы. В результате возникает сложность в уплотнении подвижных сочленений элементов конструкции, которые, кроме того, должны работать в условиях избыточного давления [1]. Естественное решение – избавиться от подобных сочленений, то есть исключить непосредственную механическую связь между подвижными элементами конструкции. В частности, блок измерения веса поплавка возможно разместить в самом поплавке, но для этого электронику необходимо обеспечить энергией и каналом информационной связи с вычислительной частью прибора. Очевидным является то, что передачу энергии и организацию интерфейса необходимо реализовать без гальванического контакта.

Таким образом, **целью статьи** является реализация устройства бесконтактной передачи энергии и организации канала связи для

автономной работы измерительной схемы поплавка плотномера жидких сред.

Исходя из принципа работы, поплавок должен обладать «встроенным» измерительным элементом (тензодатчиком), схемой, обеспечивающей измерение и передачу измерительной информации на основной блок прибора посредством беспроводной сети передачи данных Wi-Fi.

Организация питания электроники поплавка обеспечивается беспроводным методом, за счет электромагнитной индукции, от передатчика к приёмнику. Приёмником является поплавок. Функциональная схема передатчика представлена на рисунке 1.

Первичный источник питания стабилизирует выходное напряжение, которое подается на генератор. Генератор, в свою очередь, создаёт периодический сигнал постоянной частоты для модуляции электрического тока поступающего из первичного источника питания, посредством «Блока модуляции». Передаваемая энергия преобразуется в электромагнитное поле с помощью набора передающих согласованных LC-контуров, размещённых в поплавке. Далее принятый сигнал поступает на выпрямитель с низким падением напряжения. Выпрямленное напряжение, стабилизированное с помощью блока стабилизатора питания, обеспечивает работу силовой метрического элемента и центрального процессора. Функциональная схема измерительного блока поплавка представлена на рисунке 2.

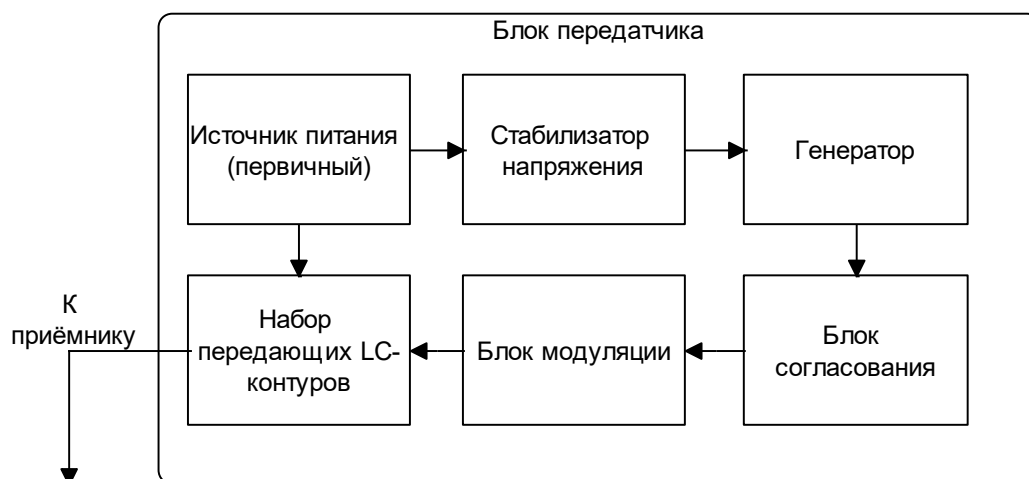


Рисунок 1 – Функциональная схема передатчика

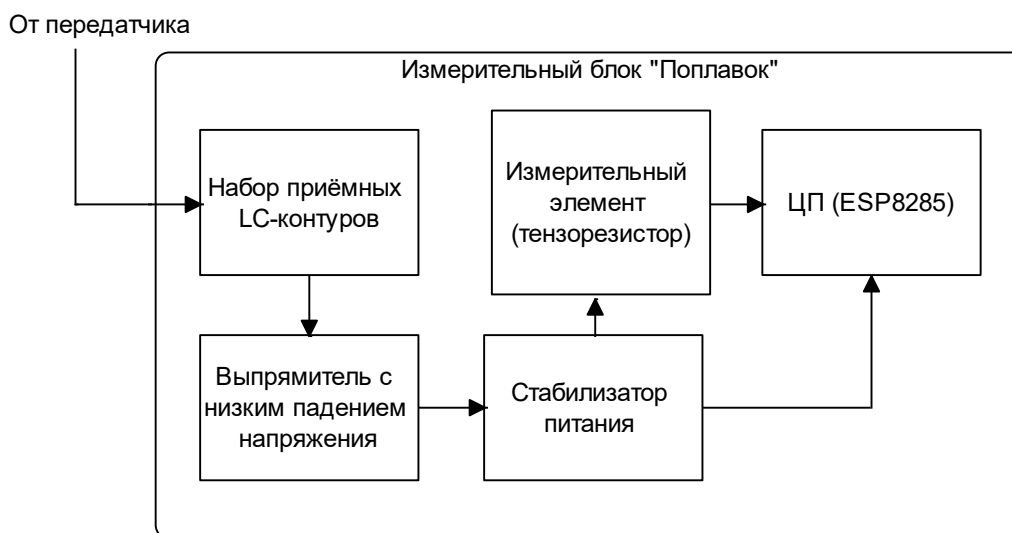


Рисунок 2 – Функциональная схема измерительного блока

Информационный канал связи решено было организовать на основе сети Wi-Fi, с помощью которой можно успешно передавать информацию на расстоянии нескольких десятков сантиметров даже через растворы электролитов. Центральным процессором является ESP8285, на борту данного контроллера присутствует Wi-Fi и встроенная энергонезависимая память (NVRAM), объема которой достаточно для хранения как кода программы, так и данных. Немаловажным преимуществом данного микроконтроллера является низкое потребление тока в момент передачи – менее 250 мА [2].

В результате был изготовлен макет устройства, представленный на рисунке 3. На этом же рисунке представлен магазин сопротивлений МСР-63, который был использован для имитации нагрузки данной схемы. Корпус

макета выполнен из пластика ABS и имеет цилиндрическую форму. Передающий контур состоит из плоских квадратных катушек типоразмера 45x45 мм в количестве 5 штук, установленных в корпус передающего контура в кольцо, для создания закрытого электромагнитного поля вокруг приемного контура. Приемный контур состоит так же из катушек такого же типоразмера, повторяющих форму передающего, но имеющих большую площадь и величину индуктивности соответственно. Количество катушек ограничено до 4. Габариты устройства передающего контура не превышают высоту 110 и диаметр 90 мм. Габариты приемного контура – 110 и 54 мм соответственно. На рисунке 4 представлена осциллограмма, показывающая уровень принимаемого сигнала на всех четырех катушках.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК ПЛОТНОМЕРА ПОПЛАВКОВОГО
ТИПА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

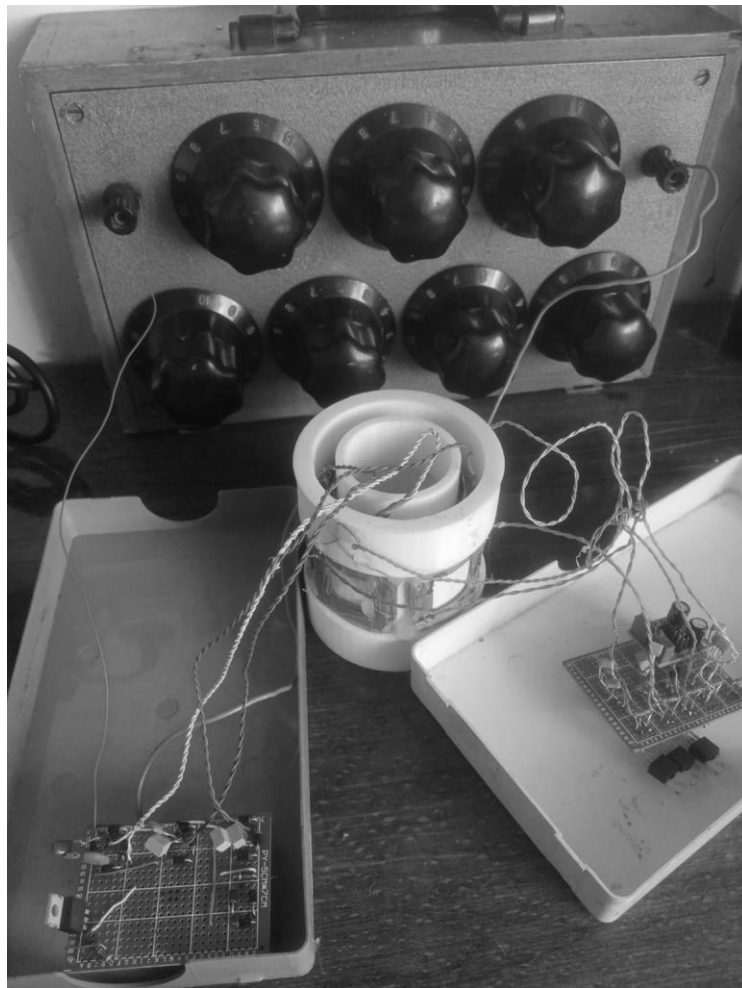


Рисунок 3 – Макет устройства

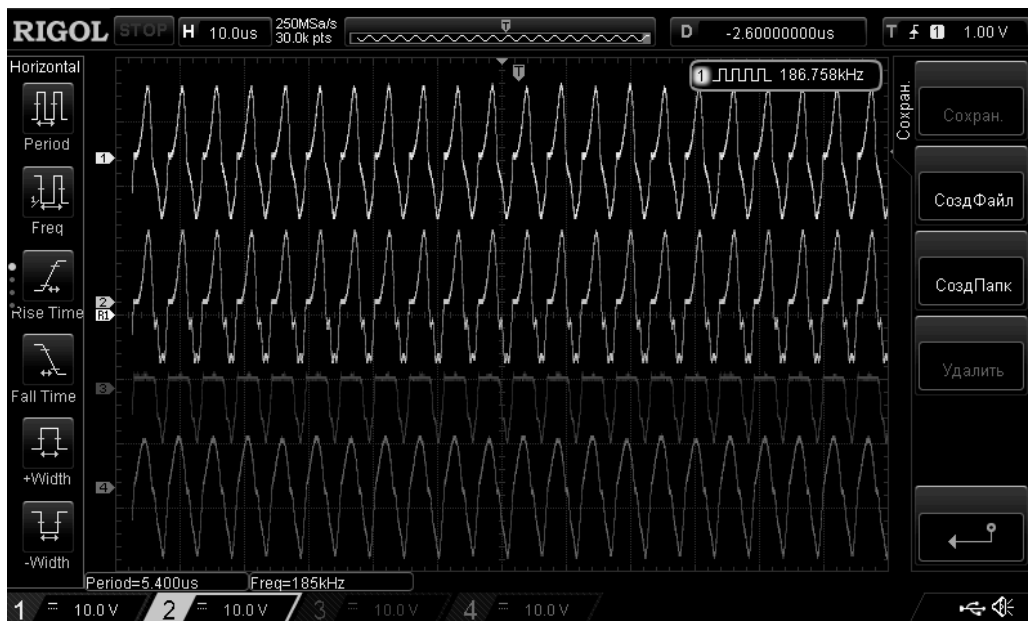


Рисунок 4 – Осциллограмма уровня принимаемого сигнала

На рисунке 4 можно видеть, как три из четырёх катушек обеспечивают стабильный приём переменного напряжения, но одна не полностью попадает в поле действия передающего контура, из чего можно сделать вывод о необходимости расположения контуров в два ряда, для повышения стабильности области передачи и приёма.

Разработанная модель обеспечивает передачу порядка 3 Вт эффективной электрической мощности. Для повышения электрической мощности можно увеличить количество контуров или применить ферритовые подложки. Ни первая, ни вторая идея пока не воплощались в эксперименте.

Выводы

В статье описано устройство для беспроводной передачи электрической энергии поплавкового плотномера, позволяющее разместить электронику для измерительных преобразований внутри поплавка и исключить его механическую связь с прибором, что позволит уменьшить количество факторов, определяющих погрешность измерений. Значение эффективной передачи электроэнергии составляет порядка 3 Вт при уровне напряжения не превышающем 5 В. Реализованное

в макете устройство бесконтактной передачи энергии достаточно для обеспечения стабильного питания электрической схемы поплавка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кивилис, С.С. Плотномеры / С.С. Кивилис. – Москва: Энергия, 1980. – 279 с. – Текст: непосредственный.

2. Белов, А.В. Управление модулем ARDUINO по Wi-Fi с мобильных устройств / А.В. Белов. – Санкт-Петербург : ООО "Наука и техника", 2020. – 496 с. – Текст: непосредственный.

Шапоров Иван Сергеевич – студент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, shaporev.vanya@mail.ru;

Кривобок Дмитрий Евгеньевич – канд. техн. наук каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе показано, что наличие бенз(а)пирена в растительном масле может быть следствием использования некачественного сырья, нарушения технологии производства и очистки, нарушения рецептурного состава. Результаты использования метода высокоэффективной жидкостной хроматографии для определения массовой концентрации бенз(а)пирена в растительном масле подтвердили предположение о возможности определения косвенным методом, по наличию бензапирена в растительных маслах, низкого качества продукта в целом или фальсификации продукции.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, растительное масло, производители, фальсификация, хроматограмма, идентификация пика бенз(а)пирена.

Бенз(а)пирен, являющийся полициклическим ароматическим углеводородом, по классификации ВОЗ является канцерогеном первого класса опасности. Допустимый уровень содержания бензапирена в пищевой масложировой продукции не более 0,002 мг/кг согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 024/2011. Исходя из вышеизложенного, исследование массовой концентрации бенз(а)пирена в растительном масле является значимой задачей [1].

Целью работы является исследование массовой концентрации бенз(а)пирена в растительном масле методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Ранее в работах [2–4] представлены причины образования бензапирена в растительном масле. Их можно разделить на две категории: наличие бензапирена в сырье или фальсификация продукции производителем.

Семена подсолнечника могут содержать большое количество ПАУ, например, из-за дымовой сушки масличных семян или при размещении посевных площадей подсолнечника у дорожных трасс. Поскольку бенз(а)пирен жирорастворим, то накопленный в подсолнечнике канцероген практически полностью переходит в получаемое растительное масло.

Фальсификация продукции производителем может происходить на этапе технологического процесса (перегрев сырья, неоднократная переработка, некачественная очистка) или после извлечения и очистки масла на

этапе розничного разлива разбавлением дешевым маслом, низкоочищенным или техническим без вкуса, запаха и цвета. Наиболее опасный для здоровья человека фальсификат – смесь высокоочищенного растительного масла и технического масла (подсолнечное нерафинированное 2 сорта или касторовое). Поскольку высокоочищенное масло и техническое масло не имеют вкуса, цвета и запаха, то идентифицировать состав такой продукции можно только путем определения физико-химических показателей (показатель преломления, температура застывания или йодное число) или косвенно, например, по наличию таких вредных примесей, как бенз(а)пирен [5]. Подобного рода фальсификат может содержать не только бенз(а)пирен, но и гексан, соединения свинца, мышьяка, кадмия, ртути, пестициды, ядохимикаты. Наличие бенз(а)пирена в растительном масле косвенно свидетельствуют о низком качестве продукта в целом или фальсификации продукции [3].

Для проведения хроматографических исследований была выполнена пробоподготовка нескольких видов рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства: «Благо», нерафинированное, высший сорт; «Слобода», нерафинированное, первый сорт; Россиянка», нерафинированное, первый сорт; «Золотая семечка», рафинированное, высший сорт; ТМ «Затяя», рафинированное, первый сорт.



Рисунок 1 – Внешний вид хроматографа Люмахром

Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование: стандартный набор лабораторной посуды, весы аналитические, центрифуга, пресс-форма ПФ-13, «Люмахром» с флуориметрическим детектором «Люмахром ФЛД 2410 Флюорат-02-2М» (рабочий спектральный диапазон, нм: по возбуждению от 250 до 650, по регистрации от 250 до 650), колонка C18 Kromasil 2,1x150, зерно 6,2 мкм (предел допускаемого значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала $n=5$,

% по времени удерживания 1,5, по площади пика 4), микрошприц на 100 мкл [2, 3, 6].

Хроматограф включает в себя флюорат, насос и ПК (рисунок 1), диапазон измеряемых массовых долей бенз(а)пирена – 0,1–100 млрд–1 (мкг/кг). Перед вколом пробы необходимо подготовить подвижную фазу (смесь ацетонитрила и дистиллированной воды в отношении 4:1), далее промыть ею систему до получения стабильной линии отклика детектора на ПК.

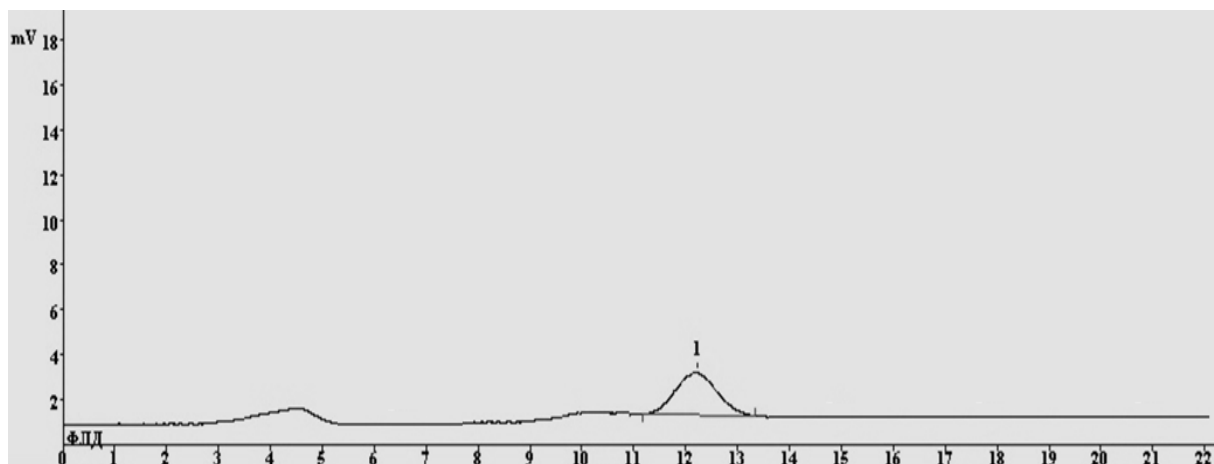


Рисунок 2 – Хроматограмма пробы №1

На рисунке 2 представлена хроматограмма, полученная при обработке результа-

тов пробы №1, нерафинированное масло "Благо". Система не идентифицировала пик

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

бенз(а)пирена на хроматограмме по времени удерживания в диапазоне 17–22 минуты. На основе полученной хроматограммы констатируем, что бенз(а)пирен в пробе «нерафинированное масло "Благо"» не обнаружен. Можно предположить, что это связано с чистотой материала пробы и соблюдением технологии изготовления растительного масла "Благо".

На рисунке 3 представлена хроматограмма, полученная при обработке результа-

тов пробы №4, рафинированное масло "Золотая семечка". При обработке пробы идентифицирован пик бенз(а)пирена по времени удерживания. Расчет концентрации в пробе показал массовую концентрацию бенз(а)пирена в пробе ««Золотая семечка», рафинированное, высший сорт» $0,084 \pm 0,0402$ мг/кг. Содержание данного соединения не превышает ПДК в 2 мг/кг согласно [1].

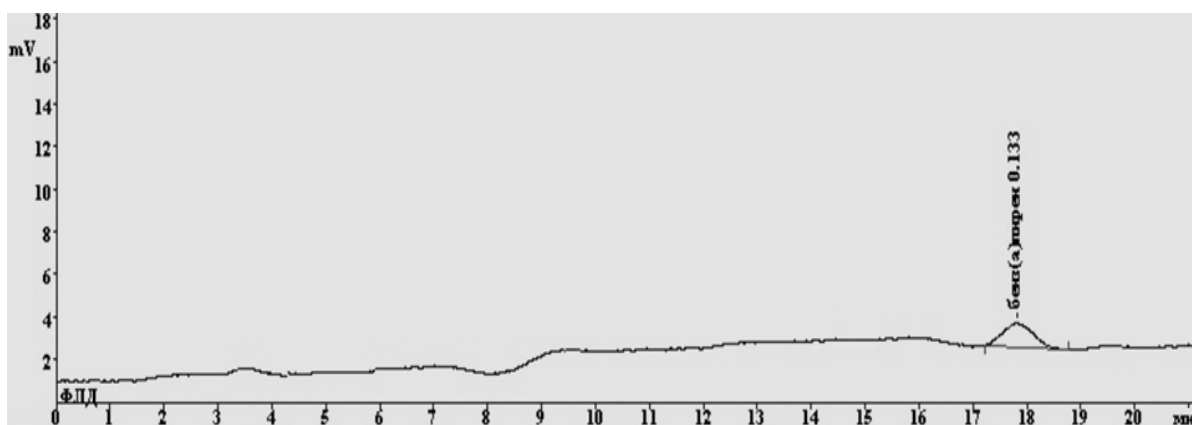


Рисунок 3 – Хроматограмма пробы №4

Хроматографические исследования проб растительных масел «Благо», нерафинированное, высший сорт; «Слобода», нерафинированное, первый сорт; Россиянка», нерафинированное, первый сорт не выявили наличие бензапирена в составе растительных масел. Исследования проб масел «Золотая семечка», рафинированное, высший сорт; ТМ «Затяя», рафинированное, первый сорт, выявили наличие бензапирена в пробах данных масел, не превышающих ПДК, указывает на несоблюдение технологии изготовления растительного масла "Золотая семечка" или фальсификат конечного продукта.

В работе определено, что наличие бенз(а)пирена в растительном масле может быть следствием использования некачественного сырья, нарушения технологии производства и очистки, нарушения рецептурного состава (фальсификация путем разбавления дешевым маслом, низкоочищенным или техническим без вкуса, запаха и цвета). Результаты хроматографического исследования на наличие и массовую долю бензапирена нескольких видов рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства показали наличие в ряде масел исследуемого вещества в пределах норм ПДК. Полученные данные подтвер-

ждают предположение о возможности определения косвенным методом, по наличию бензапирена в растительных маслах, о низком качестве продукта в целом или фальсификации продукции маслозавода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. Технический регламент на масложировую продукцию (с изменениями на 23 апреля 2015 года) : утвержден и введен в действие Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 88 : дата введения 2011–12–09. – Москва : АО "Кодекс", 2019. – 256 с. – Текст : непосредственный.
2. Надвоцкая, В.В. Обзор методов измерения массовой концентрации бенз(а)пирена в пищевых продуктах / В.В. Надвоцкая, Е.А. Енгибарян. – Текст : электронный // Программно–техническое обеспечение автоматизированных систем: материалы всероссийской молодежной научно–практической конференции (16 декабря 2020 г., Барнаул); под ред. А.Г. Якунина. – 2020. – С.52–55. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2021_1/77/ (дата обращения: 27.09.2021).
3. Виды фальсификации масложировой продукции. – Текст : электронный // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Саха (Якутия), 2006–2011 г. : [сайт]. – 2021. – URL: http://14.rospotrebnadzor.ru/rss_all/

/asset_publisher/Kq6J/content/id/2676172 (дата обращения: 13.10.2021).

4. Котлубовская, Т.В. Исследование массовой концентрации бенз(а)пирена в продукции маслозавода методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Т.В. Котлубовская, В.В. Надвоцкий. – Текст : электронный // Программно–техническое обеспечение автоматизированных систем: материалы всероссийской молодежной научно–практической конференции (16 декабря 2020 г., Барнаул); под ред. А. Г. Якунина, 2020. – С. 55–58. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2021_1/77/ (дата обращения: 10.10.2021).

5. Лукин, А.А. Перспективы создания растительных масел функционального назначения / А. А. Лукин, С. Г. Пирожинский. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2013. – № 9 (56). – С. 57–59.

– URL: <https://moluch.ru/archive/56/7728/> (дата обращения: 13.10.2021).

6. М 04–15–2009 «Продукты пищевые и продовольственное сырье, БАД. Методика измерений массовой доли бенз(а)пирена методом ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа “ЛЮМАХРОМ®» (изд. 2014 г.) –Текст : электронный// ООО «Люмэкс–маркетинг» 2001–2021 : [сайт]. 2021. –URL: https://www.lumex.ru/metodics/20ARU02.08.01-1_BaP_food.pdf (дата обращения: 13.09.2021).

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, тел.: (3852) 290–913, e–mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Енгибарян Егор Аликович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852)29-09-13, e–mail: egor-falleninaflame@mail.ru.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

А. А. Чепуштанов, Д. М. Пальшин

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье приведены классы точности для печатных плат, закрепленных в отечественном и зарубежном стандартах. Исследование и анализ классов точности позволили сформировать результирующую таблицу с оптимизацией классов точности. На примере показано, что печатная плата, полученная с измененными параметрами, менее ресурсозатратна и имеет меньшие габариты.

Ключевые слова: стандарты плат печатных, классы точности, оптимизация.

Точность изготовления электронных печатных плат (ПП) в конечном итоге определяет работоспособность конечного изделия, поэтому классы точности, введенные для ПП, составляют большую важность при их изготовлении российскими и зарубежными производителями

ГОСТ 23.751–86 включает в себя пять классов точности ПП. Класс точности указывается в конструкторской документации на ту или иную ПП [1]. Класс точности определяет качество изделия, которое, в свою очередь, зависит от применяемого оборудования.

В таблице 1 приведено описание основных параметров ПП согласно отечественной классификации по уровню точности: t – ширина печатного проводника; S – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка; b – гарантированный поясок; f – отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий, к толщине печатной платы.

Таблица 1 – Отечественная классификация печатных плат по уровню точности

Условное обозначение	Номинальное значение основных параметров				
	1	2	3	4	5
t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
S , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
b , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
f , мм	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Наибольшую востребованность получили печатные платы 3–го класса точности [2]. К платам любительского или макетного уровня относят платы 1–го и 2–го уровня точности.

За рубежом принята иная классификация печатных плат по уровню точности (таблица 2).

Сравнивая данные двух таблиц, можно отметить существенную разницу между российскими и зарубежными стандартами классами точности. Разница заключается в минимальной ширине проводников и расстояния между краями проводящего рисунка.

Таблица 2 – Зарубежные стандарты классов точности для печатных плат

Класс точности	Ширина проводника и зазор	Шаг проектирования	
		Наружные слои	Внутренние слои
0	0,2	1,25	0,625
1	0,15	0,625	0,625
2	0,1	0,625	1
3	0,075	0,5	1
4	0,05	0,5	0,5
5	0,025	0,25	0,25

В российских стандартах она шире. Второй отличительной особенностью является шаг трассировки. В зарубежных нормах он учитывается. Введение этого параметра позволяет разработчикам на начальных этапах идентифицировать возможности производства, в условиях которого они непосредственно будут работать, с параметрами печатных плат [2,3].

Обобщенная таблица классов точности ПП и параметров, определяющих эти классы, по российским и зарубежным стандартам приведена в таблице 3.

Первые два класса практически не были изменены, но для них приводится шаг координатной сетки, что в свою очередь позволит разработчику на начальных этапах работы определить возможные местоположения

монтажных отверстий, контактных площадок для поверхностно–монтируемых компонентов. Начиная с 3–го класса точности изменены такие параметры, как размер печатного проводника, расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка, отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы. Российские параметры были допустимо приближены к зарубежным параметрам из следующих соображений:

- уменьшение данных параметров позволит экономить изготовление ПП на дорогих материалах, особенно на тех производствах, которые занимаются выпуском печатных плат 5–го класса точности;

- уменьшение ширины печатного проводника и зазора ведет к производству более компактных печатных плат, а, следовательно, к созданию малогабаритных, удобных и мобильных приборов.

Таблица 3 – Классы точности печатных плат с учетом отечественных и зарубежных стандартов

Классе точности	t,мм	S,мм	b,мм	f,мм	φ,мм
1	0,75	0,75	0,3	0,4	3,5
2	0,40	0,40	0,2	0,4	2,5
3	0,15	0,15	0,1	0,3	1,5
4	0,1	0,1	0,05	0,25	1,0
5	0,05	0,05	0,025	0,15	0,5

В качестве примера можно привести печатную плату солемера, разработанную по стандартным и изменённым параметрам третьего класса точности.

Печатная плата солемера со стандартными параметрами третьего класса точности имеет следующие параметры:

- ширина печатной платы 80 мм.
- высота печатной палаты 15 мм.
- ширина печатного проводника 0,25 мм;
- расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка 0,25 мм [4];

- гарантийный поясик 0,05 мм;
- отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий, к толщине печатной платы 0,33 мм;

- шаг координатной сетки 0,25 мм.
- предельное отклонение диаметров монтажных и переходных отверстий 0,05 мм;
- предельные отклонения размеров проводящего рисунка для узкого места 0,05 мм;
- позиционные допуски для расположения осей отверстий в диаметральном выражении 0,08 мм [4].

Печатная плата солемера с измененными

ми параметрами третьего класса точности:

- ширина печатной платы 75 мм.
- высота печатной палаты 15 мм.
- ширина печатного проводника 0,15 мм;
- расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка 0,15 мм;
- гарантийный поясик 0,1 мм;
- отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий, к толщине печатной платы 0,33 мм;

- шаг координатной сетки 0,15 мм.
- предельное отклонение диаметров монтажных и переходных отверстий 0,1 мм;
- предельные отклонения размеров проводящего рисунка для узкого места 0,02 мм;
- позиционные допуски для расположения осей отверстий в диаметральном выражении 0,04 мм.

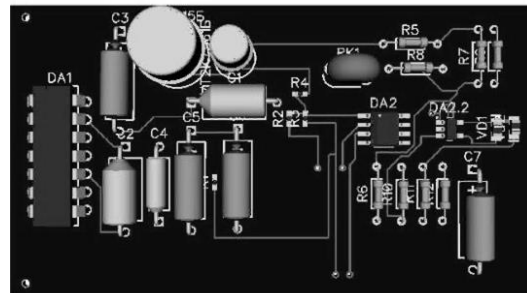


Рисунок 1 – 3D модель печатной платы “Солемера”

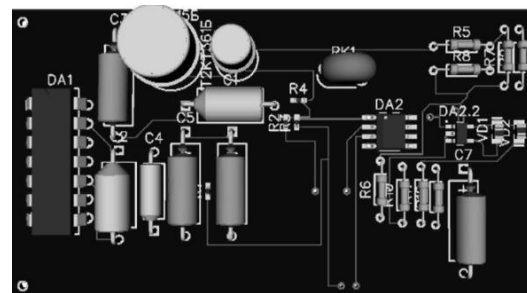


Рисунок 2 – 3D модель печатной платы с измененными параметрами

После сравнения двух полученных 3D–моделей следует вывод: для изготовления печатной платы, полученной с измененными параметрами, требуется меньше ресурсов. При измененных параметрах вторая плата конструктивно компактнее. Размеры платы с параметрами обычной классификации по большей стороне 80 и по меньшей 40 мм. Размеры второй платы по большей стороне 75 и по меньшей стороне 35 мм. 3D–модели ПП проиллюстрированы на рисунках 1 и 2.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Среда проектирования и моделирования DipTrace.

Выводы

Исследование и анализ классов точности разработки ПП с учетом отечественных и зарубежных стандартов позволили сформировать результирующую таблицу с оптимизацией классов точности печатных плат:

– печатные платы, полученные с измененными параметрами, менее ресурсозатратны;

– платы выполняются конструктивно компактнее.

Результаты оптимизации можно рекомендовать как разработчикам любительского уровня, так и на этапах макетирования, моделирования небольших производств, при возможности «гибкого» обращения с технологическим оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкторское производственное объединение: точность плат: [сайт] – URL: <http://www.pcb.spb.ru/precise> (дата обращения: 01.11.2021). – Текст: электронный.

2. ГОСТ Р 51040–97. Платы печатные. Шаги координатной сетки = Printed boards. Grid systems: Государственный стандарт Российской Федера-

ции: издание официальное: Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 26 марта 1997 г. N 104: введен впервые: дата введения 1998–01–01 / Разработан АООТ Центральным научно–исследовательским институтом "Техномаш". – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200027689> (дата обращения: 12.11.2021). – Текст: электронный.

3. ГОСТ Р 53429 – 2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции = Printed circuit boards. Basic parameters of structure: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 ноября 2009 г. N 519–ст: введен впервые: Дата введения 2010–07–01 / Разработан Открытым акционерным обществом "Центральный научно–исследовательский технологический институт "Техномаш" (ОАО "ЦНИТИ "Техномаш"). – Москва: Стандартиформ, 2018. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075977> (дата обращения: 12.11.2021). – Текст: электронный.

Чепуштанов Александр Александрович – к.т.н., доцент, тел. (3852) 290913;

Пальшин Дмитрий Михайлович – магистрант кафедры ИТ, тел. (3852) 290913, e-mail: dmitrypalsin@gmail.com.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ОТ ИОННОГО СОСТАВА ПОЧВЫ И ВАРИАБЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА

С. П. Пронин, И. И. Петрова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе приведены исследования зависимости урожайности пшеницы от ионного состава почвы и биоэлектрических сигналов от зерен пшеницы одного сорта. Пшеница выращивалась на трех делянках с разным составом содержания калия и натрия. В результате анализа ионного состава и урожайности сделан вывод об оптимальном соотношении ионов калия и натрия, при котором достигается максимальная урожайность. Экспериментально установлено, что максимальное значение переменного потенциала коррелирует с ионным составом калия и натрия в почве.

Ключевые слова: почва, ионный состав, пшеница, урожайность, зерна, переменный потенциал.

Введение

Перед аграриями России поставлены большие задачи, одна из которых – повышение урожайности пшеницы [1,2]. На урожайность влияют различные факторы. Эти факторы классифицируют на две большие группы: почвенно–климатические условия и непосредственно семена пшеницы [1]. В первой группе большое внимание уделяют подготовке почвы. Например, в статье [3] исследовано влияние общего роста повышения урожая яровой пшеницы под действием комплексных минеральных удобрений в предпосевной период. Важным становится вопрос о прогнозировании будущего урожая. Такое прогнозирование осуществляется на базе приборов и цифровых технологий. Однако их эффективное использование, как отмечено в статье [4], основано на получении первичной информации с полевых стационаров и агрохимических исследований. Получая такую первичную информацию, ее необходимо еще обработать по соответствующим алгоритмам. Видимо применение существующих инженерных технологий не всегда ведет к достижению требуемого эффекта.

У существующих технологий можно отметить следующую особенность. Измерение качества почвы и измерение качества зерна выполняются независимо друг от друга. А далее производится синтез полученной информации и прогнозирование урожайности. Оценку качества почвы выполняют в химических лабораториях. Оценку качества зерна перед посевом определяют по энергии про-

растания и лабораторной всхожести в специализированных организациях. Встает вопрос: можно ли прогнозировать урожайность зерна пшеницы от измерения одного какого-либо интегрального параметра при воздействии конкретной почвы на конкретное зерно? Таким интегральным параметром может служить значение переменного потенциала у зерен пшеницы [5]. Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо исследовать влияние ионного состава почвы на урожайность, с одной стороны, и, с другой стороны, оценить урожайность от значений переменного потенциала.

Цель исследований – изучить изменение урожайности пшеницы одного и того же сорта от ионного состава почвы и переменного потенциала у исследуемых зерен.

Материалы и методы исследования

Для исследований использовали зерна пшеницы сорта Омская–36. В 2020 г. с трех делянок был собран урожай. В таблице представлены сводные данные по эксперименту: урожайность в ц/га, содержание ионов натрия и калия в почве соответствующих делянок в процентах и максимальное значение переменного потенциала ВП_{max} в милливольтях.

Таблица 1 – Сводные данные эксперимента

Делянка №	Урожайность, ц/га	Na ⁺ , %	K ⁺ , %	ВП _{max} , мВ
1	32,9	13,67	3,85	59
2	37,4	21,55	3,53	17
3	41,4	14,4	3,86	58

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ОТ ИОННОГО СОСТАВА ПОЧВЫ И ВАРИАБЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Ионное содержание в почве определялось в центре агрохимической службы «Алтайский». Вариабельный потенциал измеряли в лаборатории АлтГТУ по методике, изложенной в статье [5].

Типичные графики вариабельного потенциала у зерен пшеницы, собранной с различных делянок, показаны на рисунке 1. С каждой делянки были взяты по 15 зерен пшеницы и измерены вариабельные потенциалы. В вариабельных потенциалах определялись максимальные значения ВП_{max} и вычислялись их средние значения. Итог вычислений представлен в таблице, в последней колонке.

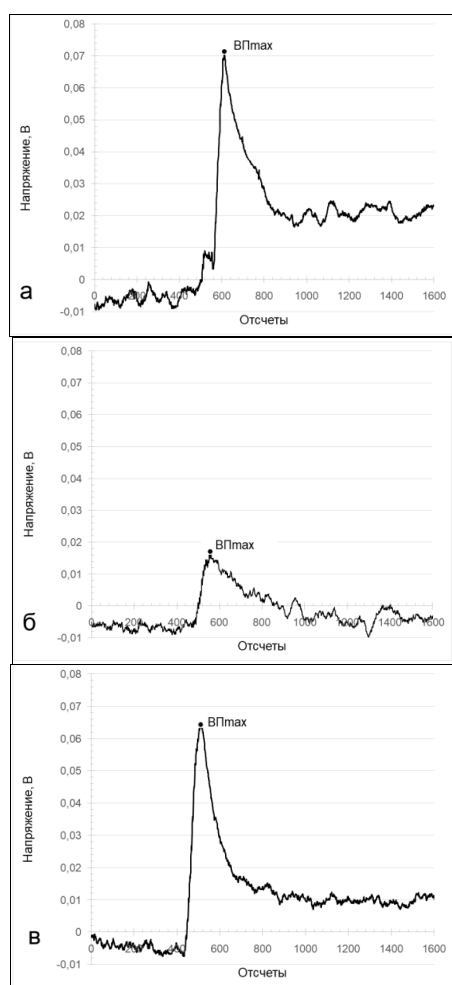


Рисунок 1 – Типичные графики вариабельного потенциала, измеренные у зерен пшеницы собранных: а – с делянки №1; б – с делянки №2; в – с делянки №3

Обсуждение результатов исследования

По данным таблицы построены графики зависимости урожайности пшеницы с разных делянок от концентрации ионов Na и K, пока-

занные на рисунке 2а и 2б. Как видно из графиков, на урожайность пшеницы рассматриваемые ионы влияют «зеркально». Если с увеличением концентрации ионов натрия урожайность вначале возрастает, а затем уменьшается, то с увеличением концентрации ионов калия урожайность вначале уменьшается, а затем возрастает. Анализируя полученные графики, сложно представить общую закономерность изменения урожайности. Чтобы исключить неоднозначность и представить обобщенную закономерность, рассмотрим отношение концентрации ионов калия к концентрации ионов натрия. Такой график представлен на рисунке 2в. На основе этого графика уже можно сделать выводы. Допустим, что почва содержит определенную концентрацию ионов натрия. С увеличением концентрации ионов калия урожайность вначале возрастает, а затем уменьшается. Следовательно, существует такое соотношение концентраций, при котором должна достигаться максимальная урожайность. Судя по экспериментальным точкам, такая зависимость носит нелинейный характер. Для более полного описания экспериментальной зависимости необходимо собрать данные по урожайности пшеницы и данные соотношения концентраций калия и натрия в диапазоне от 0,17 до 0,27 отн.ед.

По данным таблицы построен график зависимости урожайности пшеницы от максимального значения вариабельного потенциала ВП_{max}, представленный на рисунке 3. По форме изменения урожайности график совпадает с зависимостью изменения урожайности от соотношения концентраций калия к натрию. Следовательно, показатель максимального значения вариабельного потенциала может служить тем интегральным показателем, по которому можно оценить урожайность пшеницы. Полученные данные хорошо коррелируют с результатом экспериментальных исследований, отраженных в статье [6]. С высоким уровнем концентрации натрия вне зерна пшеницы максимальное значение вариабельного потенциала инвертируется, т.е. приобретает отрицательное значение. В настоящей работе величина концентрации натрия в почвах делянок не столь высока, чтобы максимальное значение приобрело отрицательное значение. Однако в почве делянки № 2 концентрация натрия в 1,6 раза выше, чем в почве делянки № 1. Поэтому максимальное значение ВП_{max} из-за натрия оказалось меньше в 3,5 раза.

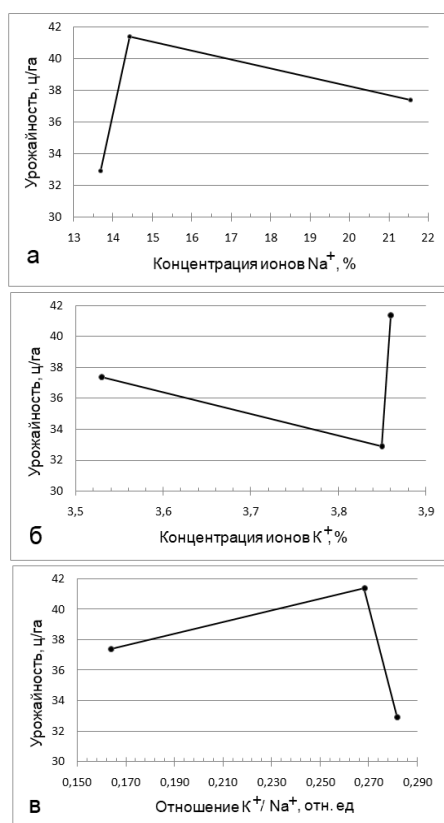


Рисунок 2 – Зависимость урожайности от:
 а – концентрации ионов натрия;
 б – концентрации ионов калия; в – от соотношения концентрации ионов калия к концентрации ионов натрия

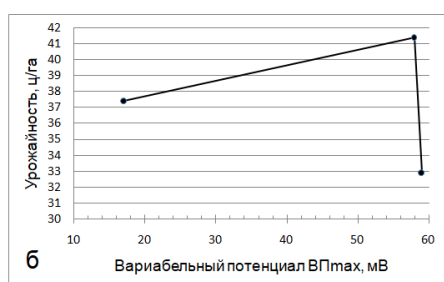


Рисунок 3 – Зависимость урожайности от максимального значения вариабельного потенциала

Заключение

В результате проведённых исследований установлено, что с увеличением соотношения концентрации ионов калия к концентрации ионов натрия урожайность вначале возрастает, а затем уменьшается. Следовательно, существует такое соотношение концентраций, при

котором должна достигаться максимальная урожайность.

Показатель максимального значения вариабельного потенциала может служить интегральным показателем оценки урожайности пшеницы. Повышение концентрации ионов натрия в почве ведет к существенному уменьшению максимального значения вариабельного потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жаркова, С.В. Формирование показателей всхожести и энергии прорастания семян у сортов яровой мягкой пшеницы в разных средовых условиях / С.В. Жаркова, Н.В. Чевычелова, С.С. Новикова. – Текст: непосредственный. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5. – С. 5–10.
2. Логинов, Ю. П. Стратегия развития селекции яровой пшеницы в условиях современного земледелия / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, С. Н. Яценко. – Текст: непосредственный. // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 4 частях. – 2017. – С. 29–36.
3. Яковлев, А.В. Влияние комплексных минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Алтайского края / А.В. Яковлев. – Текст: непосредственный. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 8. – С. 10–15.
4. Дёмина, О.Н. Влияние минеральных удобрений на динамику нитратов пахотного чернозема под пшеничным агрофитоценозом / О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин. – Текст: непосредственный. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4. – С. 15–23.
5. Барышева, Н.Н. Сравнение мембранного потенциала зерен пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам, разных сортов с разной урожайностью / Н. Н. Барышева, С.П. Пронин, Д.Д. Барышев, В.И. Беляев. – Текст: непосредственный // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 550–575. – URL: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/articles2/94-20-4/809-10-15507-0236-2910-030-202004-2> (дата обращения: 06.09.2021).

Пронин Сергей Петрович – д.т.н., профессор кафедры ИТ АлтГТУ, тел.: 89130859665, e-mail: sppronin@mail.ru.

Петрова Ирина Игоревна – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ, тел.: 89628177512, e-mail: ip11061999@ya.ru.

УДК 004

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ
ПЕРЕМЕННЫХ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК****И. Д. Королев, В. В. Губарев**Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции
Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко,
г. Краснодар

В статье предложен подход к определению параметров функций принадлежности лингвистических переменных, описывающих показатели, учитываемые при принятии решений об ограничении прав граждан на выезд из Российской Федерации, методом экспертных оценок.

Ключевые слова: граждане, принятие решений, срок ограничения, экспертный опрос, эксперты, лингвистические переменные, функции принадлежности, коэффициент вариации.

В отношении граждан, допущенных (допускавшихся ранее) к государственной тайне с грифом секретности «совершенно секретно» или «особой важности», уполномоченными должностными лицами, могут быть приняты решения по временному ограничению права на выезд за пределы Российской Федерации [1]. При этом, при принятии данных решений, должен применяться дифференцированный подход к определению срока ограничения, что подразумевает учет установленных требованиями нормативно-правовых актов показателей [2].

Математическая модель оценки данных показателей при принятии должностными лицами решений об ограничении прав граждан на выезд за пределы Российской Федерации, позволит разработать методику повышения обоснованности и сокращения времени на принятие данных решений. Математическую модель данного процесса возможно построить путем введения понятий нечеткого множества и лингвистической переменной. Одним из основополагающих в теории нечетких множеств является понятие нечеткого множества, которое характеризуется функцией принадлежности [3]. Основываясь на теории нечетких множеств возможно представить присущие для языка человека расплывчатые элементы, «без формализации которых нет надежды существенно продвинуться вперед в моделировании интеллектуальных процессов» [4].

Функции принадлежности могут строиться или на основе статистической информации, или на информации, полученной от экс-

пертов (группы экспертов). В первом случае функция принадлежности должна иметь частотную интерпретацию (степень принадлежности адекватна понятию вероятности события), во втором случае степень принадлежности рассматривается как интенсивность проявления некоторого свойства. Анализ литературы показывает, что методы построения функции принадлежности делятся на прямые и косвенные. Классификация методов построения функций принадлежности приведена на рис. 1 [5]:

В тех случаях, когда в моделях принятия решений необходимо применять информацию, формализация которой осуществляется с использованием теории нечетких множеств, разрабатываются необходимые функции принадлежности. Качество принимаемых решений при этом зависит от того, насколько адекватно построенная функция отображает опыт и знания эксперта.

Экспертные оценки значений функций принадлежности могут быть получены с применением системного подхода, содержащего несколько этапов [6].

Этап формирования цели проведения экспертного опроса. Цель работы группы экспертов была определена исходя из задачи исследования: построение функций принадлежности термов заданных лингвистических переменных, описывающих показатели, используемые при принятии решения об ограничении прав граждан на выезд за пределы Российской Федерации.



Рисунок 1 – Методы построения функций принадлежности

Формализованная постановка задачи имеет следующий вид.

Зададим следующие множества:

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ – множество значений лингвистической переменной A (терм–множество);

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_r\}$ – универсальное множество (область определения термов, которые входят в определение лингвистической переменной A).

Нечеткое множество \tilde{a}_i , представляющее лингвистический терм a_i , $i = \overline{1, k}$ на универсальном множестве U описывается в виде:

$$\tilde{a}_i = \left(\frac{u_{a_i}(u_1)}{u_1}, \frac{u_{a_i}(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{u_{a_i}(u_r)}{u_r} \right) \quad (1)$$

Требуется определить степени принадлежности элементов множества U к элементам множества A , т.е. найти $u_{a_i}(u_q)$ для всех $i = \overline{1, k}$, $q = \overline{1, r}$.

Разработано и используется более десятка типовых форм кривых для задания функций принадлежности. Самыми распространенными функциями принадлежности являются: треугольная, трапециевидная, колоколообразная, сигмоидная [7–8]. Для решения данной задачи используется трапециевидная функция принадлежности, как одна из наиболее часто используемых и изученных в решении нечетких задач [9–10]. Верхнее основание трапеции выбранной функции принадлежности соответствует тому факту, что эксперт уверен в правильности своего выбора, нижнее основание означает уверенность эксперта в том, что другие значения ин-

тервала не попадают в определенное нечеткое множество, что в данном случае будет наиболее адекватным описанием лингвистических термов. Выбранная функция описывается выражением вида:

$$f_T(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, c \leq x \leq d \\ 0, d \leq x \end{array} \right\} \quad (2)$$

Этап формирования экспертной группы в соответствии с целью работы. Экспертная группа формируется из специалистов подразделений по защите государственной тайны, имеющих опыт работы по подготовке и формированию проектов решений об ограничении прав граждан на выезд за пределы Российской Федерации более 5 лет. Данный факт подтверждает компетентность отобранных экспертов и тем самым позволил определить численность группы – 15 человек, что соответствует рекомендованному количественному составу экспертной группы в следующих пределах [11]:

$$10 \leq K \leq 30 \quad (3)$$

где K – количество экспертов в рабочей группе.

Компетентность экспертной группы и ее способность корректно решить поставленную перед ней задачу подтверждается попаданием уровня компетентности группы в установленный интервал [12]:

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
 ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ
 ПЕРЕМЕННЫХ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

$$0,67 \leq M \leq 1,0 \quad (4)$$

где M – уровень компетентности экспертной группы.

При этом оценивание компетентности рабочей группы экспертов вычисляется по формуле [13]:

$$M = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j \quad (5)$$

где K_j – коэффициент, определяющий уровень компетентности j -го эксперта; m – количество экспертов в рабочей группе.

Оценка уровня компетентности K_j каждого j -го эксперта ($j = \overline{1, m}$), складывается из уровня его профессиональной подготовленности, знания требований нормативно – правовых актов по порядку подготовки решения о возможности выезда граждан за пределы Российской Федерации, практического опыта по подготовке решений, а также органа военного управления, в котором эксперт проходил службу, и вычисляется по формуле:

$$K_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 K_{ij} \quad (6)$$

где K_{ij} – комплексный показатель эксперта, учитываемый при оценке уровня компетентности j -го эксперта: $0 \leq K_{ij} \leq 1$; K_{1j} – коэффициент, учитывающий практический опыт работы эксперта в данной области; K_{2j} – коэффициент, учитывающий уровень органа военного управления, в котором проходил службу эксперт.

Коэффициент K_{1j} определяется на основании опыта практической работы в данном направлении.

Коэффициент K_{2j} определялся на основании уровня органа управления, в котором проходил службу эксперт.

В случае, если уровень компетентности рабочей группы экспертов соответствует поставленному условию (3), группа признается работоспособной и приступает к выполнению своих обязанностей.

Этап выбора формы исследования. Исследование проводится в очной одношаговой форме. При этом должны выполняться следующие принципы:

– каждый эксперт должен быть обеспечен всей информацией о результатах оценок остальных экспертов, а также обоснованием этих оценок;

– должна быть обеспечена максимальная независимость высказываний всех экспертов во время обсуждения полученных результатов групповой оценки;

– требуется обеспечить анонимность оценочных суждений отдельного эксперта.

Экспертный опрос проводится методом независимых характеристик, который позволяет дать обобщенную оценку значений функций принадлежности лингвистических переменных. При этом первоначально производится сравнение мнений экспертов, затем – обработка полученных результатов с использованием методов математической статистики. На завершающем этапе формулируются выводы.

В ходе этапа непосредственного опроса каждый эксперт заполняет таблицу, в которой указывает свое мнение о параметрах (a, b, c, d) трапециевидных функций принадлежности заданных лингвистических термов. Результаты экспертного опроса обрабатываются методами математической статистики.

Общая согласованность экспертной информации определяется с использованием коэффициента вариации мнений по каждому i -му параметру [14]:

$$V_i = \frac{\sigma_i}{x_0} 100\% \quad (7)$$

где $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \overline{x_0})^2}{m-1}}$ – среднее квадратическое отклонение по каждому

i -му параметру; $\overline{x_0} = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m}$ – среднее

арифметическое; x_j – оценка j -го эксперта, $j = \overline{1, m}$; m – количество экспертов в рабочей группе.

Далее определяется степень согласованности всей экспертной информации, путем вычисления интегрального коэффициента вариации по всем значениям экспертных данных:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (8)$$

где n – количество оцениваемых параметров.

Согласованность результатов экспертного опроса производится с использованием таблицы 1:

Таблица 1 – определение согласованности экспертных мнений

Коэффициент вариации	Уровень согласованности экспертных мнений
$V_{cp} < 10\%$	Высокий
$V_{cp} < 15\%$	Выше среднего
$V_{cp} < 25\%$	Средний
$V_{cp} < 35\%$	Ниже среднего
$V_{cp} \geq 35\%$	Низкий

Выводы

В статье предложена методика организации и проведения сбора экспертной информации для определения значений функций принадлежности термов лингвистических переменных, описывающих показатели, учитываемые при принятии решений об ограничении прав граждан на выезд из Российской Федерации. Компетентность экспертной группы и адекватность экспертной информации доказаны путем вычисления соответствующих характеристик (показателя уровня компетентности и коэффициента вариации), что позволяет использовать полученные результаты для разработки нечеткой математической модели принятия решений об ограничении прав граждан на выезд за пределы Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О государственной тайне: закон Российской Федерации от 21.07.1993 № 5485–1. – Текст: непосредственный // Российская газета. – 1993. – 21 сент. – С. 1–2.
2. Постановление Конституционного Суда РФ от 07.06.2012 № 14–П по делу о проверке конституционности положений подпункта 1 статьи 15 Федерального закона «О порядке выезда из Российской Федерации и въезда в Российскую Федерацию» и статьи 24 Закона Российской Федерации «О государственной тайне». – Текст: непосредственный.
3. Поспелова, Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. –

Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986. – 312 с. – Текст: непосредственный.

4. Берг, А.И. Управление, информация, интеллект / А.И. Берг, Б.В. Бирюков, Е.С. Геллер, Г.Н. Поворов. – Москва: Мысль, 1976. – 383 с. – Текст: непосредственный.

5. Борисов, А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с. – Текст: непосредственный.

6. Горфан, К.Л. Планирование и управление научными исследованиями / К.Л. Горфан, Н.И. Комков, Л.Э. Миндели. – Москва: «Наука», 1971. – 185 с. – Текст: непосредственный.

7. Чернышев, Ю.О. Современные методы и алгоритмы решения нечетких распределительных (транспортных) задач, отображенных в зарубежной литературе / Ю.О. Чернышев, А.В. Требухин, П.А. Панасенко. – Текст: электронный // Инженерный вестник Дона. – 2020. – №10. – URL: vdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250 (дата обращения 06.11.2021).

8. Чернышев, Ю.О. Существующие способы формализации нечеткостей в транспортных процессах / Ю.О. Чернышев, А.В. Требухин, П.А. Панасенко, Д.Г. Белоножко. – Текст: электронный // Инженерный вестник Дона. – 2021. – №7. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250](http://vdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250) (дата обращения 06.11.2021).

9. Parvathi C., Malathi C. International Journal of Soft Computing and Engineering, 2, 2012, ISSN: 2231–2307.

10. Xu Z. Y., Shang S. C., Qian W. B., Shu W. H., Expert Systems with Applications, vol. 37, no. 3, pp. 1920–1927, 2010.

11. Крымский, С.Б. Экспертные оценки в социологических исследованиях / С. Б. Крымский, Б. Б. Жилин, В. И. Паниотто и др. ; АН УССР, Ин-т философии. – Киев : Наукова думка, 1990. – 320 с. – Текст: непосредственный.

12. Афоничкин, А.И. Управленческие решения в экономических системах / А.И. Афоничкин, Д.Г. Михаленко. Санкт-Петербург: Питер, 2009. – 480 с. – Текст: непосредственный.

13. Лукичева, Л.И. Управленческие решения / Л.И. Лукичева, Д.Н. Егорычев. – Москва: Омега-Л, 2009. – 383 с. – Текст: непосредственный.

14. Подольская, М.Н. Квалиметрия и управление качеством : лабораторный практикум. Ч. 1. Экспертные методы / М.Н. Подольская. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с. – Текст: непосредственный.

Королев Игорь Дмитриевич – д.т.н., профессор Краснодарского ВВУ им. Штменко pi_korolev@mail.ru;

Губарев Владислав Владимирович – адъюнкт Краснодарского ВВУ им. Штменко, тел. 89774736518, e-mail: vladuha79@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

О. И. Пятковский

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе представлены технологии создания аналитических информационных систем с применением гибридных экспертных систем. Определены основные составляющие комплексной модели проблемной области. В процессе построения моделей реализуются стадии прямого и обратного реинжиниринга. Рассмотрены особенности построения и адаптации гибридной экспертной системы в управлении предприятием. Для решения неформализованных задач используются нейросетевые технологии и экспертные системы с различными моделями представления знаний. Рассмотрены технологии самоорганизации нейросетевых компонентов в непрерывно изменяющихся в реальном масштабе времени динамических бизнес-процессах на предприятии.

Ключевые слова: гибридные экспертные системы, аналитические информационные системы, нейросетевые компоненты, управление предприятием, реинжиниринг бизнес-процессов.

Введение

Современные комплексные информационные системы, применяющиеся для эффективного управления социально-экономическими объектами, являются очень сложными с многочисленными функциональными и обеспечивающими компонентами. Они поддерживают полный жизненный цикл основного объекта изделия, товара услуги и все фазы эффективного управления предприятием. Для реализации этих требований необходимо построение адекватных моделей проблемной области, обеспечивающих достижение целей и эффективных траекторий развития предприятий.

Для решения задач эффективного управления предприятием необходимо построение гибридных мультиагентных экспертных систем [3,6], обеспечивающих эффективную поддержку принятия решений на всех уровнях и фазах управления, стадиях жизненного цикла продукта, услуги.

Основным достоинством нейросетевых компонентов в мультиагентных гибридных экспертных системах является их возможность самоорганизации в непрерывно изменяющихся в реальном масштабе времени динамических бизнес-процессах на предприятии [1,2].

Цель исследования

Разработать технологию создания аналитических информационных систем органи-

заций на основе интеллектуальных компонентов, гибридных экспертных систем, систем обработки знаний и нейросетевых компонентов. Основным объектом исследований является не решение отдельных задач в информационной системе, а вопросы проектирования и эксплуатации комплексных систем. Эффективная работа таких систем на реальном объекте возможна только при реализации определенных требований при их создании.

Описание решаемой задачи

В процессе развития аналитических информационных систем осуществляется непрерывный прямой и обратный реинжиниринг бизнес – процессов предприятия [8].

В процессе обратного реинжиниринга разрабатывается модель функционирования предприятия «Как-есть». Она отображает адекватное представление о действующих процессах в организации. Моделирование системы управления предприятием выполняется на основе непрерывного глубокого изучения проблемной области.

Изучение и моделирование проблемной области определяется следующей последовательностью операций. При разработке поля знаний [6], работающей информационной системы, используются различные методы решения задач [7]. В том числе в задачах поддержки принятия решений выполняются неформализованные алгоритмы, основанные

на накопленной информации в базах знаний. Для изучения и построения алгоритмов решения таких задач используются методы извлечения знаний, основанных как на текстологических, так и на коммуникативных методах (активных и пассивных) [6]. Наиболее эффективными являются методы количественного и качественного экспертного оценивания [9]. Целью сбора данных и извлечения знаний является создание моделей, адекватных предметной области.

На основе изученных материалов составляется (уточняется) подробное описание предметной области. Созданная комплексная модель проблемной области определяет следующие составляющие в различных стратегиях ее описания: 1) теоретико-множественное описание предметной области (внутренние, внешние ее элементы и связи в системе); 2) графическое, структурное и теоретико-множественное описание иерархической структуры целей деятельности предприятия; 3) модели структур предприятия, реализующих цели (производственная, технологическая, организационная); 4) совокупности технологий (методов, инструментальных средств и алгоритмов), реализующих систему; 5) внутренние и внешние факторы, влияющие на ее создание и функционирование; 6) модели функциональной части системы – методов и технологий управления предприятием (структурную функциональную матрицу и ее описание, диаграмму прецедентов, диаграмму бизнес-процессов: структурный, объектный, процессно-ориентированный, операционно-ориентированный подходы); 7) имитационные модели для экспериментальных исследований и выработки оптимальных значений показателей деятельности предприятия; 8) модели баз данных и знаний; 9) условия и факторы, влияющие на создание и функционирования системы; 10) описание компонентов обеспечивающих подсистем; 11) программную реализацию всех компонентов системы и ее подробное описание.

Модели должны быть адекватными, отображать все функции и, в том числе, базовые. Для описания моделей используются методологии ARIS, UML, а также стандартные системы программирования.

На втором этапе – «прямого» реинжиниринга проводятся исследование и анализ разработанных моделей «Как есть» – с выявлением недостатков системы во всех ее компонентах. На основе маркетинговых исследований, глубокого анализа разработанной модели деятельности предприятия, методов и

алгоритмов решения задач, изучения передовых технологий управления и инновационных разработок в стране и за ее пределами, научных достижений в области создания и эксплуатации информационных систем определяются недостатки и направления развития системы. В процессе «прямого» реинжиниринга создается новая модель действующего предприятия «Как должно быть». Структура и описание данной модели аналогична выше изложенной «Как есть».

Рассмотрим особенности построения гибридной экспертной системы в составе доработанной (новой) модели управления предприятием. За основу разработки поля знаний берется структурное описание процессов деятельности организации. В нем отражена иерархическая структура всех взаимосвязанных показателей, рассчитываемых в аналитической информационной системе. Данное структурное описание отражает также целевые вершины всех решаемых задач и однозначно переводится в дерево целей аналитической системы, определяющее поле знаний системы.

На первом этапе – этапе формирования функциональной структуры системы используются методы извлечения знаний, в том числе методы экспертного оценивания, наиболее эффективными из которых являются методы анкетирования «Дельфи», и обработки степени согласованности экспертов по методике Кендэла [9].

Следующим этапом структурно-функционального описания системы является определение методов решения задач для определения значений показателей в узлах графа поля знаний. Как правило, неформализованные задачи реализуются в фазах планирования, оценки и прогнозирования. Формализованные задачи решаются в основном в управленческих фазах учета и планирования. Для решения формализованных задач

используются известные методы расчета показателей в экономике, в том числе экономико-математические аналитические модели [7]. Для решения неформализованных задач оценки, прогнозирования, планирования необходимы экспертные знания, базы знаний, анализ данных с помощью математического аппарата нейросетевых технологий и экспертных систем с различными моделями представления знаний.

Для программной реализации гибридной экспертной системы и поля знаний разработана адаптивная система «Бизнес-аналитик» [5], структура которой показана на рисунке 1.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Система настраивается на проблемную область, как при разработке аналитической ин-

формационной системы, так и в процессе ее функционирования.

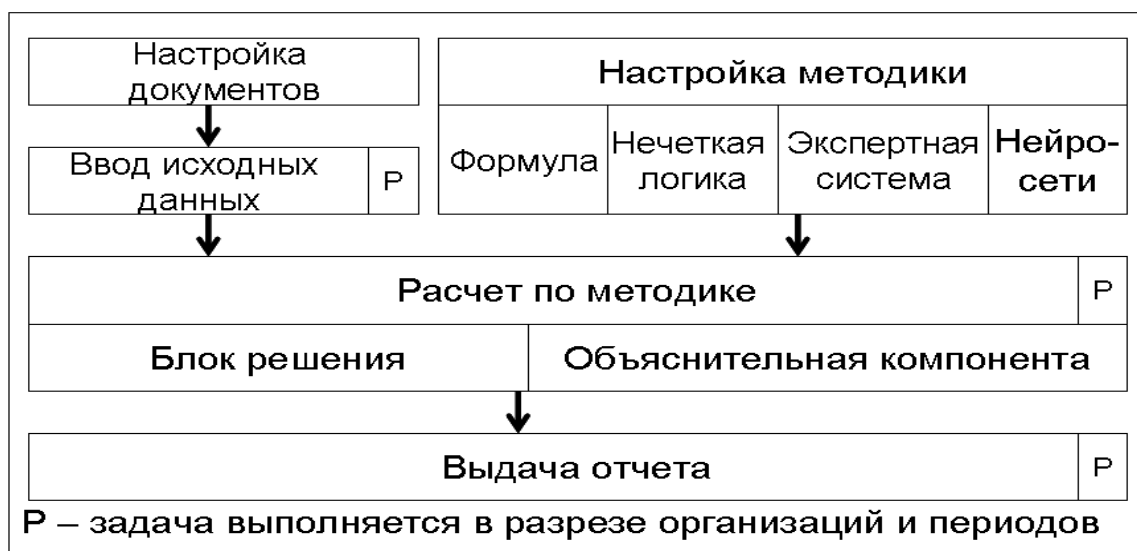


Рисунок 1 – Структура программного комплекса «Бизнес – аналитик»

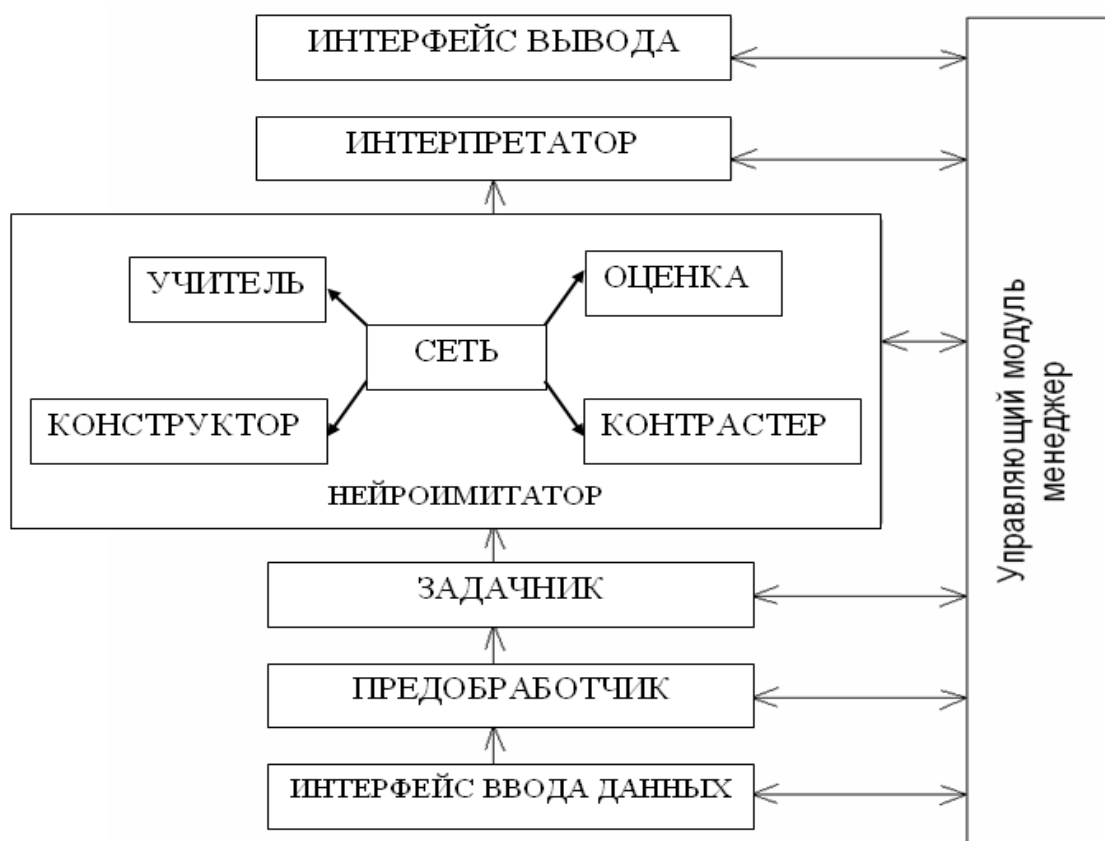


Рисунок 2 – Структура нейросетевого компонента

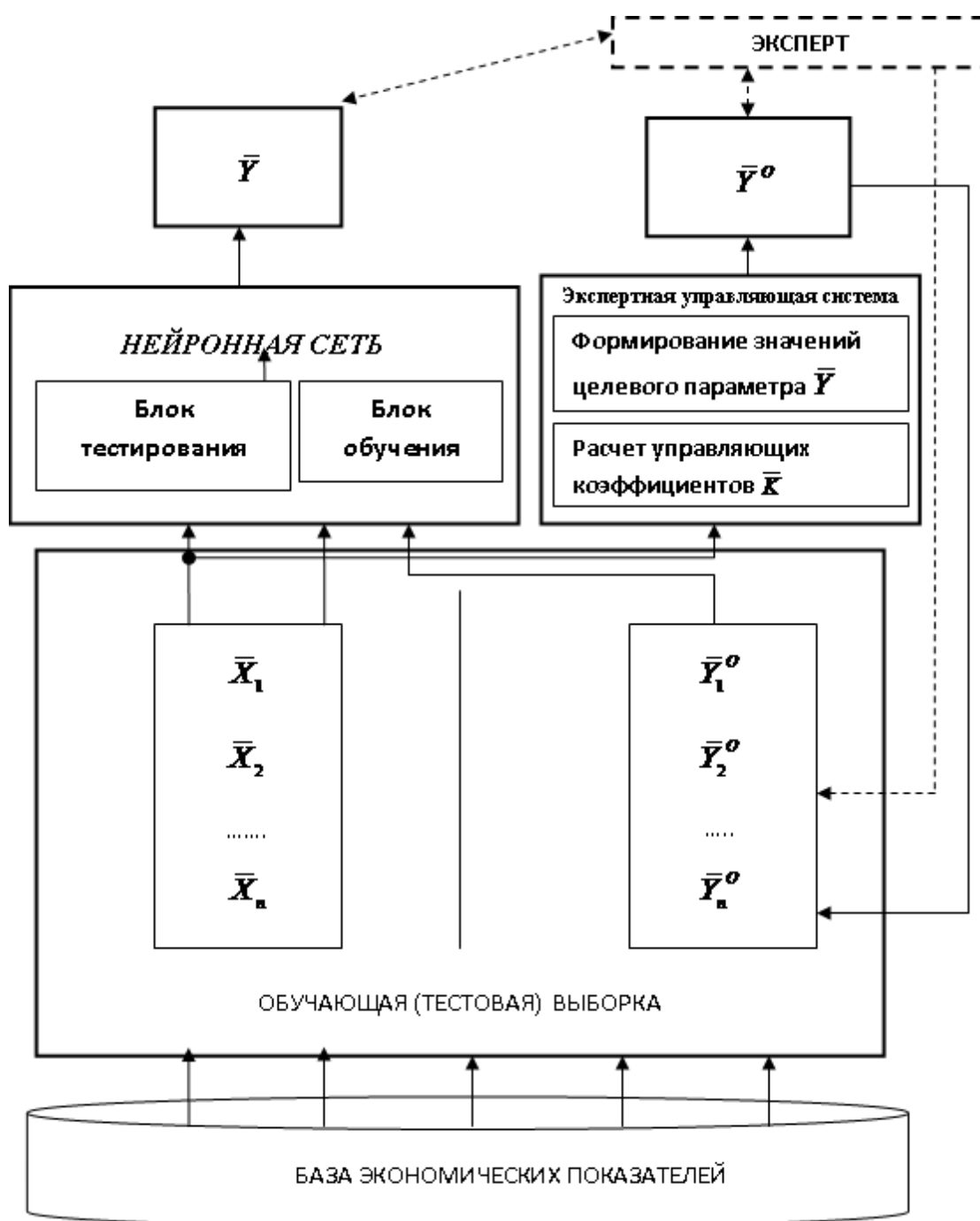


Рисунок 3 – Функционирование нейросетевого решателя в режиме самообучения

При разработке системы настраивается совокупность входных и выходных документов, форм, и методов решения задач, соответствующих потребностям пользователя аналитической системы. В систему вводится текущее поле знаний, отображающее структуру дерева целей и взаимосвязанных показателей оценки деятельности предприятия. При формировании иерархического дерева

решения задач в узлах графа связей осуществляется выбор и настройка методов решения задач для расчета экономических показателей. В системе предусмотрено применение различных аналитических моделей для решения экономических задач, а для неформализованных задач – нейросетевых решателей и экспертных систем с различными методами представления знаний [3].

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Основной проблемой для внедрения нейросетевых компонентов в поле знаний аналитической системы является сложность и динамичность информационных систем. Достоинством нейросетевых компонентов в мультиагентных гибридных экспертных системах является их возможность самоорганизации в непрерывно изменяющихся в реальном масштабе времени динамических бизнес-процессах в организации [1,2,3].

Решение, принимаемое на основе экспертных систем, эффективно только в реальном масштабе времени. Например, число компонентов нейросетевого прогнозирования продаж товаров соответствует числу товаров во всех магазинах торгующей организации. Для многих сетей магазинов это имеет очень большое значение. Также следует иметь в виду, что тестирование системы, в том числе проверка адекватности нейросетевых моделей, возможна только в составе реально работающей комплексной информационной системы. Это подтверждает невозможность настройки нейросетевых компонентов автономно вне действующей информационной системы. Из этого следует необходимость комплексного проектирования систем со всеми этапами их жизненного цикла и компонентами. Технология этого процесса была представлена выше.

Разработанная структура нейросетевого компонента (рисунок 2) [3,4] обеспечивает реализацию его самообучающихся возможностей. Основными компонентами, реализующими автоматическое самообучение нейроимитатора, являются конструктор, контрастер, учитель, оценка и управляющий модуль.

На рисунке 3 представлен процесс функционирования нейросетевого решателя в режиме автоматического самообучения. В данной схеме показано подключение экспертной системы при формировании управляющего сигнала для переключения нейросетевого решателя в режим самообучения и автоматизированного формирования значений целевого параметра \bar{Y} перед дообучением нейронной сети. Перевод нейроимитатора в режим самообучения определяется управляющими коэффициентами \bar{K} . Они формируются на основе вычисления расстояния вектора текущих значений показателей до значений вектора при последнем обучении сети. Если расстояние достигает величины отклонения ε , управляющая экспертная система подключает блок формирования

значений целевого параметра \bar{Y} для обучающей выборки нейронной сети. После его формирования вырабатывается сигнал на включение режима самообучения. Величина отклонения ε подбирается экспериментальным путем при проектировании информационной системы [4].

Блок автоматизированного формирования значений целевого параметра \bar{Y} нейросети работает перед ее обучением по сигналу управляющей экспертной системы. Наиболее качественные данные задачника получаются на основе фактической выборочной, экспериментальной информации, в том числе по данным происшедших событий, выполненных опытов и экспериментов. Такие способы приемлемы для решения задач прогнозирования. При решении неформализованных задач оценки состояния объекта управления, получение значения целевого параметра экспериментальным путем бывает невозможно. В этом случае используется экспертная информация, формируемая опытными специалистами в соответствующей области знаний. Для обработки этой информации используются методы экспертной оценки [9]. Эти данные при проектировании системы анализируются инженерами – когнитологами и накапливаются в базе знаний управляющей экспертной системы.

Программная реализация системы выполнена на основе разработанных программно – инструментальных комплексов с WEB-сервисами: «Бизнес-аналитик», «Нейроаналитик», обладающими адаптивными свойствами, для реализации представленных в статье технологий самоорганизации. [4,5].

Выводы

Разработана технология создания аналитических информационных систем организаций на основе интеллектуальных компонентов, гибридных экспертных систем, систем обработки знаний и нейросетевых компонентов.

Определена структура комплексной модели проблемной области и ее составляющие на различных стратах ее описания, в процессе обратного и прямого реинжиниринга бизнес-процессов организации.

Разработана технология функционирования нейросетевого решателя в режиме автоматического самообучения.

Разработанная технология создания гибридных экспертных систем с нейросетевыми компонентами была опробована при проекти-

ровании систем управления торгово-сервисными и производственными предприятиями и показала эффективность ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбань, А.Н. Обучение нейронных сетей / А.Н. Горбань. – Москва: изд. СССР–США СП "ParaGraph", 1990. – 159 с.–Текст непосредственный.
2. Миркес, Е.М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта / Е.М. Миркес. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1999. – 337с. –Текст непосредственный.
3. Пятковский, О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием: Монография / О.И. Пятковский. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 1999. – 351с. – Текст непосредственный.
4. Авдеев, А.С. Адаптивная модель прогнозирования временных рядов на примере продаж автомобилей в регионе / А.С. Авдеев, О.И. Пятковский.– Текст непосредственный. // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы XVII Всеросс. Семинара / ИВМ СО РАН. – Красноярск, 2009. – С. 9–12.
5. Авдеев, А.С. Разработка WEB – сервисов интеллектуальной информационной системы «Бизнес-аналитик» и их применение при решении задачи оценки инвестиционных проектов» / А.С. Авдеев, М.В. Гунер, О.И. Пятковский О.И. – Текст непосредственный // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы XVII Всеросс. Семинара / ИВМ СО РАН. – Красноярск, 2013. – С. 111–117.
6. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – Санкт–Петербург: Питер, 2000. – 384с. – Текст непосредственный.
7. Волкова, В.Н. Теория систем: Учеб. Пособие/ В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – Москва: Высш.шк., 2006.–511 с.– Текст непосредственный.
8. Тельнов, Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология / Ю.Ф. Тельнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Финансы и статистика, 2005. – 318 с. – Текст непосредственный.
9. Воронов, А. А. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления: Разраб. техн. задания / А.А. Воронов, Г.А. Кондратьев, Ю.В. Чистяков ; АН СССР, Дальневост. науч. центр, Ин-т автоматике и процессов управления. – Москва: Наука, 1977. – 232 с. . – Текст непосредственный.

Пятковский Олег Иванович – д.т.н., профессор, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: poi1952@mail.ru.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРТНОГО ОПИСАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ В ПАТТЕРН СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Л. И. Сучкова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена особенностям алгоритмов трансформации лингвистического описания временных закономерностей в группах временных рядов в матричный паттерн системы принятия решений. Предложенный подход позволяет обеспечить независимость данных и логики работы экспертной системы.

Ключевые слова: нечеткий временной ряд, темпоральная грамматика, синтаксически ориентированный перевод.

Разработка новых гибридных методов обработки цифровых следов, данных мониторинга с целью автоматизации принятия решений, является актуальной задачей.

Первичные данные измерительных систем темпоральны, поэтому классической вычислительной моделью описания состояния объекта контроля являются временные ряды (ВР) [1]. Однако для удобства работы эксперта с группами ВР (ГВР) целесообразно разработать грамматику, правила которой позволят описать темпоральные закономерности в логике «если, то, иначе» и оперировать темпоральной и нечеткой составляющими [2].

Проверка корректности экспертного описания закономерностей с формированием численного критерия соответствия факта и прогноза может осуществляться путем интерпретации фазсифицированных значений ГВР [3], однако это требует значительных затрат времени. Чтобы ускорить процесс при-

нятия решений, применим паттерн поведения ГВР:

$$P = \langle \text{Name, Dp, Db, Da, R} \rangle, \quad (1)$$

где Name – имя паттерна;

Dp – дескриптор паттерна, содержащий отношения между НВР в группе;

Db – дескриптор процесса формирования матрицы В эталонных значений ГВР, процесса преобразований ГВР в матрицу В’;

Da – дескриптор процесса формирования прогнозной матрицы А;

R – маркер состояния паттерна [3].

Матрицы паттерна могут иметь типы Bool, Int, Float, Fuzzy, неопределенные.

Структура дескрипторов матриц приведена в таблице 1.

Dp помимо глубины темпорального анализа содержит таблицы отношений ГВР для Db и Da. Структура представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Состав дескрипторов матриц группы нечетких ВР

Имя ряда	Имя функции	Тип данных	Тип операции	Операнд1	Операнд2
TS1	func_1	int	in	5	12
TS2	–	bool	=	false	
TS3	–	fuzzy as LV3	<=	Term67	
TS1	func_2	float	>	7.2	

Таблица 2 – Темпоральное отношение между ГВР

Темпоральное отношение между ГВР	ПОЛИЗ1	ПОЛИЗ2	Параметры темпоральных отношений
fromTo	да	нет	от, до
before	да	да	временная задержка
after	да	да	временная задержка
simultaneously	да	да	–
duration	да	нет	тип операции сравнения, количество шагов по времени

Результаты сравнения элементов В и В' являются операндами ПОЛИЗ для ГВР, а AND и OR являются операциями.

Так как лингвистическое описание темпоральных закономерностей необходимо проверять на накопленных данных и осуществлять синтез паттерна ГВР, то в блоке формирования закономерностей необходимо предусмотреть трансформацию лингвистического описания. Сформированный паттерн

подвергается проверке в соответствующем блоке ЭС. Если обнаружено высокое соответствие реальным данным, то паттерн добавляется в базу знаний. В противном случае эксперт получает отчет о проверке и выполняет корректировку описания закономерностей. Общая схема ЭС, оперирующей с паттернами в базе знаний, представлена на рисунке 1.

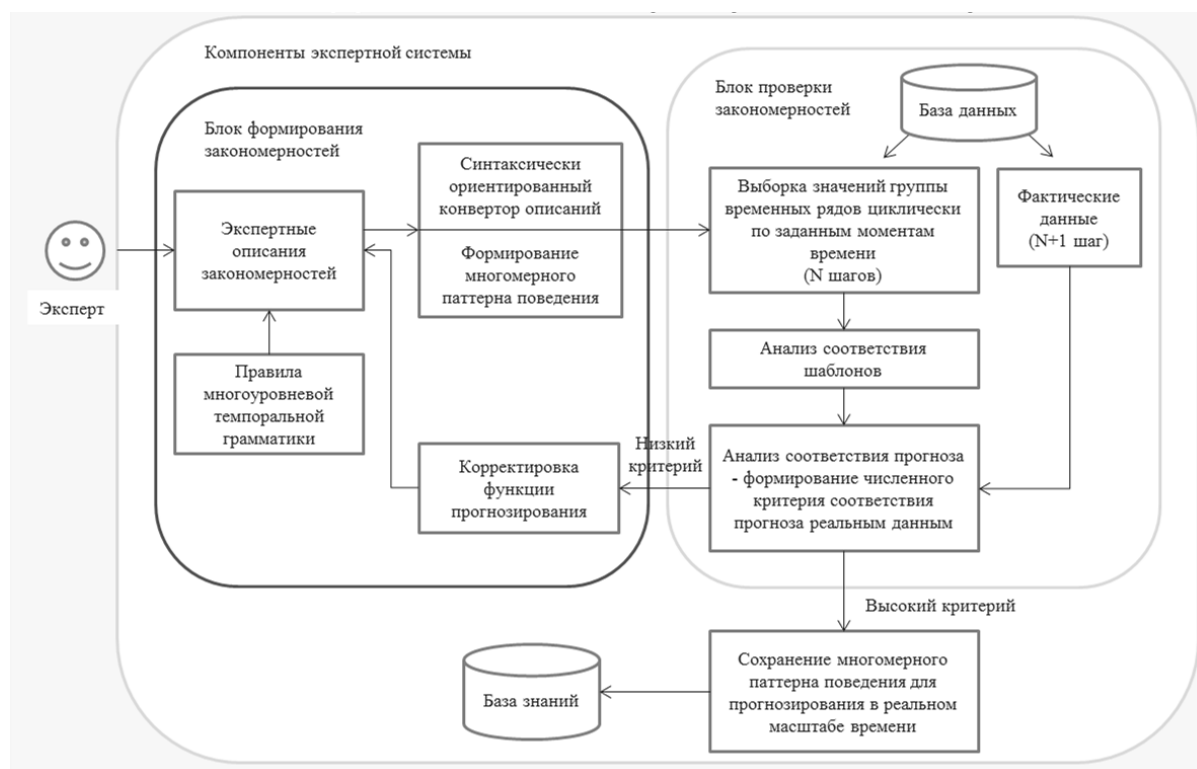


Рисунок 1 – Общая схема ЭС с паттернами в базе знаний

КС–грамматика, предназначенная для описания закономерностей в ГВР, обеспечивает:

- задание примитивов, событий, паттернов и функций их обработки;
- описание прогноза в ГВР;

– описание абсолютных и относительных темпоральных отношений для ГВР.

При задании паттерна указываются анализируемые темпоральные границы и отношения «Before – After». События предназначены для описания абсолютных (lasts,

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРТНОГО ОПИСАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ В ПАТТЕРН СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

from–To, duration) и относительных (before, after, simultaneously) отношений.

На рисунке 2 приведена схема синтеза паттерна поведения ГВР. Описание темпоральных закономерностей в данных поступает в блок трансформации (СУ–перевода), который взаимодействует с блоком анализа. Результатом работы блока СУ–перевода является паттерн поведения ГВР, который помещается в БД паттернов. Блок интерпретации реализует проверку паттерна на исторических данных ЭС. Общая схема трансформации представлена на рисунке 3.

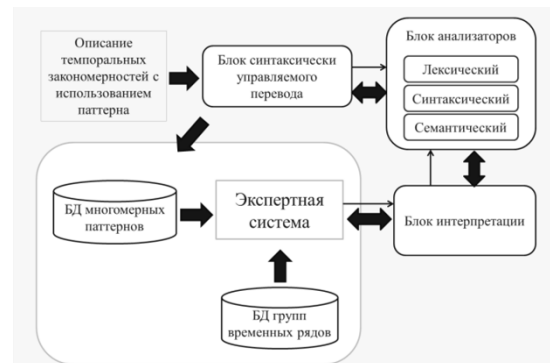


Рисунок 2 – Схема синтеза паттерна

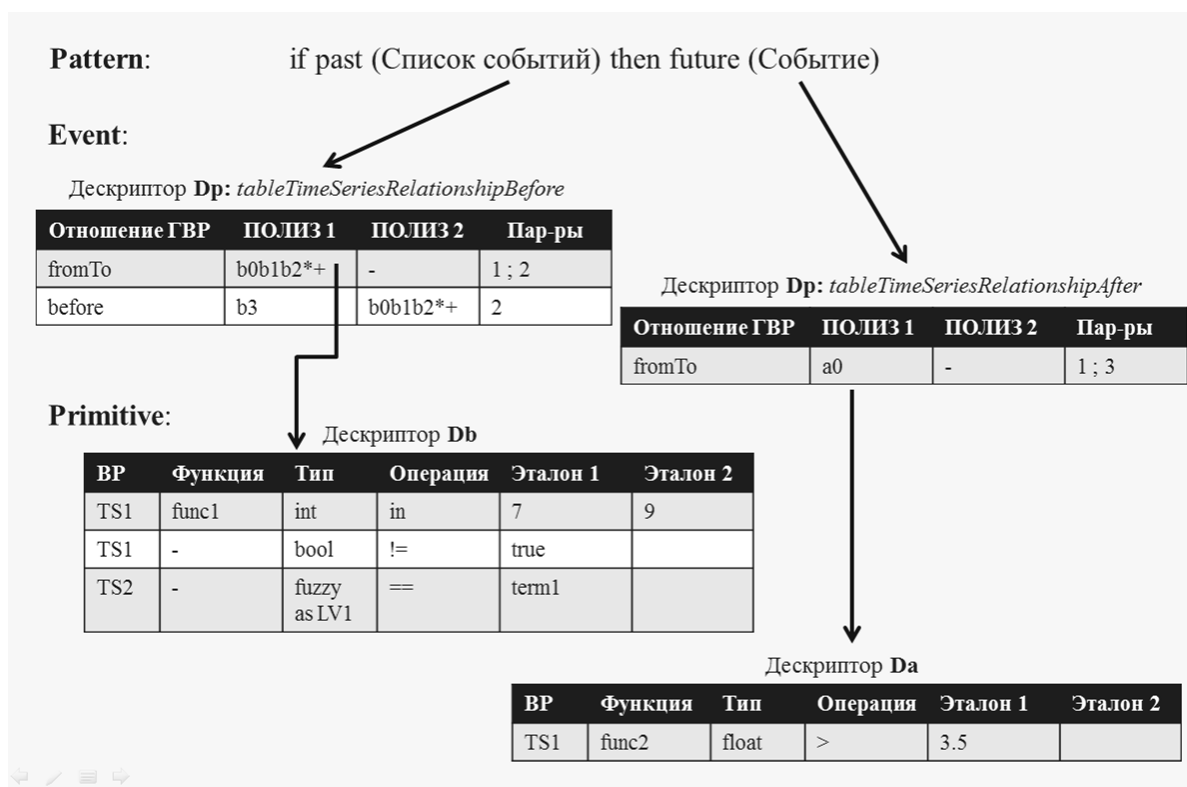


Рисунок 3 – Схема трансформации

При анализе описания темпоральных закономерностей в ГВР осуществлялось формирование семантического дерева, содержание узлов которого являлось основой синтеза паттерна поведения ГВР. Рассмотрим основные шаги трансформации:

1) Формирование узла шаблона и узлов используемых в нем событий и примитивов.

2) Поиск событий прошлого (Before) в направлении к корню семантического дерева. В узле, соответствующем событию, хранятся тип отношения ГВР, идентификаторы первого и второго примитивов, параметры отношения.

3) Поиск примитивов по идентификаторам в событии. Узел примитива содержит список ГВР и соответствующий им ПОЛИЗ. Производится разбор ПОЛИЗ и замена указателей на таблицу Db.

Дескриптор Da формируется аналогично.

Пример СУ–перевода показан на рисунке 4. На левой части рисунка приведено лингвистическое описание паттерна, на правой – структура заполненных в результате трансформации дескрипторов паттерна. Уровень примитивов заполняет дескрипторы Db и Da, уровень событий и паттерна формирует дескриптор Dp.

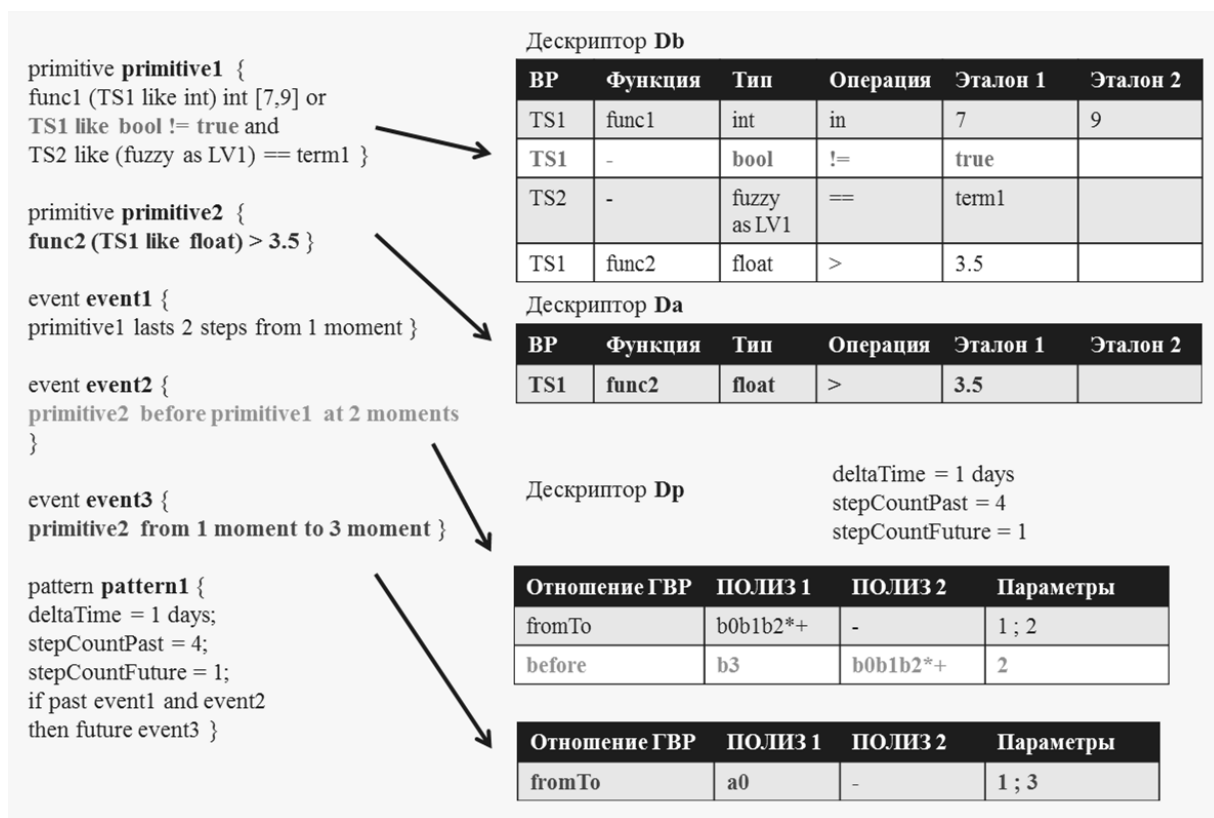


Рисунок 4 – Пример трансформации описания темпоральных закономерностей в паттерн

Выводы

В данной работе предложен подход к описанию экспертных высказываний на языке, порождаемом усовершенствованной темпоральной грамматикой. Конструкции языка позволяют описывать темпоральные закономерности семантическими правилами в логике «если, то», дополненной нечеткой составляющей. Разработаны средства для поддержки процесса перевода описания закономерностей в ГВР в матричный паттерн поведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Box, George E.P. Time Series Analysis: Forecasting and Control, 4th ed. / George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel. – Wiley, 2008. – 784 pp.

2. Moërchen, F. Mining Hierarchical Temporal Patterns in Multivariate Time Series [Электронный ресурс] / F. Moërchen, A. Ultsch. – Advances in Artificial Intelligence, Proceedings 27th Annual German Conference in AI, Ulm, Germany, Springer, Heidelberg, 2004. – P. 127–140. – URL: <https://www.uni-marburg.de/fb12/datenbionik/pdf/pubs/2004/moerchen04mining.dvi> (дата обращения 05.11.2021). – Текст:электронный.

3. Сучкова, Л.И. Алгоритмическое обеспечение мониторинга нештатных состояний объекта контроля на основе многомерных паттернов / Л.И. Сучкова. – Текст непосредственный // Известия АГУ. – 2013. – № 1/2. – С. 118

Сучкова Лариса Иннокентьевна – д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: li.suchkova@yandex.ru.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ЗАЯВОК НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕСТА РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ ТОРГОВОЙ СЕТИ

А. С. Авдеев, Д. М. Озерова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Рассмотрен процесс разработки информационной системы подбора заявок на изменение места работы сотрудников розничной сети компании «Мария-Ра». Рассмотрен текущий процесс подачи и рассмотрения заявок на смену рабочего места сотрудниками розничной сети. Отмечена необходимость совершенствования и автоматизации данного процесса. Предложен алгоритм максимизации общего уровня удовлетворения заявок. Продемонстрирована работа мобильного приложения для подачи заявок.

Ключевые слова: рабочие места, должности, мотивация, цели мотивации и стимулирования, система подбора, аналитическая система, информационная система, оптимизация.

Введение

Для больших современных компаний кадры являются ключевым ресурсом, позволяющим достигать эффективность работы компании. Мотивация сотрудников и их удовлетворенность должностью и своим рабочим местом являются важнейшим показателем. Современные информационные технологии позволяют быстро учесть мнение каждого сотрудника и повысить его удовлетворенность местом работы.

Цель исследования – разработать алгоритм оптимального перекрестного закрытия заявок на смену места работы сотрудников розничной сети.

Описание решаемой задачи

В качестве объекта исследования рассматривается торговая сеть «Мария-Ра». Компания «Мария-Ра» – сеть магазинов розничной торговли продуктами питания и бытовыми товарами. География расположения магазинов сети очень обширна и охватывает 5 регионов России – Алтайский край, Новосибирская область, Кемеровская область, Республика Алтай, Томская область. На данный момент открыто около 1200 магазинов в этих регионах. Ежедневно сеть обслуживает более миллиона покупателей.

Предмет исследования заключается в анализе происходящих в розничной сети переводов сотрудников в другой магазин. Штатная структура магазинов включает в себя следующие должности:

- Управляющий объектом (УО);

- Заместитель управляющего объектом (ЗУО);
- Кассир–продавец;
- Грузчик;
- Уборщица;
- Продавец гастрономии;
- Бариста.

Всего в розничной сети трудоустроено 15086 сотрудников. Из них в должности УО – 1305, в должности ЗУО – 2984, в должности Кассир–продавец – 7867, в должности Бариста – 321, в должности Грузчик – 1583, в должности Уборщица – 725, в должности Продавец гастрономии – 301.

Количество работающих магазинов в Барнауле – 207.

В Барнауле трудоустроено 2619 сотрудников. Из них в должности УО – 207, в должности ЗУО – 523, в должности Кассир–продавец – 1469, в должности Бариста – 118, в должности Грузчик – 240, в должности Уборщица – 62.

Все магазины можно классифицировать по категориям:

- Магазин у дома (827 магазинов);
- Супермаркет (174 магазина);
- Село (200 магазинов).

Минимальная заполненность штата одного магазина 4 единицы. Необходимая заполненность штата определяется в зависимости от разных показателей и характеристик магазина, таких как товарооборот, расположение магазина, средняя проходимость, категория и так далее. Среднее количество со-

трудников в магазине по Барнаулу – 15 человек.

Достаточно большое количество сотрудников розничной сети высказывают желание сменить место работы внутри сети. Причины перехода могут быть разные: удаленность магазина от места проживания, переезд, неподходящий график, конфликт с коллегами, желание перейти в более большой/маленький магазин и т. д. При этом сотрудники могут претендовать не только на аналогичную должность, но и на те должности, которые они могут заменить.



Рисунок 1 – Заменяемость должностей

Не все должности взаимозаменяемы. Например, никто кроме УО не может при переводе в желаемой должности указать УО, а сотрудник в должности уборщицы не может перевестись на другую должность, кроме уборщицы. Для того, чтобы сотрудник мог претендовать на должность выше допустимых для него вариантов, ему необходимо пройти соответствующее обучение, после чего ему станет доступен перевод на другие должности, но уже не по текущему процессу подачи заявки на перевод.

Если сотрудник хочет перейти в другой магазин розничной сети, ему необходимо оформить заявку на перевод и отправить в отдел кадров. Для оформления заявки сотруднику нужно обратиться к своему Управляющему объектом для заполнения заявки в системе 1С:Единое окно(1С:ЕО). Далее заявка отправляется в систему 1С:Зарплата и управление персоналом (1С:ЗУП), где ее рассматривает сотрудник отдела кадров. После рассмотрения заявки итог возвращается в систему 1С:ЕО. Заявка может быть принята и взята в работу, либо отклонена. После принятия заявки в работу сотрудник отдела кадров подбирает магазин для перевода исходя из наличия свободных мест, либо наличия встречных заявок на перевод из данного магазина. В среднем в день подают заявки на перевод около 50

сотрудников по всей розничной сети. Из них удовлетворяется не более 5–7.

Можно сделать вывод, что сотрудники достаточно часто хотят сменить место и/или должность работы на более комфортную, однако их желание удовлетворяется не очень часто. Если сотрудник неоднократно подает заявку на смену рабочего места, а его заявки не удовлетворяются, то это негативным образом сказывается на его трудовой деятельности, и как следствие, повышает текучесть кадров в компании.

Анализ процесса рассмотрения заявок отделом кадров выявил следующие причины отказов в удовлетворении заявок:

- Часть заявок не удовлетворяется по объективным причинам, т.к. в них указаны полностью укомплектованные магазины и должности, а желающие уйти из данных магазинов отсутствуют.

- Все заявки рассматриваются лишь единожды. Если заявка не была удовлетворена, то повторно она не рассматривается.

- Заявка удовлетворяется либо при наличии вакантного места в указанном магазине, либо при наличии встречной заявки. Более сложная схема смены места работы (3 и более магазинов, переходы в соседние магазины) не рассматриваются.

Также можно выделить несколько проблем с самим процессом оформления заявки:

- Сотрудник может хотеть перевестись на другое подразделение, но не знать, как это сделать.

- График работы сотрудника и УО может не совпадать, поэтому сотруднику придется приходить в не рабочее время для оформления заявки.

- УО может забыть о просьбе сотрудника.

- Между УО и сотрудником могут сложиться неблагоприятные взаимоотношения, что может помешать сотруднику обратиться напрямую.

- В случае, если заявка все же была оформлена, но сотрудник по каким-то причинам передумал, то для оперативной отмены заявки ему необходимо повторно обратиться к УО.

Разработка АИС подбора заявок

Рассмотрев существующий процесс подачи заявок на смену рабочего места, было сформулировано предложение о реализации функционала подачи заявки на перевод через мобильное приложение. Ключевые функциональные особенности данного предложения:

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ЗАЯВОК НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕСТА РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ ТОРГОВОЙ СЕТИ

– Сотрудник заполняет заявку на своем телефоне указывая важные для него параметры перевода.

– Система агрегирует все заявки на сервере в единую базу, и проводит сквозной анализ на предмет их сопоставления.

– Результаты анализа выдаются сотруднику отдела кадров для рассмотрения и верификации данных.

– В случае возможности перевода сотруднику отправляется предложение назад на мобильное устройство.

– Сотрудник либо принимает предложение, либо отклоняет его.

– Сотрудник имеет возможность в любой момент отменить свою заявку на перевод.

Для начала сотруднику необходимо установить мобильное приложение на свой телефон и пройти идентификацию. После выполнения этих пунктов сотруднику доступны функции мобильного приложения, в том числе создание заявки на перевод в другое подразделение.

Само создание заявки выглядит как заполнение некой анкеты, в ходе чего сотрудник отвечает на вопросы, определяет диапазон подходящих магазинов, выбирает интересующие его должности. После оформления анкеты в мобильном приложении сотрудник нажимает кнопку «Отправить анкету на перевод в отдел кадров», заявка попадает в пул всех существующих заявок на перевод, после чего запускается процесс подбора соответствующей заявки для дальнейшего перевода сотрудника.

Таблица 1 – Структура заявки

№ п/п	Поле для заполнения
1	Дата заявки
2	Сотрудник
3	Подразделение
4	Должность
5	Перевод в конкретный магазин
6	Номера магазинов для перевода
7	Должности для перевода
8	Причина перевода
9	Рассмотреть все магазины города трудоустройства
10	Рассмотреть в радиусе 3 км от текущего магазина
11	Рассмотреть в радиусе 3 км от места жительства

Правила последовательности вопросов и возможных вариантов ответов:

– Если сотрудник ответил «Да» на вопрос «Вы готовы рассмотреть перевод во все магазины города трудоустройства?», то следующие вопросы про расположение магазина не задаются.

– Если сотрудник ответил «Нет» на вопрос «Вы готовы рассмотреть магазины на перевод в радиусе 3 км от текущего магазина?», то он не может ответить «Нет» на следующий вопрос «Вы готовы рассмотреть магазина на перевод в радиусе 3 км от места жительства?», иначе заявка не имеет смысла.

– Если сотрудник указал конкретные магазины для перевода, то вопросы про готовность рассмотреть магазины во всем населенном пункте и в радиусе не задаются.

– Сотрудник должен ответить «Да» на один из вопросов о местоположении, если не выбран конкретный магазин для перевода.

– Сотрудник должен выбрать хотя бы одну должность из списка на выбор, если среди выбранных должностей есть текущая должность, то при получении данных по заявке проставляется признак «Да» для показателя Перевод на текущую должность, иначе значение признака «Нет».

– Если сотрудник выбрал хотя бы одну должность, отличную от его текущей, то при получении данных по заявке проставляется признак «Да» для показателя «Рассмотреть перевод на другую должность», иначе значение признака «Нет».

– Оба признака по должностям могут иметь значение «Да», но не могут иметь одновременно значение «Нет».

После того как сотрудник заполнит анкету на перевод его заявка отправляется в общее хранилище заявок, далее начинается подбор совместимых заявок по критериям анкеты, а также по приоритетности подбора совместимости.

Оптимизация плана переводов

Перед выдачей информации сотрудникам отдела кадров вся база заявок проходит процедуру поиска оптимальной модели удовлетворения заявок. Основная цель данного поиска – максимизация удовлетворенность сотрудников от результатов рассмотрения их заявок. Необходимо предложить такую модель переходов, в которой будет удовлетворено максимальное количество заявок.

Заявка на перевод

Ваша заявка:
 Должности для перевода -
 1. Кассир-продавец
 2. Бариста
 Магазина для перевода – Нет
 Перевод во все магазины города
 трудоустройства – Нет
 Перевод в магазины в радиусе 3 км от
 магазина трудоустройства – Да
 Перевод в магазины в радиусе 3 км от
 места жительства – Да
 Причина перевода - Неудобный график
 работы

Назад
Далее

Выход

Рисунок 2 – Подача заявки

Если рассмотреть позиции сотрудников (текущая занятость и желаемая) как вершины графа, желаемые направления переводов – как связи в графе, то задачу поиска возможности перевода сотрудника можно представить как поиск циклов в графе. А задачу оптимизации общего плана переводов – как задачу максимального покрытия вершин графа такими непересекающимися циклами.

Задачи такого класса относят к NP-трудным [1, 2], и как следствие полиномиальные алгоритмы для ее решения неизвестны. Можно применить полный перебор, однако такие вычисления для рассматриваемого набора заявок (98 текущих и незакрытых заявок) это будет занимать слишком много времени.

Предложим свой алгоритм нахождения такого плана переводов и проверим его эффективность.

1. Для каждой заявки (вершины) найдем все возможные циклы удовлетворения данной заявки. Ограничим глубину поиска в пять заявок исходя из соображений сложности такого кадрового перевода и высоким риском отказа кого-либо из сотрудников.

2. Заявки, для которых не найдено ни одного цикла – отбрасываем, сегодня их невозможно удовлетворить.

3. Если в заявке указан желаемый перевод на вакантную должность, то считаем найденным цикл из двух вершин.

4. Получим некое множество всех возможных циклов размера от 2 до 5.

5. Начнем подбирать циклы в план перевода жадным образом – начиная с циклов длины 5. После добавления цикла в план из доступных циклов удаляются все циклы с уже использованными вершинами.

6. Обходим все не покрытые вершины. Рекурсивным обходом ищем возможность добавления цикла с данной заявкой за счет изменений циклов у других заявок. Глубину рекурсии можно регулировать, в нашем случае оказалось, что оптимальное решение находится уже на глубине 2. Если в результате находится решение с большим числом покрытых вершин – сохраняем его.

7. Алгоритм завершается, когда после полного обхода всех непокрытых вершин изменения в использованных циклах больше невозможны.

Результаты работы алгоритма для рассматриваемого набора из 98 заявок представлены в таблице

Таблица 2 – Результаты работы

Заявки	Количество
Всего заявок	98
Удовлетворено (4 перехода)	2
Удовлетворено (3 перехода)	7
Удовлетворено (2 перехода)	20
Не удовлетворено	29

Для верификации предложенного алгоритма был произведен случайный поиск во множестве циклов из четвертого этапа алгоритма. Циклы выбираются из множества случайным образом пока можно добавить хотя бы один цикл для оставшихся вершин. Был проведен 1 миллион итераций данного случайного поиска. Лучшие результаты поиска представлены в таблице:

Таблица 3 – Результаты работы

Закрото заявок	Количество повторов
69	43
67	38
66	79
65	96

Эффективность предложенного алгоритма была подтверждена.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ЗАЯВОК НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕСТА РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ ТОРГОВОЙ СЕТИ

Выводы

1. Мобильное приложение реализовано в среде React Native. Обработка заявок и поиск оптимального плана переводов осуществлялась в jupyter notebook на языке python с использованием библиотеки networkx.

2. Программная часть системы для отдела кадров будет реализована в среде разработки 1С:Предприятие 8.3 с интеграцией расчётного модуля на языке python.

3. Результаты моделирования плана удовлетворения заявок позволяют говорить об эффективности применения современных ИТ-решений для задач кадровой службы и повышения удовлетворенности сотрудников.

4. После апробации предложенного решения возможно дальнейшее развитие за счет включения в модель бальной оценки

каждого перехода с точки зрения изменения кадрового обеспечения розничных точек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калмыков, С.А. Методы интервального анализа / С.А. Калмыков, Ю.А. Шокин, З.Х. Юлдашев. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1986.– 224 с. – Текст: непосредственный.

2. Емеличев, В.А. О некоторых алгоритмических проблемах многокритериальной оптимизации на графах / В.А. Емеличев, В.А. Перепелица. – Текст: непосредственный // Журн. Выч. Математики и мат. физики.–1989.–Т.29, №2.– С.171–183.

Авдеев Александр Сергеевич – к.т.н.,
ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел.: 89130993583, e-mail:
ishimael@bk.ru.

Озерова Дарья Михайловна – студентка
факультета информационных технологий
ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел.: 89130951259, e-mail:
ozeroval.daria@mail.ru.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСЧЕТЕ ФРАКЦИОННОГО СЧЕТА НАУЧНОЙ СТАТЬИ

М. В. Белоруков

Алтайский государственный университет,
г. Барнаул

В статье рассматривается подход к подсчету научного вклада автора методом фракционного счета с использованием информационных технологий. Такой подход позволяет выполнять расчеты быстро и с высокой точностью, при этом не требует наличия специальной программного обеспечения. Метод, в первую очередь, ориентирован на сотрудников, работающих с международными базами данных и выполняющих аналитические расчеты на основе их данных.

Ключевые слова: публикационная активность, фракционный счет, базы данных, Scopus, WebofScience.

С 2012 г. наукометрические индикаторы прочно обосновались в российской научной политике. Старт их победному шествию был дан в первых «Майских указах» Президента РФ, согласно которым к 2015 г. доля российских публикаций, индексируемых в WebofScience (WoS), должна была достигнуть 2,44%. На этот результат были нацелены различные федеральные проекты, программы развития научных организаций и университетов, требования научных фондов и системы мотивации исследователей. В 2018 г. новые «Майские указы» и национальный проект «Наука» ещё раз подтвердили этот курс, поставив задачу перед российскими учёными к 2024 г. войти в пятёрку стран по количеству публикаций по приоритетным направлениям науки и техники [1].

Для повышения публикационной активности организации все чаще принимают на работу ученых, имеющих рейтинговые публикации в базах WebofScience и Scopus. Устраивая авторов сторонними совместителями, организации выплачивают им так называемый гонорар за аффилиацию публикации. Для автора такой ход не является проигрышным. Его работы учитываются на его основном месте работы и в организации по совместительству, принося некое финансовое обогащение. Организация при этом с большой долей успеха, способна выполнить показатель по публикационной активности. Так одной и той же полноценной публикацией отчитывается то количество организаций, которые указаны в аффилиациях автора.

Но время меняется и на смену методики расчета количественного показателя публикационной активности научных организаций

от 30 декабря 2019 года Минобрнауки России приходит новая методика, доработанная с учетом предложений и замечаний. Отличительной особенностью обновленной методики является внедрение такого понятия как фракционный счет.

Фракционный счет – это метод учета научных статей, написанных в соавторстве, при котором доли статьи распределяются между соавторами или организациями, в которых работают авторы статьи, или группами организаций (например, ведомствами) разными способами: 1) равномерно, 2) в зависимости от вклада авторов, 3) в зависимости от вклада количества авторов, относящихся к той или иной организации [2].

Так, например, Д.В. Золотарев [2] в своей статье рассматривает влияние результатов фракционного счета на принятие управленческих решений. Авторы А.Е. Гуськов, Д.В. Косяков [1] в своей работе приводят сравнительный анализ применения метода фракционного счета и традиционных методов подсчета.

Метод, рассматриваемый в данной статье, учитывает количество авторов, количество аффилиаций авторов (организаций, в которых он работает), но не учитывает качество статьи. Однако приказ Минобрнауки № 432 от 31 мая 2020 года «Об утверждении перечня целевых показателей эффективности реализации программ развития образовательных организаций высшего образования, которым предоставляется поддержка в рамках программы стратегического академического лидерства "Приоритет–2030", и методик их расчета» определяет такой показатель,

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСЧЕТЕ ФРАКЦИОННОГО СЧЕТА НАУЧНОЙ СТАТЬИ

как количество индексируемых публикаций в базе данных Scopus и WebofScience, учитывающий только публикации типов «Article» и «Review»[3]. Это уже говорит об их качестве.

О методе фракционного счета написано немало научных статей, но все они описывают определение фракционного счета, необходимость и методы его использования, но о способах и инструментах расчета информация практически отсутствует. И актуальность вопроса о способах и инструментах расчета, в связи с последними приказами Минобрауки, только усиливается. Организациям самостоятельно приходится искать способ обработки больших массивов информации по своим научным статьям.

Так Иван Стерлигов [4] на платформе разработчиков GitHub предложил рассчитывать долю организации в статье с помощью скрипта написанного на языке программирования Python. В своем посте он описал инструкцию по получению и обработке данных из баз Scopus и WebofScience. Однако данный способ требует знания не только языка программирования Python, но и специфики работы с API–оболочкой Pybliometrics [5].

Исследование автора было направлено на разработку более доступного инструмента для расчета фракционного счета статьи. Были изучены доступные обычному пользователю программные продукты, позволяющие обрабатывать структурированную информацию. Выбор был сделан на программе Excel из пакета MicrosoftOffice. Источником данных послужили файлы с информацией, экспортированной из официальных данных Scopus и WebofScience. Стоит заметить, что у организации должен быть доступ к этим базам данных по подписке.

Рассмотрим, из чего складывается расчет фракционного счета. Первым делом определяется вклад каждого из авторов публикации. Для этого существует формула:

Фракционный вклад i -го автора:

$$A_{i\text{фр}} = 1/N * K,$$

где K – количество аффилиций i -го автора, N – число авторов публикации.

Пример. В статье участвуют 4 автора, трое из одной организации и имеют одну аффилиацию, а еще один – из другой организации. В таком случае фракционный вклад автора в статью для организации, где 3 автора: $1/4 * 1 = 0.25$. А так как из одной организации 3 автора, то $0.25 * 3 = 0.75$. Это и будет фракционный счет статьи.

Другой пример. В статье 3 автора. Из интересующей нас организации присутствует один автор с тремя аффилиациями. В таком случае фракционный вклад автора в статью: $1/3 * 3 = 0.111$, а так как наш автора один, то и фракционный вклад в статью будет 0.111.

Как видно из примеров, расчет одной, двух или десяти статей не вызывает трудностей. Но считать вручную огромный массив данных не рационально.

Для обработки данных в выгрузке из баз был написан макрос на языке программирования VisualBasic с пользовательской функцией для Excel. Упор был сделан на определение авторов своей организации и подсчете установленных аффилиаций по каждой статье, из набора информации, используя определенные параметры. В результате были получены данные по статье в статистическом виде по всем авторам и в виде фракционного вклада авторов нашей организации. На рисунке 1 можно увидеть работу макроса.

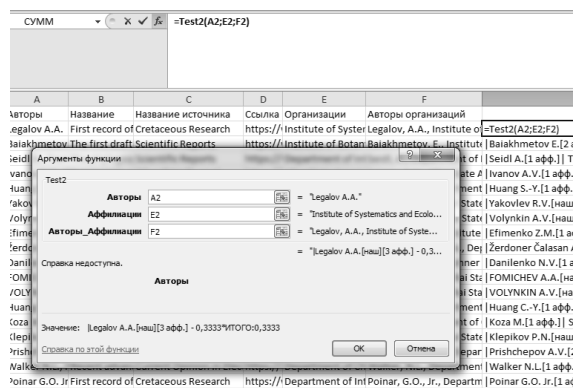


Рисунок 1 – Выбор зависимых данных

Процесс обработки информации можно описать в виде нескольких шагов: 1 шаг – выгрузка файла с информацией о статьях из официальной базы. Шаг 2 – импорт данных в MicrosoftExcel. Шаг 3 – запуск пользовательской функции и выбор стартовой строки с данными. Шаг 4 – применение функции ко всем строкам.

Приведем пример.

Исходные данные (выгрузка из базы):

Egorova M.A., Minbaleev A.V., Kozhevina O.V., DufoltA., Main directions of legal regulation of the use of artificial intelligence in the context of a pandemic Vestnik Sankt–Peterburgskogo Universiteta. Pravo, Kutafin Moscow State Law University, 9, ul. Sadovaya–Kudrinskaya, Moscow, 123242, Russian Federation; Bauman Moscow State Technical University (National Research University), 5, ul. 2–ia Baumanskaya, Moscow, 105005, Russian Federation; Altai

State University, 61, pr. Lenina, Barnaul, 656049, Russian Federation; Duflot and Associates Law firm, 106, rue Edouard Herriot, Lyon, 69002, France; Egorova, M.A., Kutafin Moscow State Law University, 9, ul. Sadovaya–Kudrinskaya, Moscow, 123242, Russian Federation; Minbaleev, A.V., Kutafin Moscow State Law University, 9, ul. Sadovaya–Kudrinskaya, Moscow, 123242, Russian Federation; Kozhevina, O.V., Bauman Moscow State Technical University (National Research University), 5, ul. 2–ia Baumanskaya, Moscow, 105005, Russian Federation; Altai State University, 61, pr. Lenina, Barnaul, 656049, Russian Federation; Dufolt, A., Duflot and Associates Law firm, 106, rue Edouard Herriot, Lyon, 69002, France

Итоговые данные (результат обработки):

Egorova M.A.[1 афф.] Minbaleev A.V.[1 афф.] Kozhevina O.V.[наш][2 афф.] – 0,125 Dufolt A.[1 афф.] Итог: счет статьи равен 0,125.

Из вышесказанного следует вывод, что согласно приказу Минобрнауки организациям необходимо делать расчет вклада автора в статью с применением метода фракционного счета. Министерство описало методику расчета, описало значимость, но автор статьи не заметил общедоступных инструментов для расчета. Поэтому в организации был разработан свой программный продукт, позволяющий оперативно и с высокой точностью произвести расчет по большому массиву данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуськов, А.Е. Национальный фракционный счёт и оценка научной результативности организаций / А.Е. Гуськов, Д.В. Косяков. – Текст элек-

тронный // Научные и технические библиотеки.– 2020. – №1(9) – С.15–42.–URL: <https://doi.org/10.33186/1027–3689–2020–9–15–42> (дата обращения: 03.11.2021)

2. Золотарёв, Д.В. Использование результатов фракционного счета научных статей при принятии управленческих решений. – Текст непосредственный // Наука. Инновации. Образование. – 2016. – № 1 (19). – С. 105–114.

3. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 31.05.2021 № 432 "Об утверждении перечня целевых показателей эффективности реализации программ развития образовательных организаций высшего образования, которым предоставляется поддержка в рамках программы стратегического академического лидерства "Приоритет–2030", и методик их расчета" (Зарегистрирован 22.06.2021 № 63949)

4. Платформа разработчиков GitHub: [сайт]. – URL: <https://github.com/IvanSterligov> (дата обращения: 19.10.2021).– Текст электронный.

5. API–оболочка rpubliometrics на основе Python: [сайт]. – URL: <https://pybliometrics.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения: 19.10.2021). – Текст электронный.

Белоруков Максим Викторович – ведущий инженер отдела информационно-технического обеспечения научно-образовательной деятельности ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 89520017814, email: belorukov87@yandex.ru.

КОМПЕТЕНТНОСТНО–ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ЦИФРОВОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Г. А. Розина, Л. И. Сучкова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье описана система управления качеством образовательного процесса в условиях цифровой трансформации образования на базе компетентностно–ориентированной модели достижения результатов обучения. Обоснована практическая значимость применения данной системы в современных университетах.

Ключевые слова: цифровизация, электронная информационно–образовательная среда (ЭИОС), компетентностно–ориентированная модель.

В современном мире мы наблюдаем проникновение цифровых технологий во все сферы деятельности общества, которое носит сквозной характер. Изменение привычных экономических связей и моделей оказания социальных услуг, лежащих в основе глобальных социально–экономических преобразований, меняет образ жизни людей, объединяя их в формате единого цифрового пространства.

Сфера высшего образования не может оказаться в стороне от этого процесса: характер образовательного процесса в университетах, а также их роль в обществе и экономике меняются с той же скоростью, с какой цифровизация затрагивает все стороны общественной жизни.

Включение в образовательный процесс информационных технологий и создание онлайн–курсов является не просто приоритетным направлением деятельности современного университета, а одним из показателей его эффективности и конкурентоспособности [2,4].

Рассмотрим процесс управления качеством образовательного процесса в условиях цифровой трансформации образования на базе компетентностно–ориентированной модели достижения результатов обучения.

Модель образовательной деятельности вуза в том виде, в котором она существует сегодня, схематично можно представить в виде, изображенном на рисунке 1.

Однако, данная модель не полностью соответствует современным реалиям, требующим от вуза перехода на «цифровые» рельсы. В настоящее время цифровая среда, в которой должен протекать образовательный процесс, не является исходным условием обеспечения образовательного процесса и управления его качеством. ЭИОС не встроена в образовательный

процесс полностью, а представляет собой лишь структурный элемент данной модели.

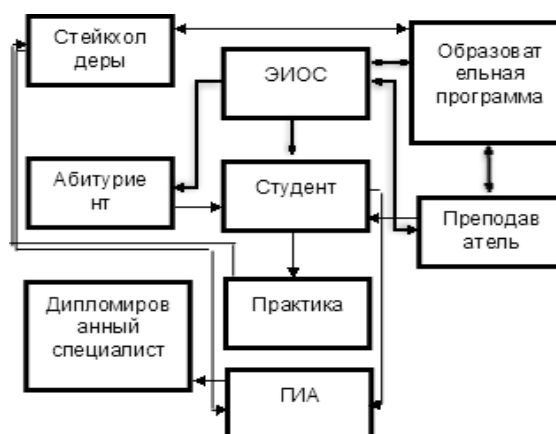


Рисунок 1 – Модель образовательного процесса вуза

Повышение эффективности управления образовательным процессом в университете в современных условиях возможно только путем формирования цифровой среды для реализации образовательного процесса и создания его «цифрового двойника» позволяющего накапливать и анализировать информацию о процессе формирования компетенций у обучающихся непосредственно в ЭИОС вуза с использованием web–технологий [1,3,5].

Представим модель управления образовательным процессом вуза на основе компетентностного подхода.

Матрица компетенций учебного плана будет выглядеть следующим образом:

$$K = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1m} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nm} \end{pmatrix}$$

В матрице n дисциплин D и m компетенций K соответственно, матрица является разреженной.

Каждое значение элемента k рассчитывается по формуле:

$$K_{nm} = y_{nm} \times q_{nm}, \quad (1)$$

где, y_{nm} – коэффициент влияния дисциплины D_n на компетенцию K_m ; q_{nm} – оценка, полученная студентом в данном семестре t , за дисциплину n .

Таким образом, при освоении образовательной программы студент посредством освоения n дисциплин должен приобрести m компетенций.

Для целей исследования расширим исходную матрицу K , добавим дополнительные вектор–столбцы и вектор–строки (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица компетентностно-ориентированной системы управления качеством образовательного процесса

	K_1	K_2	...	K_m	t_1	t_2	...	t_i
D_1	$q_1 y_{11}$	$q_1 y_{12}$	...	$q_1 y_{1m}$	q_1	...		
D_2	$q_2 y_{21}$	$q_2 y_{22}$	...	$q_2 y_{2m}$		q_2	...	
...
D_n	$q_n y_{n1}$	$q_n y_{n2}$	...	$q_n y_{nm}$			...	q_n
K_v	$q_1 y_{11}^+$	$q_1 y_{12}^+$	...	$q_1 y_{1m}^+$			...
	$q_2 y_{21}^+$	$q_2 y_{22}^+$	...	$q_2 y_{2m}^+$				
	$q_n y_{n1}$	$q_n y_{n2}$	...	$q_n y_{nm}$				
T_e	K_{t1}	K_{t2}	...	K_{tm}			...	
P	P_1	P_2	...	P_m				

Q_t показывает оценки студента по всем дисциплинам за семестр.

K_v определяет степень сформированности компетенции за семестр.

P – степень сформированности компетенции K_m , необходимой студенту для успешного освоения образовательной программы, определяемая экспертно.

T_e используется для определения, является ли данный семестр последним в формировании данной компетенции или нет.

Компетентностно-ориентированная система управления качеством образовательного процесса обрабатывает следующее общее пра-

вило: если значение элемента K_v по компетенции K_m в t_i -й семестр меньше, чем значение элемента P по этой же компетенции и значение T_e для равно t_i -му семестру (т.е. t_i -й семестр является последним семестром, в котором формируется данная компетенция), то необходимо управленческое решение.

Таким образом, мы имеем целевую функцию:

$$P - K_v \rightarrow 0, \quad (2)$$

где, P – экспертно определяемая степень сформированности компетенции; K_v – фактическая степень.

Для интерпретации степени освоения студентами компетенций введем вербально-числовую шкалу:

$$\Delta K = \begin{cases} \text{высокий уровень} [0;0,2) \\ \text{выше среднего} [0,2;0,4) \\ \text{средний уровень} [0,4;0,6) \\ \text{ниже среднего} [0,6;0,8) \\ \text{низкий уровень} [0,8;1.] \end{cases}$$

Управленческие воздействия, применяемые для корректировки образовательной траектории могут осуществляться посредством:

- корректировки образовательной программы;
- дополнительного обучения студента (СРС, он–лайн курсы или проектное обучение);
- корректировки матрицы компетенций;
- работы с субъектами образовательного процесса;
- корректировки правил самой экспертной системы.

Применение корректирующего воздействия на образовательную программу во времени представлено на рисунке 2.

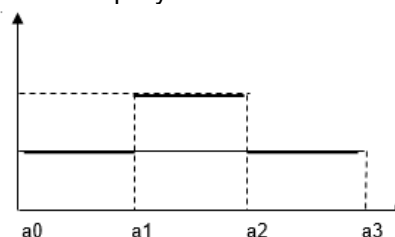


Рисунок 2 – Функционирование образовательной программы с применением корректирующего воздействия

На графике рисунка 2 отрезкам соответствуют следующие значения:

$[a_0, a_1)$ – нормальное функционирование образовательной программы;

КОМПЕТЕНТНО–ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ЦИФРОВОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

a_1 – точка генерирования корректирующей образовательной программы;

$[a_1, a_2)$ – функционирование корректирующей образовательной программы;

$[a_2, a_3)$ – нормальное функционирование образовательной программы;

Формализованная процедура управления образовательным процессом выглядит следующим образом.

Пусть $K_1..K_n$ – все возможные компетенции студента (из ФГОС).

$D_1..D_n$ – дисциплины, необходимые для освоения студентом компетенций.

Итак, имеем

$F = \{K_1, K_2, K_3, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5\}$ – множество заданных параметров. (в данном случае, 5 дисциплин формируют 3 компетенции).

Формируемые правила базы знаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Формализованные правила управления образовательным процессом

Правило	Семантическое значение
$R1: D_1 \wedge D_2 \wedge D_3 \rightarrow K_1$	Дисциплины D_1, D_2, D_3 вместе формируют компетенцию K_1
$R2: D_4 \rightarrow K_2$	Компетенцию K_2 формирует дисциплина D_4
$R3: D_4 \wedge D_5 \rightarrow K_3$	Дисциплины D_4 и D_5 вместе формируют компетенцию K_3

Таким образом, использование экспертной компетентностно–ориентированной системы дает преимущества всем участникам образовательного процесса: университету, преподавателю, студенту и работодателю. Она позволяет:

- для преподавателя – воздействовать на образовательный процесс посредством выявления соотношения между требуемым уровнем сформированных у студентов компетенций и его реальным отражением в матрице;

- для студента – выявить степень своей компетентностной сформированности на каждом этапе образовательного процесса; возможность ее самостоятельного регулирования;

- для университета – управлять качеством образовательного процесса через воздействия на его субъекты.

- для работодателя – формировать экспертный (требуемый) уровень компетенций студента, которыми он должен обладать для осуществления им трудовой деятельности.

Практическая значимость применения компетентностно–ориентированной системы управления образовательным процессом в университете заключается в:

- повышении прозрачности образовательного процесса;

- сокращении времени принятия управленческих решений субъектами образовательного процесса;

- вовлечении в процесс принятия решения данных об образовательной деятельности, накопленных в ЭИОС;

- вовлечении в процесс управления качеством образования внешних стейкхолдеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Граничина, О.А. Математические модели управления качеством образовательного процесса в вузе с активной оптимизацией / О.А. Граничина. – Текст: электронный // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2006. – Т.2. – С. 77–108. – URL: <https://math.spbu.ru/user/gran/sb2/granolga.pdf> (дата обращения: 11.11.2021)

2. Логиновский, О.В. Управление современным вузом на базе развитой информационной системы: монография / О.В. Логиновский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 539 с. – Текст непосредственный.

3. Михайлова, Н.В. Особенности организации асинхронного обучения студента вуза в электронной среде / Н.В. Михайлова. – Текст непосредственный // Вестник ОГУ. – 2012. – №2 (138). – С. 149–154.

4. Савельев, А.Ю. Система управления образовательным процессом университета, построенная на базе сервис–ориентированной архитектуры: специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные технологии)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савельев Александр Юрьевич; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2013. – 159 с. – URL: https://newdisser.ru/_avtoreferats/01006765066.pdf. – Текст: электронный.

5. Стаин, Д.А. Модель образовательного процесса университета в среде технологии интернет / Д.А. Стаин, В.П. Часовских. – Текст электронный // Вестник московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – №2. – С. 233–237. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-obrazovatel'nogo-protsessa-universiteta-v-srede-tehnologii-internet/viewer> (дата обращения: 11.11.2021).

Розина Галина Александровна – студент, тел.: 8(3852)290710, e-mail: rozi-na128@mail.ru;

Сучкова Лариса Иннокентьевна – д.т.н, профессор, тел.: 8(3852)290985, e-mail: li.suchkova@yandex.ru

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ СЧИТЫВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА

В. В. Надвоцкая, А. А. Попов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе рассмотрены различные уровни передачи информации общей схемы автоматизированной системы мониторинга показаний бытовых приборов учета. Проведенный анализ устройств считывания показаний бытовых приборов учета показал, что на выбор считывателя влияет тип прибора учета. В зависимости от этого параметра можно определить оптимальный вариант реорганизации системы подачи показаний бытовых приборов учета управляющей компанией. Предложено использование универсального портативного считывателя показаний бытовых приборов учета для всех видов коммунальных ресурсов.

Ключевые слова: бытовые приборы, управляющая компания, считыватель, уровень передачи информации, реорганизации системы, показания бытовых приборов учета.

Повышение стоимости коммунальных ресурсов приводит к заметным изменениям условий расчета и учета показаний бытовых приборов учета. Изменения в российском законодательстве вносят коррективы в развитие систем ресурсопотребления, на смену устаревшим устройствам приходят счетчики новых поколений AMR и AMI. Однако, не все управляющие компании способны заменить оборудование для внедрения новых технологий. Недостатки учета показаний счетчиков на газ, энергоресурсы, горячую и холодную воду, такие, как неподанные вовремя показания жильцами, искажение информации в процессе передачи данных, требуют реорганизации систем учета коммунальных ресурсов для экономии и снижения затрат [1, 2].

Цель работы – выполнить анализ устройств мониторинга показаний бытовых приборов учета.

Рассмотрим общую структурную схему автоматизированной системы мониторинга показаний бытовых приборов учета (рисунок 1). Она состоит из трех уровней передачи информации: нижний уровень – считывание информации с прибора учета; средний уровень – проводная/беспроводная передача данных в концентратор или УСПД (устройство сбора и передачи данных); верхний уровень – передача данных через GSM/GPRS или интернет в систему сбора, обработки и хранения информации.

Нижний уровень передачи информации предполагает считывание данных прибора учета различными способами в зависимости от вида счетчика и наличия выходов устройства.



Рисунок 1 – Общая структурная схема автоматизированной системы мониторинга показаний бытовых приборов учета

Если необходимо считать показания счетчика с момента начала использования прибора учета, не имеющего импульсного, интерфейсного выходов или оптического порта, у которого имеется только циферблат с указанием количества потребленного ресурса в соответствующих единицах измерения, то данные записываются контролером вручную, или выполняется фото с дальнейшим распознаванием показаний с изображения. Контролирующие считыватели, в этом случае, могут быть как автономными, используемыми контролерами управляющих компаний, так и стационарными – зафиксированными на приборе учета. Недостатками автономных считывателей (например, Pichometer), встроенных в мобильный телефон, являются: некачественное распознавание цифр, невозможность распознавания с засвеченных фотографий, которые получаются из-за отражения света от защитного стекла циферблата прибора при использовании фотовспышки или каких-либо портативных осветительных приборов. Если считыватель (например, Молекула) устанавливается на прибор учета, то могут возникнуть неудобства крепления устройства, такие, как невозможность закрытия щитка, установка в труднодоступных местах, наличие и регулярная замена аккумуляторных батарей, закупка считывателей на каждый прибор учета, установка дополнительных устройств передачи данных (концентраторы) [2, 3].

При считывании данных со счетчика с оптическим портом (CE303) необходимо каждый раз подключаться к каждому прибору учета через устройства сопряжения, что вызывает затруднение в случае, если счетчик установлен под потолком, или внутри шкафа наружной установки.

Счетчики с импульсным выходом (бытовые приборы учета как воды, так и газа, тепла, электроэнергии) содержат так называемый герметизированный контакт – геркон, формирующий выходной сигнал счетчика при прохождении вблизи геркона магнита стрелки индикатора. Если считыватель будет использоваться для передачи показателей воды, то перед прибором учета необходимо установить фильтр грубой очистки, также при установке учитывается наличие рядом силовой

проводки, всевозможных источников электромагнитных помех. Как и в случае установки считывателя на счетчик с оптическим портом недостатком является наличие и регулярная замена аккумуляторных батарей, закупка считывателей на каждый прибор учета, и, что самое важное, импульсный выход дает информацию только о текущем расходе ресурса с момента начала приема сигналов с геркона, и не передает показание счетчика о его потреблении за все время эксплуатации [4].

Использование считывателя для снятия показаний и прибора учета с интерфейсным выходом типа RS232 или CAN требуют прокладки кабелей для передачи информации. Счетчики с интегрированным считывателем позволяют использовать беспроводные технологии передачи данных, многотарифную систему пользования ресурсами, однако являются дорогостоящими и требуют полной замены оборудования (рисунок 2).

Средний уровень структурной схемы автоматизированной системы мониторинга показаний бытовых приборов учета предполагает проводную или беспроводную передачу информации от считывателя к концентратору или УСПД. Использование телекоммуникационной технологии PLC, интерфейсов CAN, RS-485, RS-232 нецелесообразно в старых домах в виду высокой стоимости переоснащения; прокладку кабеля необходимо внести в проект дома до его постройки.

Применение беспроводных технологий LPWAN при таких достоинствах, как простота установки, хорошая дальность передачи сигнала, требует установки собственной базовой станции.

При внедрении технических решений на базе ZigBee, M-Bus и Z-Wave радиоретрансляторы устанавливаются в ключевых точках, также в системах могут применяться Radio-модемы, встроенные в счетчики электроэнергии и УСПД («Гран-Электро СС-101, СС-301»). Применение беспроводных технологий позволяет масштабировать систему мониторинга, однако ZigBee, M-Bus и Z-Wave имеют малую дальность связи (до 50 м) и требуют постоянной поддержки специалиста, что влечет дополнительные расходы ежемесячно.

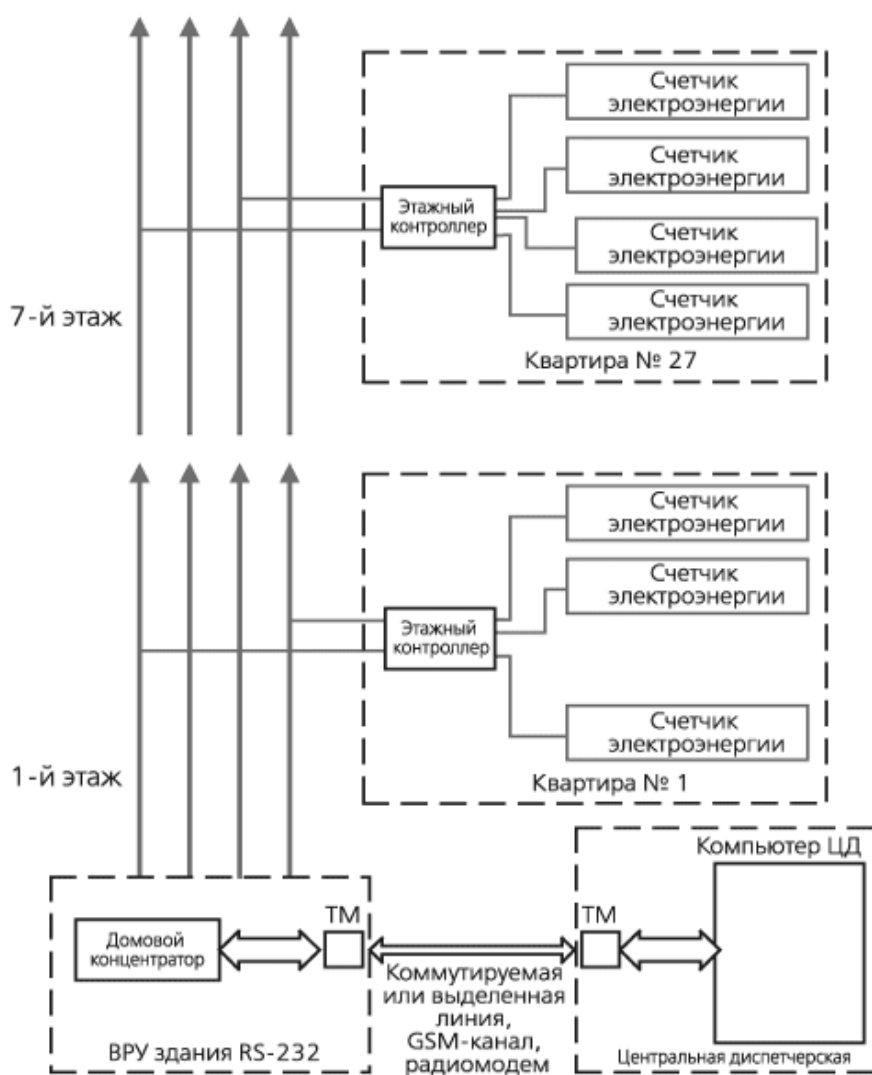


Рисунок 2 – Обобщенная функциональная схема по автоматизированному дистанционному снятию показаний счетчиков электроэнергии [5]

Верхний уровень передачи информации предполагает передачу информации от концентратора в систему обработки и хранения данных посредством GSM/GPRS или интернет [6].

Исходя из вышесказанного, реорганизовать систему подачи показаний бытовых приборов учета можно несколькими путями. Первый – это полное переоснащение каждого помещения счетчиками новых поколений AMR или AMI, что не только чрезмерно дорого, но и требует прокладки кабелей, услуг специалиста по обслуживанию автоматизированных систем. Внедрение подобных систем целесообразно закладывать в план постройки жилого дома заранее.

Второй способ – оснащение каждого прибора учета считывателем определенного типа в зависимости от вида прибора учета с

дальнейшей передачей информации по беспроводной технологии. Этот вариант не требует полной замены приборов учета, однако также затратный. Еще одним недостатком второго способа является тот факт, что не каждое предприятие (например, АО «Барнаулская горэлектросеть») разрешит подключать к приборам учета различного рода считыватели данных, поскольку за электросчетчики и иное оборудование, используемое для коммерческого учета электроэнергии, несет ответственность поставщик электроэнергии (Федеральный закон от 27.12.2018 г. №522-ФЗ), хоть это оборудование и находится в коридоре за металлической решеткой и крышкой электрощита с окошками для снятия показаний [1].

Особенности передачи информации на каждом уровне схемы автоматизированной

системы мониторинга показаний бытовых приборов учета дают возможность предположить, что основной сложностью подключения устройств мониторинга показаний бытовых приборов учета к приборам учета, является выбор считывателя, поскольку подключение большинства из них требует полной замены приборов учета. Поэтому третий способ реорганизации системы подачи показаний бытовых приборов учета включает в себя использование универсального портативного считывателя показаний бытовых приборов учета для всех видов коммунальных ресурсов с последующей беспроводной передачей информации в базы данных управляющих компаний. Универсальное устройство в виде оптического считывателя должен иметь камеру с хорошим разрешением, веб-интерфейс для снятия и оцифровки показаний счетчиков, отправлять по беспроводному каналу связи изображение и другие данные на сервер.

Заключение

В работе рассмотрены различные уровни передачи информации общей схемы автоматизированной системы мониторинга показаний бытовых приборов учета. Проведенный анализ устройств считывания показаний бытовых приборов учета показал, что на выбор считывателя влияет в основном тип прибора учета, в частности, наличие или отсутствие импульсного, интерфейсного выходов или оптического порта. В зависимости от имеющегося выхода можно определить вариант реорганизации системы подачи показаний бытовых приборов учета управляющей компанией – полное переоснащение каждого помещения счетчиками новых поколений AMR или AMI. А также определить оснащение каждого прибора учета считывателем определенного типа в зависимости от вида прибора учета с дальнейшей передачей информации по беспроводной технологии или использование универсального портативного считывателя показаний бытовых приборов

учета для всех видов коммунальных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации" от 27.12.2018 N 522-ФЗ: Компания «КонсультантПлюс». – Москва, 2018. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/. (дата обращения: 25.10.2021). – Текст электронный.
2. Приложение Pixometer. Pixolus GmbH: [сайт]. – URL: <https://pixometer.io/> (дата обращения 01.10.2021). – Текст: электронный.
3. Устройство считывания и распознавания показаний счетчиков электроэнергии, газа и воды Molecula; OCR-MOLECULA: [сайт]. – URL: <https://ocr-molecula.com/> (дата обращения 26.10.2021). – Текст электронный.
4. Козлов, А.В. Автоматизация контроля и учета энергоресурсов / А.В. Козлов, В.П. Румянцев. – Текст: непосредственный // Приборы. - 2010. – № 11 (125). – С. 19-23.
5. Тубинис, В.В. Автоматизированные системы учета электроэнергии у бытовых потребителей. – Текст: электронный // Некоммерческое партнерство инженеров: [сайт]. – URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3034 (дата обращения 22.10.2021).
6. Колокольникова, А.И. Применение автоматизированных информационных систем в бытовом секторе / А. И. Колокольникова, Д. В. Карнаухов. – Текст: электронный // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2013. – №1.– С.121-131. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-avtomatizirovannyh-informatsionnyh-sistem-v-bytovom-sektore> (дата обращения: 23.10.2021).

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, тел.: (3852) 290-913, e-mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Попов Андрей Александрович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290-913.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА И ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ

Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев, Д. Е. Пузик, В. М. Рыжих
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье приведен процесс модернизации лабораторного стенда, необходимого для изучения алгоритмов автоматического управления и стабилизации платформы, имитирующей перемещение БПЛА.

Ключевые слова: ПИД-регулирование, БПЛА, обучающий стенд, управление, бесколлекторный двигатель.

Введение и актуальность

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) сегодня применяют для решения задач в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и других отраслях. Современные БПЛА имеют в своем арсенале необходимый набор программно-аппаратных средств, позволяющих даже новичку легко управлять такими аппаратами и выполнять поставленные задачи. Однако часто возникает необходимость автоматизировать процесс, например, мониторинга за определенными объектами и получения информации о них. Особенно это важно, когда таких объектов достаточно много. Также часто необходимо, чтобы анализ информации об объекте проводился в режиме реального времени. В связи с этим возникает необходимость написания собственных алгоритмов управления летательным аппаратом.

Однако начинать изучение особенностей работы и управления необходимо с решения простых задач, связанных с практическим применением алгоритмов управления положением БПЛА в пространстве. Для этой цели необходимо использовать оборудование, позволяющее моделировать движение дрона в вертикальном направлении, контролировать параметры перемещения, такие как расстояние, скорость, ускорение, обладающее достаточной вычислительной способностью

для реализации сложных алгоритмов управления. Так же важно обеспечить возможность передачи управляющей и сервисной информации между оборудованием для моделирования и компьютером. В результате был разработан лабораторный стенд, представляющий собой раму с двумя направляющими. По вертикальным направляющим перемещается платформа с закрепленным асинхронным двигателем. Перемещение платформы осуществляется за счет тяги воздушного винта двигателя. Управление производится при помощи микроконтроллерной платы Arduino Uno. Выбор именно этой платформы основан на простоте написания программ новичками и отсутствия необходимости в больших вычислительных ресурсах при отработке алгоритмов управления.

В начальной версии стенда (рисунок 1) отсутствовали различные элементы обратной связи, а именно: датчик высоты, акселерометр, камера и др. В связи с этим было принято решение о доработке лабораторного стенда, что позволит тестировать алгоритмы автоматического управления и стабилизации платформы. Для обучения студентов была добавлена работа в демонстрационном режиме.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА И ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ

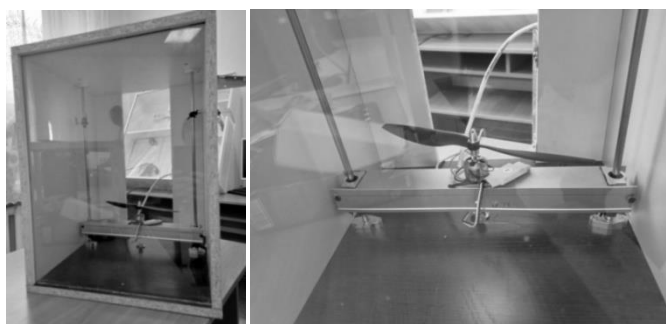


Рисунок 1 – Первоначальная версия стенда

Для управления работой всего стенда и выполнения работ, связанных с ПИД-регулированием, установлен дополнительный контроллер, который будет взаимодействовать с пользователем посредством приложения на ПК. На стенде установлен дисплей и разработан для него графический интерфейс, посредством которого можно управлять работой стенда, выбирать предустановленные программы и выставлять коэффициенты для ПИД-регулятора.

В качестве ультразвукового датчика расстояния выбран модуль HC-SR04 по причине

его небольшой стоимости и простоте программного взаимодействия, что особенно важно, поскольку с этим датчиком предстоит работать студентам, которые только начинают изучать программирование.

При выборе акселерометра из ряда моделей были определены его критерии:

- небольшие размеры;
- малая цена;
- минимум лишних функций.

Рассматриваемые варианты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Чипы и модули акселерометров

№	Название	Размер, мм	Цена, руб.	Функции
1	Чип ADXL345BCCZ	3x5	450	3-х осевой акселерометр
2	Чип LIS3DHTR	3x3	140	3-х осевой акселерометр
3	Модуль MMA7361	28x17	480	3-х осевой акселерометр
4	Модуль GY-BNO055	12x20	600	3-х осевой акселерометр, гироскоп

Модуль MMA7361 был отвергнут из-за невысокой точности. В итоге выбран модуль ориентации GY-BNO055, т.к. он имеет приемлемые габариты для установки на плату и последующего ремонта.

При работе стенда необходимо выводить графики, поэтому при выборе дисплея текстовый дисплей был отклонен. Среди графических дисплеев стоял выбор между тремя моделями:

- LCD TFT 3.5" (320x480) с резистивной сенсорной матрицей;
- WG12232D;
- WG12864A.

LCD TFT дисплей обладает избыточным функционалом и требует слишком большого количества выводов для подключения. Мо-

дель WG12232D имеет слишком маленькую рабочую область, что не позволяет полноценно выводить графики. Поэтому выбор пал на дисплей WG12864A, у которого отсутствуют перечисленные недостатки.

Кандидатами на второй микроконтроллер были ATmega32A-PU и аппаратная платформа STM32 Mini M4. Решение было принято довольно быстро, по причине недостаточности высокой производительности микроконтроллера ATmega32A-PU, как и остальных доступных микроконтроллеров семейства AVR.

Устройством ввода был выбран энкодер модели PEC12R-4220F-S0024.

Следующим этапом стала разработка принципиальной электрической схемы в сре-

де Easy EDA. Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 2.

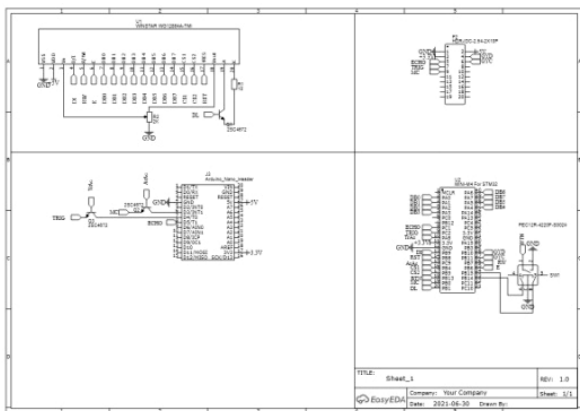


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема

Разработка печатной платы велась в среде Easy EDA на основе разработанной принципиальной электрической схемы (рисунок 3).

В процессе разработки платы основными критериями являлись: минимальный размер и расположение электронных компонентов, что связано с особенностями размещения платы – закрепление на каркасе стенда с правой стороны, из-за чего создается лишняя нагрузка на крепление (рисунок 4).

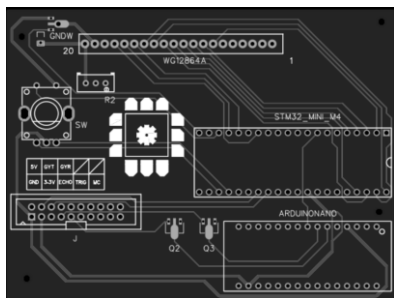


Рисунок 3 – Верхний слой печатной платы (рендер)

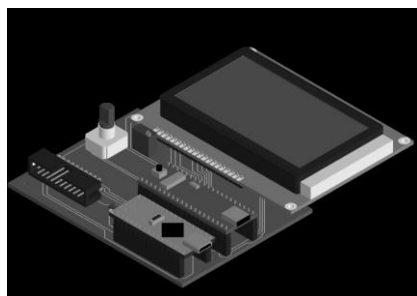


Рисунок 4 – 3D модель печатной платы с компонентами (Komras 3D)

Следующим этапом разработки была разработка корпуса для электроники. Данный корпус должен включать в себя:

- Окно для дисплея;
- Отверстия для монтажа;
- Окно портов;
- Отверстие для вала энкодера;
- Перфорация для охлаждения.

В результате проектирования разработаны: основание корпуса, лицевая панель и шайба энкодера (рисунок 5).

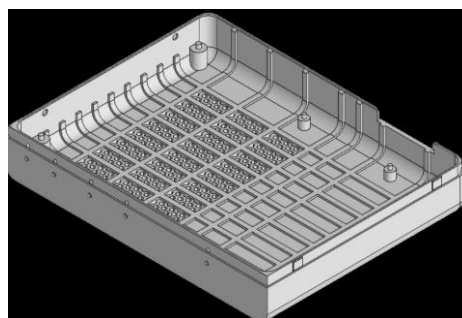


Рисунок 5 – 3D-модель основания корпуса

Далее было разработано приложение для ПК, посредством которого возможно взаимодействие со стендом при помощи графического интерфейса. Приложение было написано на языке C# и доступно для операционных систем семейства Windows (рисунок 6).

Приложение включает в себя ряд элементов для взаимодействия:

- лист-бокс выбора COM-порта;
- кнопка обновления лист-бокса;
- кнопка подключения / отключения соединения;
- кнопка пересылки коэффициентов на контроллер;
- кнопка начала/конца записи данных;
- кнопка сохранения данных в виде файла;
- поля ввода коэффициентов.

Разработанный протокол обмена данными между ПК и микроконтроллером обеспечивает передачу данных о:

- текущей высоте;
- целевой высоте;
- мощности;
- ускорении;
- коэффициентах ПИД-регулятора;
- командах.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА И ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ

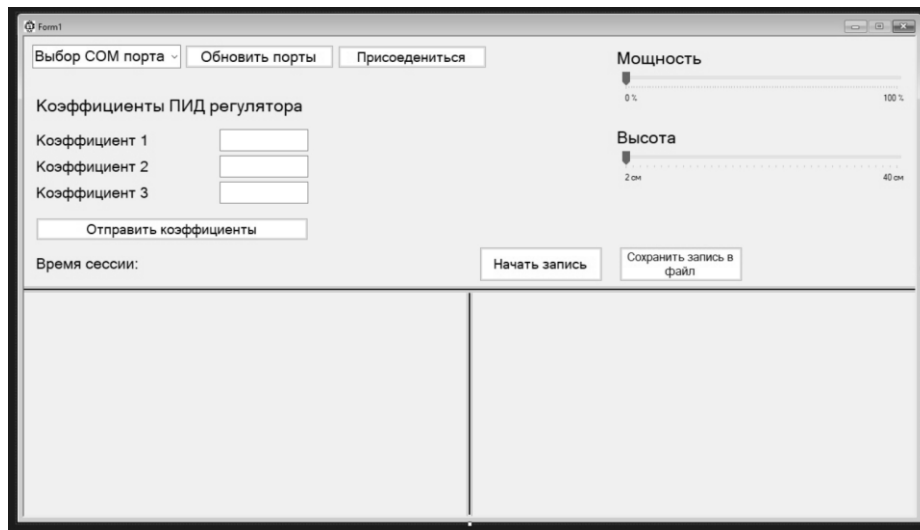


Рисунок 6 – Окно приложения

Заключение

Разработана модификация лабораторного учебного стенда, в котором реализованы дополнительные функции :

- определение высоты;
- определение ускорения (перегрузки);
- демонстрационный режим;
- управления стендом без помощи ПК;
- ПИД-регулирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федянин, В.П. Моделирование следящих систем с учётом нелинейностей: учебно-методическое пособие / В. П. Федянин, О. И. Монахов, Д. А. Антонов. – Москва : РУТ (МИИТ), 2019. – 46 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/175679> (дата обращения: 21.10.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. – Москва: ДМК

Пресс, 2018. – 120 с. – ISBN 978-5-97060-662-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107894> (дата обращения: 21.10.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – канд. техн. наук каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru;

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: daniilapuzik16@mail.ru;

Рыжих Виктор Макисмович – студент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: rvmgd2020@gmail.ru.

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ю. А. Осокин, И. А. Фёдорова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрены мультимодальные биометрические технологии, их преимущества над одномодальными системами. Описаны методы объединения биометрических образцов для различных модальностей на определенных этапах верификации.

Ключевые слова: биометрия, биометрическая модальность, мультимодальные биометрические системы

Учитывая нынешнюю тенденцию перехода большей части процессов в цифровой формат, остро встает вопрос о разработке более совершенных методов идентификации и аутентификации пользователей для защиты производимых ими транзакций. С развитием технологий и увеличением скоростей передачи данных появляются дополнительные векторы атак. В целях предупреждения компрометации учетных данных пользователей и ускорения процесса верификации были разработаны биометрические технологии – технологии, подразумевающие использование присущих человеку физических и поведенческих особенностей в качестве фактора аутентификации. В качестве биометрических модальностей (характеристик) наиболее часто используют: отпечатки пальцев, изображение лица, голос, радужную оболочку глаза, сетчатку глаза, геометрию ладони. Менее часто: клавиатурный почерк, сосудистый рисунок, жесты. Системы, использующие одну биометрическую характеристику, относятся к одномодальным биометрическим системам, две и более – к мультимодальным биометрическим системам.

Итак, мультимодальная биометрическая система – это сочетание двух или более уникальных биометрических характеристик, используемых для аутентификации пользователя. Комбинация этих признаков может быть представлена в виде нескольких отпечатков одного пальца, сочетания изображения лица и отпечатка ладони или любой другой комбинации по выбору. Однако биометрические характеристики человека обычно являются биологическими особенностями, которые могут быть либо генетически, возможно, экологически измененными, либо приобретенными или приобретенными со временем характеристиками, которые могут быть использованы для распознавания или идентификации чело-

века [1]. Поэтому при верификации мы почти никогда не будем сталкиваться со стопроцентным совпадением биометрического образца с контрольным шаблоном. Степень защищенности системы обычно определяется количеством времени, которое потребуется злоумышленнику для получения данных в изначальной форме из зашифрованных потоков биометрических данных. Мультимодальные биометрические системы способны устранить такие недостатки одномодальных систем, как шум в полученных данных, неадаптивность, восприимчивость к спуфинговым атакам и большие внутриклассовые вариации. "Недавнее исследование, проведенное в контексте биометрической системы, использующей отпечатки пальцев, показало, что сочетание нескольких контрольных шаблонов или отпечатков нескольких пальцев конкретного пользователя может улучшить систему проверки отпечатков пальцев с большей точностью" [2].

Мультимодальные биометрические системы обеспечивают повышенную отказоустойчивость, возникающую из-за факторов окружающей среды или поведения пользователя. Поскольку мультимодальные биометрические системы объединяют данные, собранные из разных источников, это значительно повышает точность и производительность системы. Использование правильной методологии объединения данных может значительно улучшить производительность сопоставления. Наличие нескольких источников также увеличивает пространство признаков, тем самым увеличивая количество людей, которых можно надежно различать. Таким образом, емкость (т.е. количество пользователей, которые могут быть зарегистрированы) системы идентификации может быть увеличена.

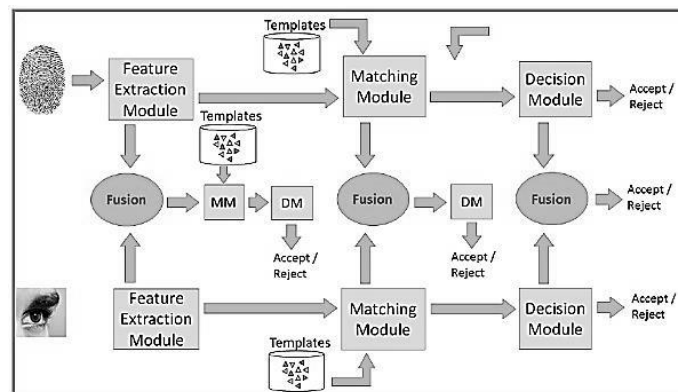


Рисунок 1 – Схема обработки биометрических образцов в мультимодальных биометрических системах

Термин "объединение" – это процесс корреляции информации из нескольких биометрических образцов и степени их соответствия биометрическим контрольным шаблонам. Объединение помогает извлечь гораздо больше информации из каждой биометрической характеристики. Существует пять алгоритмов объединения, которые можно разделить на два типа: объединение перед отображением и объединение после отображения. Объединение перед отображением – это соединение информации до определения уровня соответствия. Объединение после отображения – это соединение информации после сопоставления. Выбор подходящих методов объединения зависит от необходимости применения. Нечеткое объединение может быть реализовано на любых уровнях

1. Объединение на уровне сенсоров.

Объединение биометрических признаков от различных датчиков, таких как сканер радужной оболочки глаза и сканер отпечатков пальцев, для формирования составного биометрического признака. Может использоваться, когда несколько признаков совместимы. Сначала биометрические образцы получают с разных датчиков и декомпозируют с помощью вейвлет-преобразования и оптимизации методом роя частиц (МРЧ) для получения нового образца, а затем принимают решение о соответствии или несоответствии образца контрольному шаблону.

2. Объединение на уровне признаков.

При объединении на уровне признаков различные биометрические признаки сначала подвергаются предварительной обработке и извлекаются отдельные вектора признаков биометрических характеристик, которые далее объединяют для формирования составного вектора признаков. Этот вектор используется в процессе классификации. Однако, во

многих случаях векторы признаков несовместимы. Это приводит к очень высокой размерности, что значительно увеличивает вычислительную нагрузку.

3. Объединение на уровне оценок совпадения.

Векторы признаков различных модальностей обрабатываются отдельно и определяется индивидуальный балл совпадения. Каждая оценка совпадения объединяется для формирования составной оценки совпадения, и эта оценка отправляется в модуль принятия решений. Логистическая регрессия, наивысший ранг, взвешенная сумма, взвешенное произведение, правило Байеса, линейный дискриминантный анализ, метод К-ближайших соседей – вот некоторые из методов объединения оценок совпадений

4. Объединение на уровне рангов.

Лишь немногие системы объединяют биометрические образцы, используя ранговые уровни. Для объединения различных рангов можно использовать метод множественного голосования. В методе множественного голосования рассматриваются элементы, которые находятся в верхней части ранжированного списка. При слиянии уровней несколько ранжированных списков объединяются для формирования окончательного списка. В некоторых случаях доступны только ранжированные результаты. Системы присваивают более высокий ранг шаблону, который более похож на образец.

5. Объединение на уровне принятия решений.

При этом методе каждый биометрический образец обрабатывается независимо. Результаты различных модальностей объединяются для верификации биометрического образца. Для принятия окончательного решения может быть использована схема

множественного голосования. Объединение на уровне принятия решений используется, в том случае, когда известен окончательный результат для каждого биометрического образца.

Вариант решения на основе гибридного мультимодального анализа показан на рисунке 2 [3].

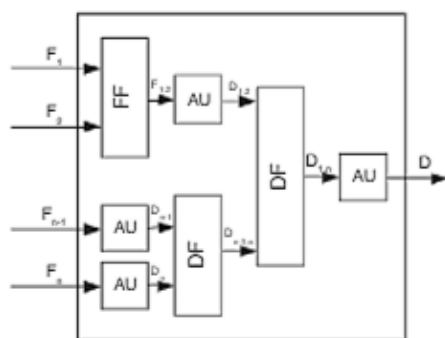


Рисунок 2 – Вариант реализации гибридного мультимодального анализа

На рисунке 3 представлена схема классификатора мультимодальной системы, на основе метода опорных векторов (SVM).

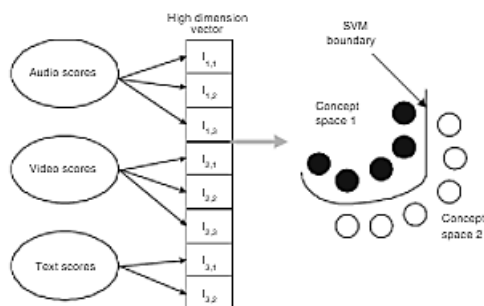


Рисунок 3 – Классификатор на основе метода опорных векторов

Проведенный анализ показывает, что объединение на уровне принятия решений обеспечивает повышение производительности при возможности доступной технической

реализации. При этом, выбор метода нормализации может существенно повлиять на производительность системы.

Мультимодальные биометрические системы затрачивают на верификацию больше времени, чем унимодальные. Но они по-прежнему используются в организациях, ставящих безопасность на первое место.

Выводы

К преимуществам рассмотренных мультимодальных биометрических систем следует отнести повышение скорости алгоритма при требуемом качестве распознавания. При этом, следует выбирать наиболее адекватную комбинацию модальностей. Далее, следует формировать оптимальное объединение биометрических признаков. При использовании методов объединения необходимо учитывать доступность технической реализации данных методов, повышение устойчивости к шумам, возможности надежной работы технической базы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Sajjad M, Khan S, Hussain T, Muhammad K, Sangaiah AK, Castiglione A, Esposito C, Baik SW (2019) Cnn-based anti-spoofing two-tier multi-factor authentication system. Pattern Recognition Letters 126:123–131.
2. Tolosana R, Gomez-Barrero M, Busch C, Ortega-Garcia J (2019) Biometric presentation attack detection: Beyond the visible spectrum. IEEE Transactions on Information Forensics and Security 15:1261–1275.
3. Banitalebi-Dehkordi M, Khademi M, Ebrahimi-Moghadam A, Hadizadeh H (2019) An image quality assessment algorithm based on saliency and sparsity. Multimedia Tools and Applications 78(9):11507–11526.

Осокин Юрий Анатольевич – к.т.н., доцент АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: y-osokin@mail.ru;

Фёдорова Инесса Алексеевна – студент АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: inessa.fedorova.01@mail.ru.

УДК 621.317.757

СЖАТИЕ АНАЛОГОВЫХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕДСКАЗАТЕЛЕЙ

В. М. Кудяева, Ю. А. Осокин

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Реальные речевые сигналы имеют конечную длительность, поэтому при представлении их в частотной области их спектры неограничены. Из-за этого их свойства требуются сегментация сигналов на определенные временные участки (например, порядка 10 мс), на которых он считается стационарным. Как правило, в системах обработки аналоговый акустический речевой сигнал преобразуется в электрический сигнал. Сигнал подвергается дискретизации по времени и квантованию по амплитуде. В процессе квантования возникают искажения (ошибки квантования), которые, приводят к потере информации. В работе рассмотрены варианты преобразований на основе сжатия аналоговых речевых сигналов с помощью предсказателей с целью повышения качества и скорости передачи информации.

Ключевые слова: скорость, передача информации, сжатие аналоговых сигналов, предсказатели, экстраполяция.

В процессе квантования возникают искажения (ошибки квантования), которые, приводят к потере информации и ограничению скорости передачи информации (рисунок 1).

Целью исследования является повышение качества и скорости передачи информации на основе сжатия аналоговых речевых сигналов с помощью предсказателей.

Распознавание акустической информации актуально и с каждым годом находит все большее применение во многих сферах науки и производства.

При этом, перспективными направлениями являются синтез речевой информации, идентификация источников, устранение дефектов и улучшение параметров сигнала.

Для этого разрабатываются новые алгоритмы преобразований, совершенствуются модели, описывающие речевое содержание адекватными информационными моделями.

Существует много методов обработки звуковой информации с формированием некоторой модели с последующими необходимыми преобразованиями.

Важным звеном идентификации является выявление достоверных признаков сигналов, их оценка.

Акустический спектр – это множество гармонических составляющих сложного звукового сигнала.

Обычно рассматриваются спектральные, периодограммные и коррелограммный методы оценивания спектральной плотности мощности сигнала в стационарных случайных процессах.

В основе методов лежат дискретно-временные преобразования и преобразования Фурье.

Интерес представляет также оценка скорости передачи речевого сигнала, в том числе, на основе теории эpsilon-энтропии, по которой скорость передачи R в реальном речевом диапазоне в полосе частот ΔF определяется соотношением $\Delta F/\epsilon^2$:

$$R=f(\Delta F/\epsilon^2)$$

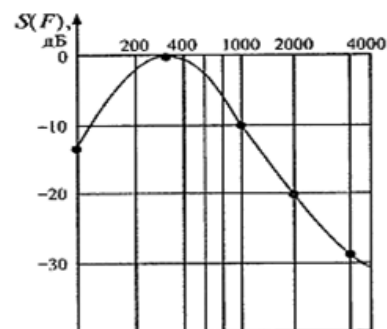


Рисунок 1 – Спектр типового речевого сигнала

Как правило, спектр речевого сигнала находится в полосе частот:

$$\Delta F = \text{от } 30 \text{ до } 1400 \text{ Гц.}$$

Спектр типового речевого сигнала на уровне половинной мощности представлен на рисунке 1.

Если речевой темп составляет 2 – 3 слова в секунду, речевая информация может быть передана со скоростью до 75 бит в сек.

Для качественной оценки информационных свойств сигналов важно оценить многие его свойства.

Существенное значение имеют спектральные свойства.

Как правило, спектральное представление сигнала – это разложение его на гармонические сигналы [2].

Интерес представляют методы, с помощью которых решаются задачи идентификации свойств, позволяющие составить адекватное представление о содержании интересующего сообщения, определение его наиболее информативных особенностей.

В ряде случаев определяющим является выделение полезного сигнала на основе селектирования.

Достаточно высокое качество речи возможно при отношении «сигнал/шум» на уровне 8 дБ.

При данных параметрах можно оценить скорость передачи R.

При отношении сигнал/шум:

$$P_c / P_{ш} = 8 \text{ дБ},$$

то есть:

$$P_c / P_{ш} = 1 / 6,3,$$

параметр ϵ^2 имеет значение:

$$\epsilon^2 = 1 / (P_c / P_{ш}) = 1 / 6,3.$$

Скорость передачи R в полосе 1000 Гц составит:

$$R = 3,7\Delta F / \epsilon^2 = 23310 \text{ бит/с}.$$

Для спектрального анализа сигнала используется дискретное быстрое преобразование Фурье, которое представляет процедуру ускоренного преобразования [3].

Важным звеном в преобразовательной цепи является методика предварительной обработки информационного сигнала.

Один из вариантов процесса обработки акустического сигнала приведен на рисунке 2.

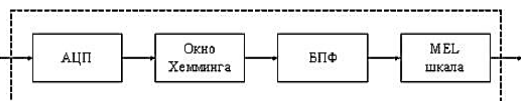


Рисунок 2 – Вариант структурной схемы обработки акустического сигнала

Взвешивание сигнала весовой функцией можно сделать на основе применения окна Хэмминга [4].

Применение граничных условий уменьшает спектральные искажения сигнала. При этом величина временного окна в рассматриваемых процессах выбиралась для интервалов в несколько периодов основного тона, в частности, около 15 ms (рисунок 3).

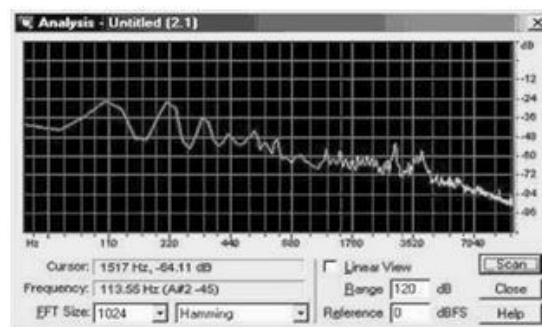


Рисунок 3 – Преобразование речевого сигнала с применением окна Хэмминга

При работе с речевым акустическим сигналом следует учитывать ряд специфических особенностей, которые следует учитывать:

- свойства сигнала изменяются на выбранном интервале;
- как правило, речевой сигнал – это случайный процесс;
- спектр речевого сигнала в основном напоминает шум в отличие от регулярного сигнала.

В процессе предсказания требуется получение предшествующих данных. Сущность методов интерполяции состоит в применении аппроксимирующих функций [5].

Вариантом этого метода является применение экстраполяции. Причем, если текущее значение параметра существенно отличается от предшествующего, то принимается определенное решение [6].

Предсказание интерполяционным методом сжатия.

Применение интерполяционных методов сжатия позволяет сократить число отсчетов.

Если присутствуют источники шумов, искажающие основной сигнал или присутствуют высокочастотные процессы, то для методов, основанных на предсказаниях, требуются адекватные помехозащитные меры.

Основными факторами, определяющими применимость того или иного метода сжатия являются:

- эффективность изменения избыточности;

СЖАТИЕ АНАЛОГОВЫХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕДСКАЗАТЕЛЕЙ

– сложность реализации алгоритмов сжатия данных.

Кроме того, качество сжатия зависит от алгоритма преобразований.

Также качество сжатия определяется величиной апертуры. Величина апертуры существенно влияет на точность восстановления сигналов.

Важным моментом является учет характера изменения статических и динамических параметров обрабатываемого сообщения [7].

В зависимости от характера изменения параметров апертуры коэффициент сжатия изменяется от десятков до сотен относительных единиц.

Можно оценить скорость передачи речевого сигнала на основе метода с предсказанием.

Как правило, речевой сигнал может быть аппроксимирован на основе спектральной мощности $S(F)$:

$$S(F) = \frac{1}{1 + \left(\frac{F}{\Delta F}\right)^2},$$

где ΔF лежит в диапазоне от 30 до 1400 Гц.

Качество сигнала оценивается свойствами АЦП и ЦАП. Например, считается достаточным принимать отношение сигнала и шума квантования на уровне 8 дБ.

При восстановлении сигнала можно использовать ступенчатую экстраполяцию или линейную интерполяцию между близкими выборками [7].

Вариант экстраполяции сигнала по его выборкам показан на рисунке 4.

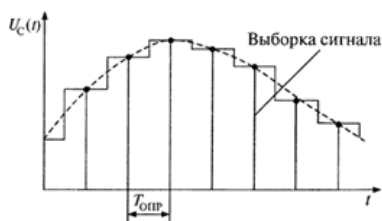


Рисунок 4 – Вариант экстраполяции сигнала по его выборкам

Для метода предсказания Марковского процесса скорость передачи информации равна:

$$R = 2\pi\Delta F/\varepsilon^2 = 2\pi \cdot 1000 \cdot 6,3 = 39,6 \text{ кбит/с.}$$

В-целом, можно сделать следующие **выводы**.

Для процесса, с нестабильной шириной спектра сигнала следует применять адаптив-

ное квантование, при котором существует возможность эффективного сжатия обрабатываемых речевых сигналов.

Применение метода предсказания Марковского процесса существенно ускоряет скорость передачи информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томчук, К.К. Сегментация речевых сигналов для задач автоматической обработки речи: специальность 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томчук Кирилл Константинович; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. – Санкт-Петербург, 2017. – 197 с. – URL: https://fs.guap.ru/dissov/tomchuk_kk/full.pdf. (дата обращения 03.11.2021). – Текст: электронный

2. Борисов, А.П. Учебно-методическое пособие "Электрические цепи и сигналы" / А.П. Борисов; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: ИздвоАлтГТУ, 2018. – 149 с. – Текст: непосредственный.

3. Борисов, А.П. Учебно-методическое пособие "Основы радиотехники" / А.П. Борисов; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-воАлтГТУ, 2014. – 152 с.. – Текст: непосредственный.

4. Электроника и схемотехника. Основы электроники: конспект лекций для высшего профессионального образования/ В.Т. Еременко, А.А. Рабочий, И.И. Невров [и др.]. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. – 290 с. – Текст непосредственный.

5. Экстраполяционные методы сжатия. – Текст электронный // Студопедия: [сайт]. – URL: https://studopedia.ru/21_52178_ekstrapolyatsionnie-metodi-szhatiya.html (Дата обращения 20.10.2021). – Текст: электронный.

6. Радиосистемы передачи информации. – Текст электронный // Банк лекций: [сайт]. – URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/radiosistemy-peredachi-informatsii#5.4.4>

articles/ultrazvukovaya-defektoskopiya/ (Дата обращения 17.10.2021). – Текст: электронный

7. Анализаторы речевых и звуковых сигналов: методы, алгоритмы и практика (с MATLAB примерами) // под редакцией д.т.н., профессора Петровского А.А. – Минск: Бестпринт, 2009. – 456 с. – URL: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_37270.pdf (дата обращения 3.11.2021). – Текст: электронный.

Кудаева Вера Михайловна – студентка АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(923)796–92–49, e-mail: vera.kudaeva@yandex.ru;

Осокин Юрий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры ИВТ и ИБ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: y-osokin@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО–КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАРТФОНА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ УСТАНОВКЕ МИРЫ

С. П. Пронин, О. А. Шелудченко, Е. С. Кононова

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В научном мире наблюдается возрастающая тенденция применения смартфонов в измерительных экспериментах. Выполнены исследования частотно–контрастной характеристики видеокамеры смартфона iPhone 11 Pro при различной его пространственной ориентации относительно тест–объекта. Экспериментальные данные аппроксимировали полиномом второй степени. По уравнениям регрессии установлены изменения предельного разрешения смартфона в зависимости от пространственной ориентации тест–объекта относительно смартфона.

Ключевые слова: частотно–контрастная характеристика, смартфон, предельное разрешение, парные штрихи, пространственная частота.

Введение

В научном мире наблюдается возрастающая тенденция применения смартфонов в измерительных экспериментах [1–4]. Обладая видеокамерой, смартфоны могут выполнять одну из главных функций оптико–электронного прибора – создавать изображения и записывать их в память. При оценке качества оптико–электронных систем одним из важных параметров является разрешающая способность [5]. Для оценки разрешающей способности применяют известный стандартный метод, основанный на анализе качества передачи изображения штриховой миры [6].

Стандартная штриховая мира, или мира ГОИ, состоит из 25 элементов, каждый из которых включает четыре группы штрихов. Одна группа включает 5 параллельных штрихов. Группы в элементе расположены под углами 0, 45, 90 и 135°. Такая конфигурация позволяет оценить качество изображения под различными углами [5,7]. Размеры штрихов и их промежутков в каждом элементе уменьшаются в геометрической прогрессии [7]. Таким образом, увеличивается пространственная частота. По максимальному номеру элемента, в котором штрихи становятся неразличимыми, определяют предел разрешения смартфона.

Измеряя сигналы между двух светлых штрихов во всех элементах, определяют частотно–контрастную характеристику (ЧКХ) оптико–электронной системы [8].

В статье [2] для оценки качества смартфона была предложена пирамидальная мира и определена его ЧКХ. Однако выполненные исследования были ограничены измерением ЧКХ только под углом 0°.

Цель работы – исследовать ЧКХ смартфона при различной пространственной установке пирамидальной миры: 0, 45, 90°.

Методы и средства

В экспериментах была использована видеокамера смартфона iPhone 11 Pro. Тест–объект состоит из 4 пирамид, выполненных в виде парных штрихов (см. изображение на рисунке 2). Пирамиды имеют нумерацию слева направо от 1 до 4. А каждая пара штрихов в пирамиде пронумерована снизу вверх от 1 до 4. В таблице 1 приведены нумерация штрихов, размеры штрихов, промежутков и пространственная частота пирамидальной миры.

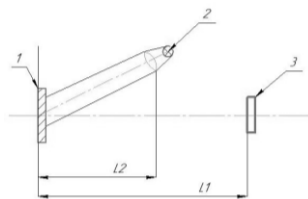


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – тест–объект с парными штрихами; 2 – источник света, создающий яркость в области тест–объекта 300 лк; 3 – исследуемый смартфон iPhone 11 Pro. Расстояние $L_1 = 4$ м, расстояние $L_2 = 2,5$ м

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО–КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАРТФОНА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ УСТАНОВКЕ МИРЫ

Таблица 1 – Параметры парных штрихов

Номер парных штрихов	Размер одного штриха мм	Размер между штрихами, мм	Период, мм	Частота, мм ⁻¹
1-1	2,25	2,45	4,7	0,21
1-2	1,8	1,9	3,7	0,27
1-3	1,3	1,5	2,8	0,36
1-4	0,85	1	1,85	0,54
2-1	2	2,1	4,1	0,24
2-2	1,5	1,8	3,3	0,30
2-3	1,15	1,35	2,5	0,40
2-4	0,75	0,95	1,7	0,59
3-1	1,7	2	3,7	0,27
3-2	1,4	1,6	3	0,33
3-3	1	1,25	2,25	0,44
3-4	0,6	0,9	1,5	0,67
4-1	1,45	1,75	3,2	0,31
4-2	1,2	1,4	2,6	0,38
4-3	0,85	1,1	1,95	0,51
4-4	0,5	0,8	1,3	0,77

Результаты эксперимента и их обсуждение

Изображение тест-объекта при вертикальном положении смартфона (соответствует 0°) показано на рисунке 2. На изображении даже визуально заметно, что яркость между штрихами уменьшается, поэтому контраст тоже уменьшается. Для объективного анализа использовали специализированную программу, которая определяет в цифровом виде максимальное и минимальное значения яркости в парных штрихах. Зная пространственную частоту парных штрихов и вычисленный контраст, была построена зависимость контраста от частоты, т.е. ЧКХ при первом пространственном положении смартфона. Эта зависимость показан на рисунке 3. Аналогичные ЧКХ были построены при положении смартфона, повернутого на 45° (рисунок 4) относительно первоначального положения и повернутого на 90° (рисунок 5) относительно первоначального положения.

Экспериментальные точки во всех трех экспериментах аппроксимированы полиномом второй степени. Коэффициенты детерминации для полученных функций регрессии составляют: 0,953 при вертикальном положении смартфона; 0,956 – при повороте на 45°; 0,942 – при повороте на 90°. Следовательно, фактор пространственной частоты играет до-

минирующую роль в зависимости ЧКХ. Значит на другие факторы приходится по 4–5%.

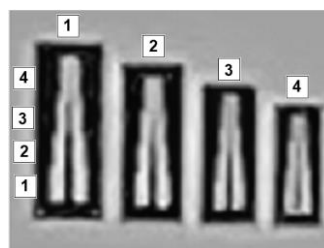


Рисунок 2 – Изображение тест-объекта при вертикальном положении смартфона

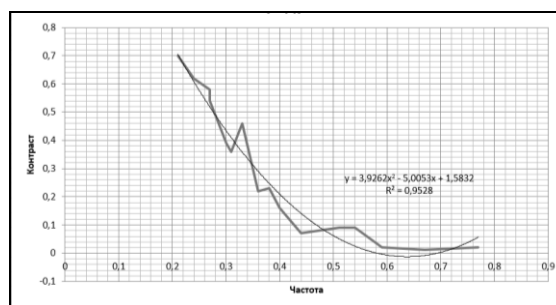


Рисунок 3 – ЧКХ при вертикальном положении смартфона

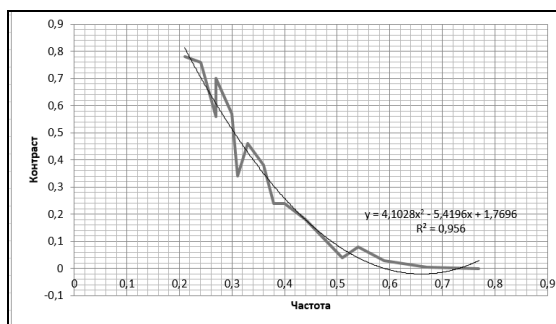


Рисунок 4 – ЧКХ при повернутом положении смартфона на 45°

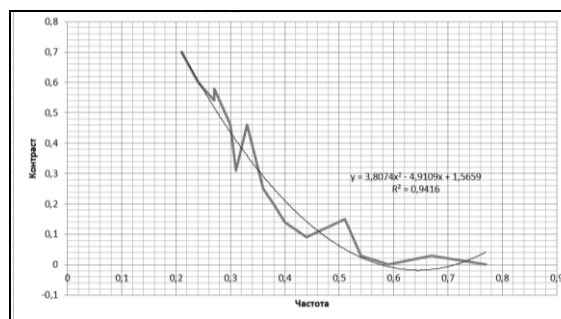


Рисунок 5 – ЧКХ при повернутом положении смартфона на 90°

Используя уравнения, показанные на графиках, можно найти корни уравнений.

Первый корень будет характеризовать переход функции регрессии через нуль. С точки зрения физического процесса этот результат показывает, что при этой пространственной частоте ЧКХ приобретает значения нуля. В идеальном случае, исключая наличие пространственных шумов, эта частота определяет предел разрешения смартфона.

Решения уравнений дают следующие значения частот, при которых ЧКХ обращаются в нуль:

– при вертикальном положении смартфона $\nu = 0,57 \text{ мм}^{-1}$;

– при повороте смартфона на 45° – $\nu = 0,59 \text{ мм}^{-1}$;

– при повороте смартфона на 90° – $\nu = 0,59 \text{ мм}^{-1}$.

Пространственная частота связана с пространственным периодом обратно пропорциональной зависимостью. Следовательно, период штрихов, которые способен разрешить смартфон iPhone 11 Pro в вертикальном положении составляет 1,75 мм, в других положениях 1,69 мм. Поскольку размер штрихов равен половине периода, то пределом разрешения в первом случае будут парные штрихи с размерами 0,89 мм, а во втором случае – 0,85 мм

Как видно из полученного результата, в зависимости от расположения предмета относительно смартфона изображения фрагментов этого предмета будут по-разному передаваться видеокамерой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kong, L., Gan, Y., Liang, T., Zhong, L., Pan, Y., Kirsanov, D., Legin, A., Wan, H., Wang, P. A novel smartphone-based CD-spectrometer for high sensitive and cost-effective colorimetric detection of ascorbic acid (2020) *Analytica Chimica Acta*, 1093, pp. 150–159.

2. Hong, X., Lu, T., Fruzya, L., Yu, B. A Dual-modality Smartphone Microendoscope for Quantifying the Physiological and Morphological Properties of Epithelial Tissues (2019) *Scientific Reports*, 9 (1), article № 15713.

3. Rabha, D., Sarmah, A., Nath, P. Design of a 3D printed smartphone microscopic system with enhanced imaging ability for biomedical applications (2019) *Journal of Microscopy*, 276 (1), pp. 13–20.

4. Пронин, С.П. Моделирование и исследование пространственной разрешающей способности видеокамеры смартфона / С.П. Пронин. – Текст: непосредственный // Высокопроизводительные

вычислительные системы и технологии. – 2019. – №2. – Т.3. – С.76–81.

5. Кирилловский, В.К. Оптические измерения: учебное пособие: часть 2. Теория чувствительности оптических измерительных наводок / В.К. Кирилловский. – Санкт–Петербург: ГИТМО, 2003. – 60 с. – URL: http://aco.ifmo.ru/upload/publications/book_opt_mes_part2.pdf (дата обращения: 14.11.2021). – Текст: электронный.

6. Кирилловский, В.К. Оптические измерения: учебное пособие: часть 4. Оценка качества оптического изображения и измерение его характеристик / В.К. Кирилловский. – Санкт–Петербург: ГИТМО, 2005. – 67 с. – URL: http://aco.ifmo.ru/upload/publications/book_opt_mes_part4.pdf (дата обращения: 14.11.2021). – Текст: электронный.

7. ГОСТ 15144–78. Системы телескопические. Визуальный метод определения предела разрешения = Telescope system for optical devices. Visual method of resolution limits determination: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 30.01.78 № 284: дата актуализации текста 06.04.2015: дата актуализации описания 01.01.2021. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294836/4294836684.pdf> (дата обращения: 14.11.2021). – Текст: электронный.

8. ГОСТ 21815.18–90. Преобразователи электронно–оптические. Метод измерения пространственной частотно–контрастной характеристики = Image intensifier and image converter tubes. Modulation transfer function: государственный стандарт союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29.12.90 № 3725: дата введения 01.01.93 / разработан и внесен Министерством электронной промышленности СССР. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 18 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294831/4294831914.pdf> (дата обращения: 14.11.2021). – Текст: электронный.

Пронин Сергей Петрович – д.т.н, профессор кафедры ИТ, тел.: 89130859665, e-mail: spronin@mail.ru;

Шелудченко Олег Александрович – магистрант кафедры информационных технологий АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 89132627497, e-mail: sheludchenko-1998@mail.ru;

Кононова Екатерина Сергеевна – ст. преподаватель кафедры информационных технологий АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 89132161103, e-mail: katynok1010@mail.ru.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СЧИТЫВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА

В. В. Надвоцкая, А. А. Попов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе рассмотрены типы существующих бытовых приборов учета и соответствующих им считывателей показаний и технологий передачи данных. Предложено использование универсального портативного считывателя показаний бытовых приборов учета для всех видов коммунальных ресурсов. Разработана структурная схема устройства и обеспечено аппаратное обеспечение.

Ключевые слова: бытовые приборы учета, считыватель, платформа ESP32-sat, сервер управляющей компании, сведения о потреблении, коммунальные ресурсы.

Сфера жилищно-коммунального хозяйства находится в кризисном состоянии в связи с рядом обстоятельств: устаревшая система управления, крупные затраты на оказание коммунальных услуг и массовые неплатежи. В связи этим управляющие компании пытаются реформировать в том числе систему подачи показаний бытовых приборов учета управляющими компаниями: производится переход на интеллектуальные системы удаленного сбора, обработки и передачи показаний приборов учета, переоснащение каждого помещения счетчиками поколения AMR или AMI. Авторы предлагают собственное техническое решение для использования в помещениях с устаревшими счетчиками без закупки дорогостоящего оборудования и прокладки кабелей для передачи информации [1].

Цель работы – разработка устройства считывания показаний бытовых приборов учета.

Анализ устройств считывания показаний бытовых приборов учета показал, что на применение определенного считывателя для мониторинга коммунальных ресурсов влияет тип прибора учета, установленный в помещении. Наличие или отсутствие импульсного, интерфейсного выходов оптического порта или встроенного считывателя определяет способ считывания показаний и технологию передачи информации в базу данных управляющей компании [2] (табл. 1).

Исходя из особенностей технологий передачи показаний и недостатков внедрения в систему учета коммунальных ресурсов рассмотренных считывателей, предположим, что основной сложностью для установки в одном доме для приборов учета разных поколений и

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №4 2021

разных видов (на газ, энергоресурсы, горячую и холодную воду) является выбор считывателей. Зачастую их установка требует полной замены приборов учета или больших затрат на закупку оборудования, прокладки кабелей, услуг специалиста по обслуживанию автоматизированных систем (табл. 1) [2, 3].

Авторы предлагают собственное техническое решение – универсальный портативный оптический считыватель показаний бытовых приборов учета для всех видов коммунальных ресурсов. При его использовании не будет учитываться разнообразие приборов учета как по видам ресурсов, так и по поколениям, так как источником показаний будет только табло прибора учета. Устройство считывания состоит из камеры для фотографирования табло прибора учета OV2640 на основе платформы ESP32, веб-интерфейса для снятия и оцифровки показаний счетчиков.

Передача распознанных данных осуществляется на сервер управляющей компании по Wi-Fi. Структурная схема устройства и передача информации представлены на рисунке 1.

Аппаратное обеспечение модуля ESP32-sat представлено множеством вариантов, но, исходя из соотношения цена–качество, выбрана модель MB, в состав которой входят: радиоблок Wi-Fi работающий на частоте 2,4 ГГц по стандарту 802.11 b/g/n/e/i и способный работать в режиме точки доступа, имеющий встроенный стек TCP/IP; двухъядерный процессор 32-bit; встроенная камера OV2640 с разрешением 2 MP; встроенные часы реального времени RTS [4].

Микроконтроллер поддерживает язык программирования micro Python, который будет использован для написания программы

распознавания показаний счетчика с фото и отправки в базу данных управляющей компании [5].

В программу будет заложен алгоритм распознавания каждой цифры путем задания её контура на этапе настройки считывателя показаний счетчика с циферблата. Сначала необходимо закрепить считыватель напротив

прибора учета, сделать первую фотографию и по полученному изображению определить пиксельные области, с которых будет определяться каждая цифра по отдельности. Затем программа преобразовывает область изображения так, чтобы цифра на ней была черной, а фон белым для избегания определения теней между цифрами.

Таблица 1 – Устройства считывания показаний для разных типов бытовых приборов учета потребленных коммунальных ресурсов

Тип прибора учета	способ передачи информации с прибора учета	точность	стоимость	Пример устройства считывания	Недостатки устройства считывания
счетчик без выходов, в наличии только циферблат с показаниями	распознавание показаний на мобильном устройстве	+	++	Молекула, Хемтеc, Q-loud, Neckers, АкцентСПС-2	слабое освещение для качественного фото; располагается на приборе учета, передача результата по радиоканалу с малым радиусом действия (установка дополнительных устройств передачи данных)
		+	++	мобильное приложение Pixometer, Anyline	требуемая версия Android 4.0и выше
счетчик с оптическим портом	Через устройства сопряжения оптические	+++	+++	Neckers	Требуется полная замена приборов учета, подключение вручную к каждому прибору учета
Счетчик с импульсным выходом (AMR)	Через коннектор	++	++	Hobby Boards	Требуется полная замена приборов учета, чувствителен к источникам электромагнитных помех, располагается на приборе учета, нуждается в регулярной замене аккумуляторных батарей
Счетчик с интегрированным считывателем (AMI)	GSM/GPRS, USB, интернет	+++	+++	СПТ 947, Энергомера	Требуется полная замена приборов учета, установки дополнительных устройств передачи данных
Счетчик с интерфейсным выходом	проводной интерфейс PLC, xDSL, RSxxx	+++	+++	Меркурий АРМ-Энергетика	Требуется полная замена приборов учета, необходимость прокладки кабелей, установки дополнительных устройств передачи данных
	беспроводная передача Wi-Fi, LpWAN, ZigBee, Bluetooth	+++	+++	Новитек, Saures C1, ВАБИОТ, Zenner, ITELMA	Требуется полная замена приборов учета, установки дополнительных устройств передачи данных, постоянной поддержки специалиста

Используя установленные в micro Python библиотеки Open CV, определяется каждая

цифра показаний счетчика и записывается в массив, затем выводится одним числом в по-

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СЧИТЫВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА

ле результата с отправкой показания вместе с фотографией на сервер управляющей компании. Работающий таким образом универ-

сальный оптический считыватель прост в установке, не требует специальных настроек [5].

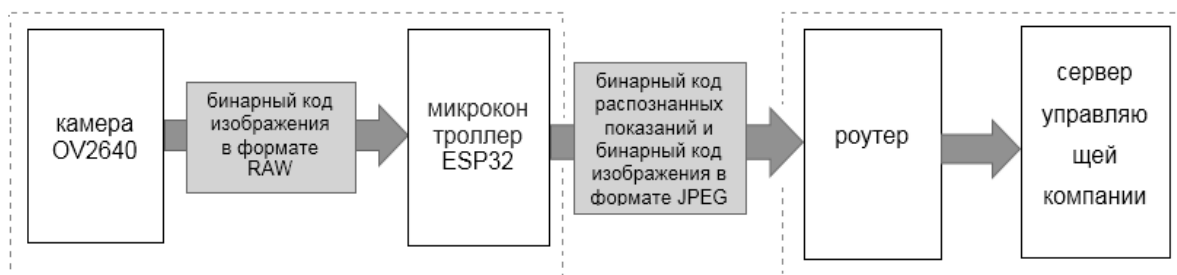


Рисунок 1 – Структурная схема устройства считывания показаний бытовых приборов учета

Таким образом, в работе рассмотрены типы бытовых показателей учета коммунальных ресурсов и соответствующих им считывателей показаний и технологий передачи данных. Предложено использование универсального портативного считывателя показаний бытовых приборов учета для всех видов коммунальных ресурсов. Структурная схема устройства включает в себя камеру для фотографирования табло прибора учета OV2640 на основе платформы ESP32, веб-интерфейс для снятия и оцифровки показаний счетчиков. В дальнейшем планируется написание программы для распознавания показаний по фото табло прибора учета на языке программирования `micro Python`, проверка работоспособности макета устройства.

Внедрение подобных устройств в работу сотрудников управляющих компаний позволит регулярно получать достоверные сведения о потреблении коммунальных ресурсов, о текущем состоянии объектов инженерных коммуникаций (утечки). Развитие системы контроля приборов учета в помещениях с устаревшими показателями учета поможет модернизировать сеть инженерной инфраструктуры, уменьшить потери коммунальных ресурсов потери коммунальных ресурсов с минимальными затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харни, О. Интеллектуальные счетчики как средство повышения эффективности использова-

ния электроэнергии / Остин Харни. – Текст: электронный // Беспроводные технологии. – 2020. – № 2 (19). – С. 54-56. – URL: https://wireless-e.ru/assets/files/pdf/2010_02_54.pdf (дата обращения: 25.10.2021).

2. Колокольникова, А.И. Применение автоматизированных информационных систем в бытовом секторе / А. И. Колокольникова, Д. В. Карнаухов. – Текст: электронный // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2013. – №1.– С.121-131. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-avtomatizirovannyh-informatsionnyh-sistem-v-bytovom-sektore> (дата обращения: 23.10.2021).

3. Якунин, А.Г. Распознавание показаний из фотографий бытовых счетчиков воды и электроэнергии / А.Г. Якунин, А.С. Наздрюхин, А.С. Дунаев. Текст: электронный // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 7. – С. 104-108. – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38142>. (дата обращения: 22.10.2021).

4. ESP32 многофункциональный микроконтроллер со встроенным Wi-Fi и Bluetooth для широкого спектра приложений. – Текст: электронный // Espressif: [сайт]. –URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. (дата обращения 28.10.2021).

5. MicroPython George Robotics Limited: [сайт]. – URL: <https://micropython.org>. (дата обращения: 27.10.2021): Текст: электронный.

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, тел.: (3852) 290-913, e-mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Попов Андрей Александрович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290-913.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ СВОБОДНО ПАДАЮЩИХ МОНЕТ

А. С. Ахмедов, М. В. Гордиенко, А. И. Чадаев, В. С. Афонин

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Показаны возможности применения емкостного преобразователя (ЕП) для определения размеров свободно падающих монет. Приведено устройство макета монетоприемника и описание проведенного эксперимента. Результаты проведенных работ по определению диаметров монет показали возможность использования ЕП для устройства монетоприемника.

Ключевые слова: определения геометрических размеров, емкостный датчик, монетоприемник, измерительная схема.

Введение

Задачи определения геометрических размеров твердотельных частиц в разных сферах приведены в источниках [1–3]. Достаточно часто для решения таких задач применяют оптические методы, обладающие множеством достоинств, но и требующие в реализации довольно сложные и дорогостоящие элементы. Геометрические размеры частиц можно косвенно определять емкостным датчиком. Задача по определению достоинства монеты по ее геометрическим размерам является в достаточной степени актуальной, т.к. системы самообслуживания применяются повсеместно. Благодаря монетоприемникам возможна покупка многих товаров без участия владельца товара, что очень упрощает любой вид деятельности. Такие устройства с помощью датчика регистрируют магнитный/электромагнитный "отклик", сравнивают его параметры с эталонными образцами, и определяют номинал монеты.

Цель работы – оценить возможность применения емкостного датчика в устройстве монетоприемника.

Один из вариантов организации идентификатора монет на основе индуктивного датчика приведен на рисунке 1. Входные импульсы генератора поступают на делитель частоты, с выхода которого импульсы низкой частоты запускают формирователь импульсов тока. Импульсы тока преобразуются катушкой индуктивности в магнитное поле, которое воздействует на монету, перемещающуюся по монетопроводу [4]. Под воздействием магнитного поля в монете возникают вихревые токи, магнитное поле которых наводит в двух съемных катушках, включенных встречно, импульсы тока. Величина и

длительность импульсов являются функцией от материала и положения монеты. Импульсы с выхода катушек поступают на счетчик импульсов и на широтно-импульсный детектор. Количество импульсов на выходе счетчика характеризует диаметр монеты, а ширина импульса на выходе детектора тип материала монеты. Указанные величины поступают на входы исполнительного блока, который управляет работой устройства.

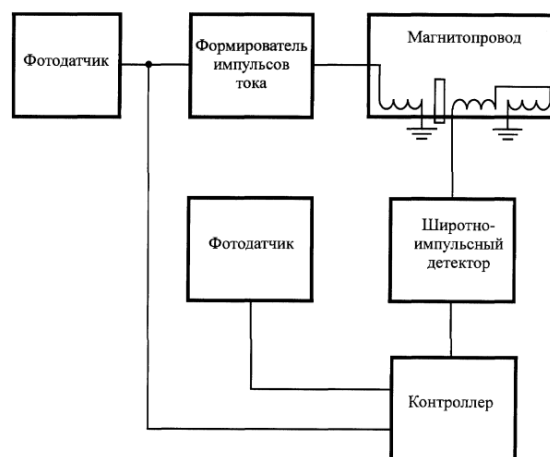


Рисунок 1 – Схема устройства индуктивного монетоприемника

По аналогии с индуктивным и оптическим датчиками, емкостный датчик формирует чувствительную область, размеры которой зависят от размеров и геометрического расположения электродов. Попадая в эту область, монета формирует соответствующий сигнал. Очевидно, что формируемый сигнал будет зависеть от времени, проведенном монетой в чувствительной зоне ЕП. А время, в

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ СВОБОДНО ПАДАЮЩИХ МОНЕТ

свою очередь, связано с геометрическими размерами монеты.

ЕП включает в себя три электрода: потенциальный, измерительный и электрод с нулевым потенциалом (Рисунок 2). ЕП внедряется в монетопровод, который может быть выполнен в виде поллой трубы, в которой под собственным весом перемещается монета. Для устранения электрического контакта между монетой и электродами, последние вынесены на наружную стенку трубы. Вокруг электродов был закреплен экран, для снижения внешних наводок.

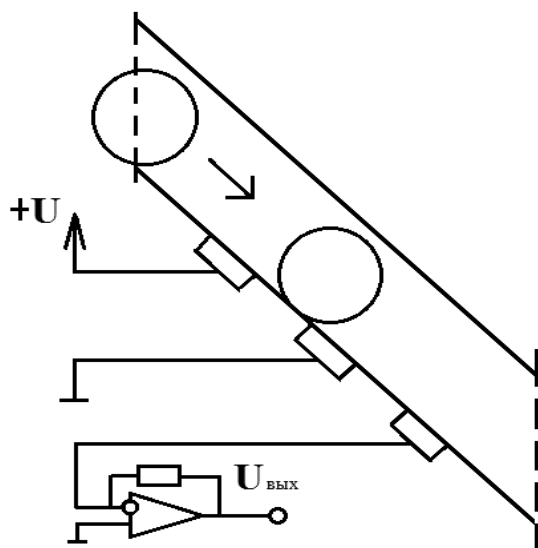


Рисунок 2 – Испытательный макет емкостного монетоприемника

Присутствие монеты в монетоприемнике приводит к изменению электрической емкости и генерированию токового сигнала, который преобразуется в напряжение соответствующим преобразователем. С помощью полученного макета необходимо получить зависимость выходного параметра от размера и материала измеряемой монеты. Для проведения эксперимента требуются регистрирующее устройство и источник опорного напряжения для питания ЕП. Для регистрации сигналов был использован внешний модуль АЦП Е14–440 и персональный компьютер со специальным программным обеспечением PowerGraph. Данное ПО позволяет проводить запись сигналов для дальнейшего воспроизведения и проведения анализа. Для работы в PowerGraph через внешний модуль Е14–440 была скачена и установлена библиотека с драйверами LComr.

Результат эксперимента

Скатывания монет осуществлялись под определенным углом, монеты начинали движение из состояния покоя. Неизменные условия обеспечивали идентичные траектории и скорости движения. Генерируемый сигнал в процессе перемещения монеты в монетопроводе представлен на рисунке 3.

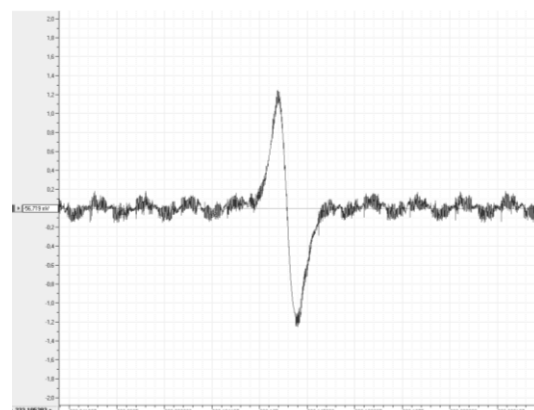


Рисунок 3 – Форма сигнала ЕП в ПО PowerGraph

Экстремумы на графике соответствуют прохождению монеты напротив потенциального и измерительного электрода. Следовательно, расстояние между ними и является основным информационным параметром.

Было выполнено по 10 бросков 4-х номиналов монет, зафиксировано время прохождения монеты, рассчитаны усредненные данные и занесены в таблицу 1. При попадании монеты в электрическое поле каждый сигнал отличался по продолжительности. Время прохождения монеты измеряли от минимума до максимума сигнала.

По данным эксперимента можно утверждать что длительность сигнала каждого номинала монеты коррелируют с ее размерами (таблица 1).

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Номинал монеты	Ср знач t, мс	Коэффициент корреляции Пирсона
10 рублей	11,11	0,904
5 рублей	16,33	
2 рубля	12,33	
1 рубль	9,76	

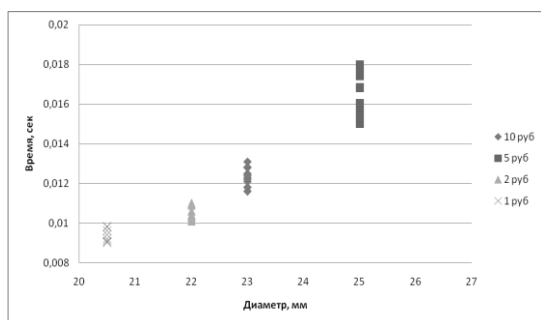


Рисунок 4 – Результаты эксперимента

На рисунке 4 представлена графическая картина результатов эксперимента, по которой можно видеть разброс показаний при повторных измерениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирин, Д.Ю. Определение геометрических размеров частиц окомкованного материала / Д. Ю. Кирин. – Текст непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 12. – С. 160–164.
2. Паутова, А.С. Информационно – измерительная система определения линейных размеров твердых частиц, присутствующих в составе транспортируемой нефти / А.С. Паутова. – Текст непосредственный // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : сборник научных трудов XI-ой Международной науч-

но-данных практической конференции: в 4-х томах, Курск, 19–21 марта 2014 года / Ответственный редактор Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2014. – С. 253–257.

3. Определение состава осадка, выхода меди и размера частиц меди, полученных гидрокарбонильным методом / В. В. Максимов, Т.С. Николаева, А.А. Матеров, Э.Э. Мирзоев. – Текст непосредственный // Химия в нехимическом вузе: материалы Третьей Всероссийской конференции, Москва, 10–12 сентября 2015 года. – Москва: Издательский Дом "Академия Естествознания", 2016. – С. 139–143.

4. Конюхов, Н.Е. Электромагнитные датчики механических величин / Н.Е. Конюхов, Ф.М. Медников, М.Л. Нечаевский. – М.: Машиностроение, 1987. – 254 с. – Текст непосредственный.

Ахмедов Арабжон Салимжонович – студент факультета информационных технологий АлтГТУ им. И.И. Ползунова;

Гордиенко Мария Владимировна – студентка факультета специальных технологий АлтГТУ им. И.И. Ползунова;

Чадаев Александр Игоревич – магистрант факультета информационных технологий АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: alexander.chad@yandex.ru, тел.: 89627979416;

Афонин Вячеслав Сергеевич – к.т.н., доцент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: Afonin_vs@mail.ru.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТИРАЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО АНАЛИЗУ ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев, Д. Е. Пузик

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье приведен процесс идентификации режимов работы стиральной машины при помощи нейронной сети, а также обосновано применение сверточных функций для уменьшения числа данных, требующих анализа, и повышения их информативности.

Ключевые слова: умный дом, нейронные сети, активная и реактивная мощность, стиральная машина, свертка, идентификация устройства.

Контроль режимов работы электрооборудования важен как в производственном процессе, так и в быту. Режимы различаются по характеру и длительности рабочих циклов, по особенностям работы в установившихся режимах.

Номинальным режимом работы считается такой, при котором оборудование может

работать наиболее эффективно на протяжении неограниченного времени. Необходимо также отличать аварийный и доаварийный режимы. Чтобы автоматизировать процесс контроля над электрооборудованием, необходимо определить ключевые особенности каждого из режимов.

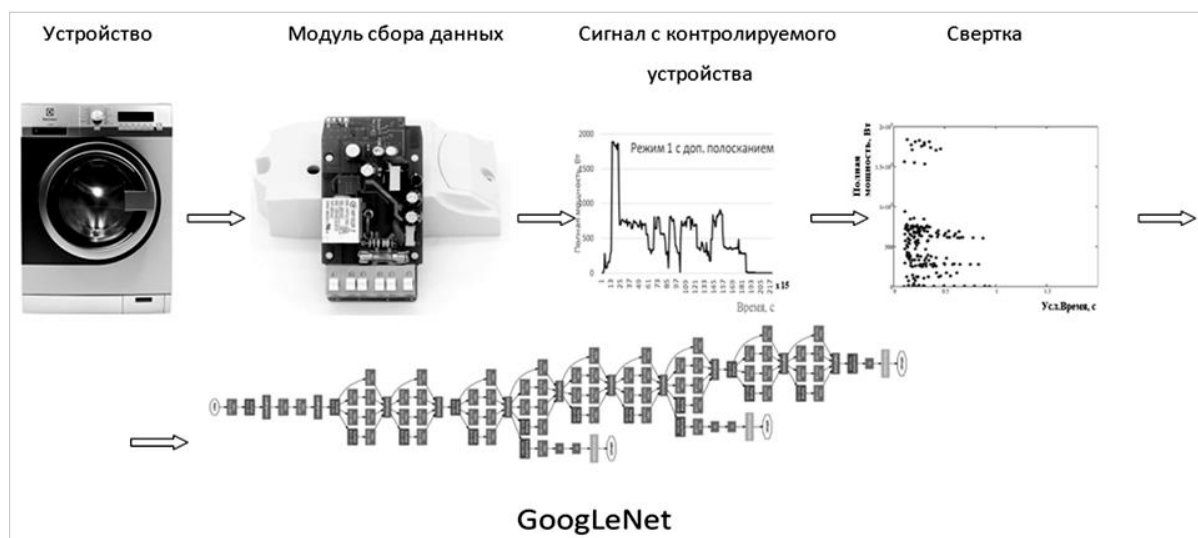


Рисунок 1 – Автоматизация процесса контроля электрооборудования

Используя беспроводной модуль Sonoff POW R2, позволяющий контролировать напряжение и ток в сети, собирались данные о работе стиральной машины в различных режимах и при разной температуре нагрева воды. В процессе исследований была собрана информация о 6 режимах работы устройства. Для дальнейшего анализа использовались данные о полной, активной и реактивной мощности стиральной машины. Всего полу-

чена 31 выборка данных. Для уменьшения числа данных, требующих анализа, и повышения их информативности, использовалась свертка с функцией sin.

Основная задача состояла в том, чтобы зафиксировать изменение электрических параметров устройств в различных режимах работы и построить их индивидуальный «портрет», который позволит однозначно

определить тип устройства и режим работы среди множества иных электроприборов.

Чтобы обеспечить процесс автоматизированного контроля электрооборудования, обучали нейронную сеть – классификатор [1,2,3]. Нейросеть основана на архитектуре GoogleNet с применением открытой библиотеки от Google – TensorFlow.

В качестве обучающей выборки использовались картинки различных режимов работы устройства, на которых были изображены графики полной, активной и реактивной мощности, представляющие свертки с функцией \sin . Общее число изображений – более 500. При тестировании обученной нейронной сети на ее вход подавалось изображение, которое не участвовало в обучении.

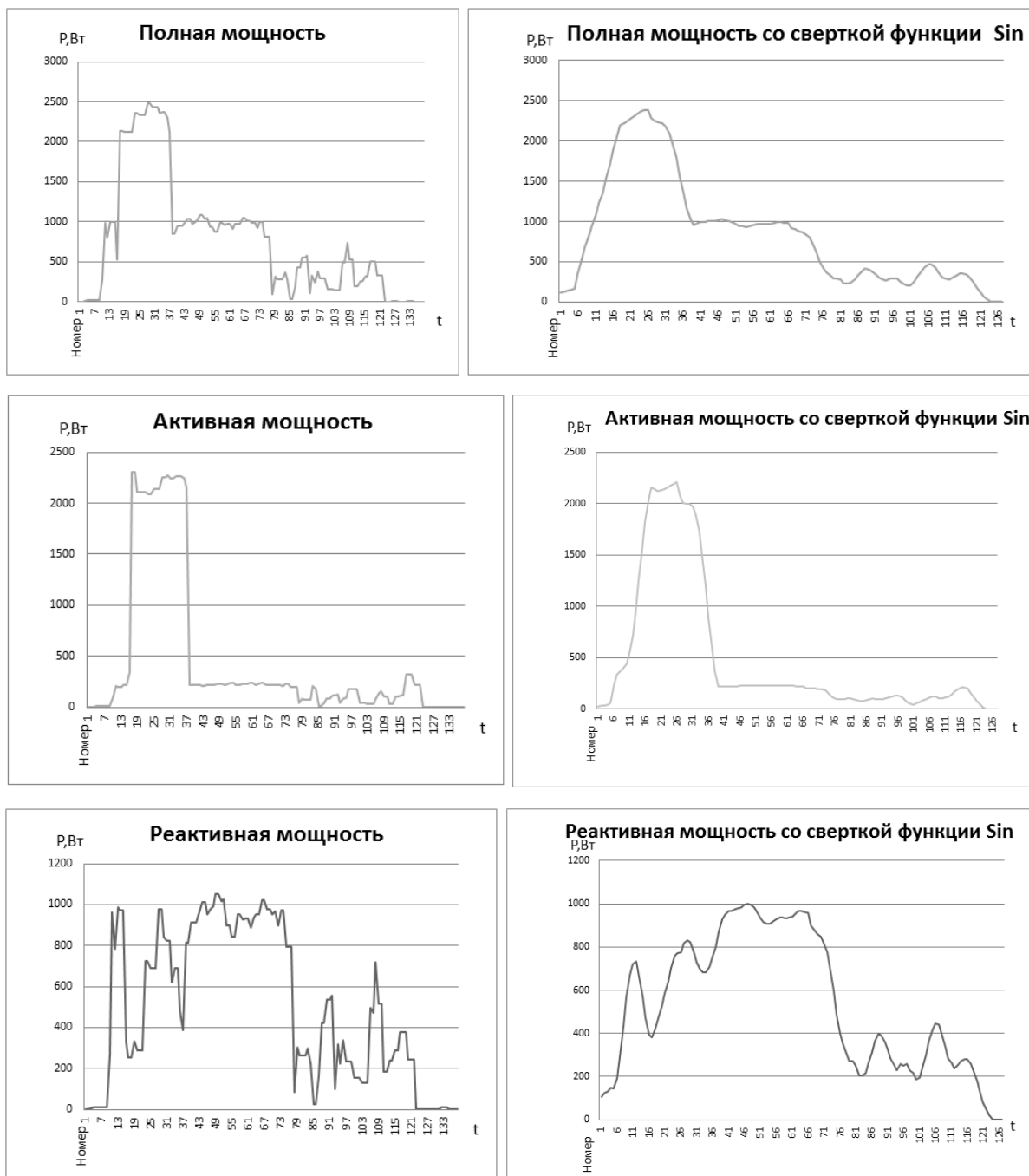


Рисунок 2 – Графики мощности, полученные при анализе работы устройства и их свертки с функцией \sin

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТИРАЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО АНАЛИЗУ ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В результате проведенного обучения получена структура нейронной сети, которая позволяет идентифицировать режим работы стиральной машины с вероятностью более 90%. Следующим этапом является моделирование неисправностей и их определение при помощи нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галушкин, А.И. Нейронные сети: основы теории / А.И. Галушкин. – Москва: Горячая линия–Телеком, 2017. – 496 с. – ISBN 978–5–9912–0082–0. – Текст: электронный // Лань: электронно–библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/111043> (дата обращения: 21.10.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Аллен, Б.Д. Think DSP. Цифровая обработка сигналов на Python / Б.Д. Аллен; перевод с английского А.Э. Брядинский. – Москва: ДМК Пресс, 2017. – 160 с. – ISBN 978–5–97060–454–0. – Текст: электронный // Лань: электронно–библиотечная

система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/93566> (дата обращения: 21.10.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гласснер, Э. Глубокое обучение без математики. Том 2. Практика : руководство / Э. Гласснер ; перевод с английского В.А. Яроцкого. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 610 с. – ISBN 978–5–97060–767–1. – Текст: электронный // Лань: электронно–библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/131710> (дата обращения: 21.10.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кривобокоев Дмитрий Евгеньевич – канд. техн. наук каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru;

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290913, e-mail: danielapuzik16@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе рассмотрены причины образования бензапирена в растительном масле на технологических этапах его производства. Выявлена причина образования бензапирена в растительном масле – это нарушение технологии производства растительного масла при горячем прессовании и гидратировании. Выполнена пробоподготовка образцов ряда рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства.

Ключевые слова: бензапирен, канцероген, растительное масло, прессование, рафинация, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, пробоподготовка.

Являясь соединением–биоаккумулянтом, бенз(а)пирен оказывает канцерогенное и мутагенное воздействие на организм человека, проникая внутрь через кожу, дыхание, с водой и пищей. При несоблюдении требований технологического процесса производства растительного масла при переработке семян в растительном масле образуется бензапирен, переходящий в пищевые продукты [1, 2].

Цель работы – исследовать причины появления бенз(а)пирена в растительном масле методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

В зависимости от способа извлечения сырья, степени очистки и технологической обработки растительного масла получаемый продукт подразделяют на следующие виды: нерафинированное растительное масло, гидратированное растительное масло, рафинированное и дезодорированное растительное масло. Рассмотрим технологические этапы и возможные причины появления бенз(а)пирена на каждом этапе технологического процесса.

Нерафинированное масло (сырое масло) получают путем отжима или отжима с подогревом масличного материала. Технология холодного прессования не является причиной для образования канцерогенов в растительном масле. Горячий отжим – процесс предварительного нагревания семян для получения больших объемов масла (до 30–50% в зависимости от температуры прогревания мятки семян). Недобросовестные производители

для большей выработки масла нагревают сырье выше 100°C, используя неоднократное прессование. Подобное нарушение технологии производства влечет за собой образование бенз(а)пирена в растительном масле на этапе прессования. Самым эффективным по выработке способом получения масла из сырья является экстракция мятки семян. Сырье смешивают с растворителями типа экстракционного бензина. Из полученной эмульсии после выпаривания бензина (гидратирование) и фильтрации можно получить до 95% растительного масла, при этом нет гарантии, что вредные вещества после нагрева сырья и экстракции бензином извлечены полностью. Таким образом, нарушение технологии производства гидратированного масла влечет за собой наличие не только бензапирена в составе продукта, но и других опасных для здоровья веществ (рисунок 1) [3, 4].

Поскольку жидкостная хроматография показала значительные преимущества перед другими методами обнаружения малообильных аналитов в сложных образцах исследуемых продуктов, то для исследования растительных масел разных производителей в работе предпочтителен метод высокоэффективной жидкостной хроматографии. Его особенностями являются упрощенная пробоподготовка по сравнению с методами анализа ГХ/МС, меньший риск разложения высокомолекулярных аналитов при температуре окружающей среды, селективность и чувствительность последовательного флуоресцентного и УФ–детектирования [1].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА
В РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ
ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

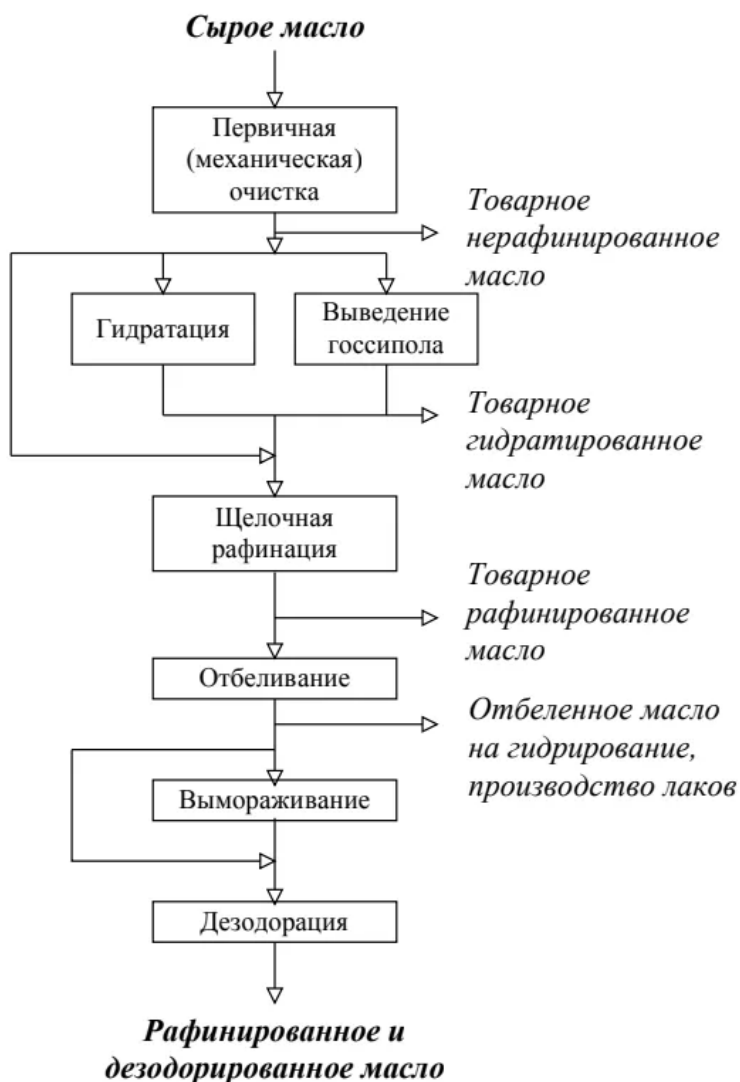


Рисунок1 – Этапы очистки и виды получаемого растительного масла

Для проведения исследований выбрано несколько видов рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства: «Благо», нерафинированное, высший сорт; «Слобода», нерафинированное, первый сорт; «Россиянка», нерафинированное, первый сорт; «Золотая семечка», рафинированное, высший сорт; ТМ «Затяя», рафинированное, первый сорт.

При выполнении пробоподготовки использованы следующие оборудование и материалы: весы аналитические, обратный, холодильник, мерные колбы вместимостью 25 и 100 см³, мерный цилиндр с притертой пробкой (объем 1 л), колбы плоскодонные и круглодонные конические, делительная воронка вместимостью 2 л, осушитель, испаритель роторный, холодильник бытовой, водоструйный насос, рН–метр, вода бидистиллированная 50 мл, проба масла 5 г, этиловый спирт

(96%) 30 г, гидроксид калия КОН 3 г, гексан х.ч., натрий хлористый 15 г, сернистый натрий 15 г [5].

На подготовительном этапе согласно методике производится подготовка рабочего раствора этилового спирта и гидроксида калия с помощью экзотермической реакции (15–20 минут, 30–350С). При нагревании на водяной бане с температурой с использованием обратного холодильника (для удержания этилового спирта) получают раствор жидкого мыла с бенз(а)пиреном. Нагрев продолжается до достижения смеси рН=5,5.

Далее полученный раствор охлаждают, доводят водой бидистиллированной до необходимого объема и помещают в делительную воронку. После добавления гексана жидкости перемешиваются специальным оборудованием в течение 4–5 минут, вследствие чего содержимое делительной воронки разделя-

ется на две фазы: жидкое мыло с осадком и смесь гексана с бенз(а)пиреном (рисунок 2). После появления границы раздела двух фаз удаляют нижний слой щелочи. Для исключения потерь бензапирена в перегонной колбе, она ополаскивается гексаном, полученная жидкость также помещается в мерную колбу. Для уменьшения потерь исследуемого вещества после отделения водного слоя от смеси гексана и бензапирена водный слой смешивается еще с 10 мл гексана и после расслаивания отделяется от раствора гексана. Гексановые экстракты сливаются в колбу объемом 50 мл, после чего раствор пропускается через фильтр, состоящий из порошкообразных растворов оксида алюминия и сульфата натрия, для удаления остаточной влаги, и отгонка гексана до концентрированного объема 1,5–2 мл.

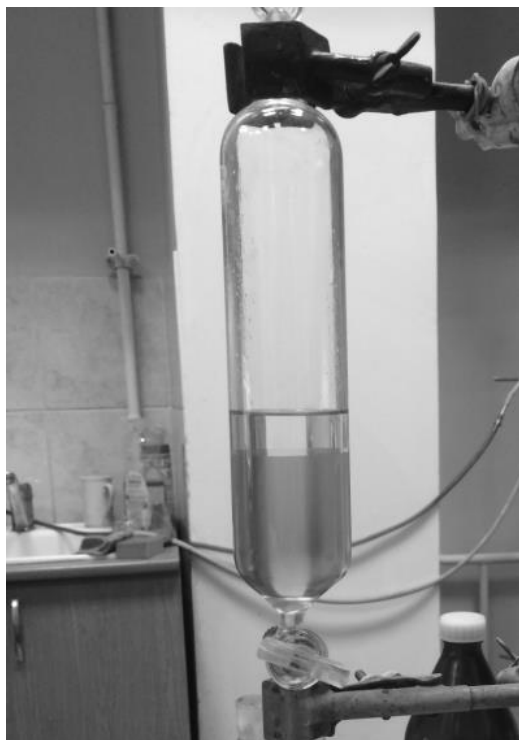


Рисунок3 – Граница раздела двух фаз при пробоподготовке

Полученную концентрированную, отфильтрованную пробу выпаривают до сухого остатка в сушильном шкафу при 65–70°C (рисунок 3).

Проведен первый этап исследовательской работы – пробоподготовка ряда рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства в химической лаборатории кафедры «Хими-

ческая техника и инженерная экология» АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

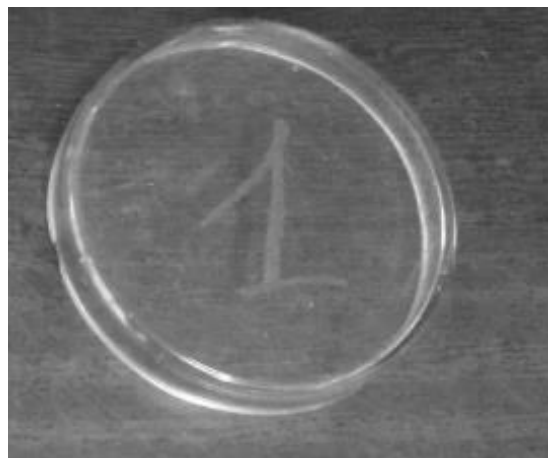


Рисунок4 – Сухой остаток в чаше Петри для хроматографического анализа

Дальнейший этап исследования будет проведен в лаборатории кафедры «Информационных технологий» АлтГТУ, который включает в себя следующие операции: градуировку хроматографа, разделение пробы, регистрацию сигнала компонентов с использованием флуоресцентного детектора, идентификацию пика бенз(а)пирена на хроматограмме по времени удерживания, расчет массовой доли бенз(а)пирена в пробе масла с использованием градуировочной зависимости [4].

Таким образом, в работе выявлена причина образования бензапирена в растительном масле – нарушение технологии производства растительного масла на этапе горячего прессования и гидратирования. Для исследования образцов растительного масла определен метод высокоэффективной жидкостной хроматографии. Выполнена пробоподготовка образцов ряда рафинированного и нерафинированного растительного масла отечественного производства, включая щелочной гидролиз, экстракцию бенз(а)пирена гексаном из пробы, очистку пробы и концентрирование экстракта. Дальнейший этап исследования будет проведен в лаборатории кафедры «Информационных технологий» АлтГТУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надвоцкая, В.В. Обзор методов измерения массовой концентрации бенз(а)пирена в пищевых продуктах / В.В. Надвоцкая, Е.А. Енгибарян. – Текст: электронный// Программно–техническое

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

обеспечение автоматизированных систем: материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции (16 декабря 2020 г., Барнаул); под ред. А. Г. Якунина. – 2020. – С.52–55.–URL:

https://journal.altstu.ru/konf_2020/2021_1/77/ (дата обращения: 27.09.2021).

2. Хесина, А.Я. Физико-химические исследования канцерогенов в загрязнениях окружающей среды / А.Я. Хесина, С.С. Левинский, Л.В. Кривошеева, И.А. Хитрово. – Текст: электронный // Вестн. РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. 1999. №1. – С. 8–16. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-issledovaniya-kantserogenov-v-zagryazneniyah-okruzhayuschey-sredu> (дата обращения: 13.09.2021).

3. ГОСТ Р 51650–2000 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена издание официальное : утверждено и введено в действие Постановлением Госстандарта России от 3 октября 2000 г. N 247–ст: дата введения 2001–07–01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 16 с.– Текст: непосредственный.

4. М 04–15–2009 «Продукты пищевые и продовольственное сырье, БАД. Методика измерений массовой доли бенз(а)пирена методом ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа “ЛЮМАХРОМ®” (изд. 2014 г.)– Текст : электронный// ООО «Люмэкс–маркетинг» 2001–2021 : [сайт]. 2021. – URL: https://www.lumex.ru/metodics/20ARU02.08.01-1_BaP_food.pdf (дата обращения: 13.09.2021).

5. Надвоцкая, В.В. Экстракция бенз(а)пирена из проб воды для исследования методом ВЭЖХ / В.В. Надвоцкая, О.М. Горелова, Т.В. Котлубовская, А.Г. Шапоренко, А.А. Андреева. – Текст: электронный// Ползуновский альманах: электронный журнал. – 2019. – №4. – С.77–80. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42355488> (дата обращения: 27.09.2021).

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, тел.: (3852) 290–913, e-mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Енгибарян Егор Аликович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290–913.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САМ–ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ИЗДЕЛИЯ МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ

А. А. Чепуштанов, А. В. Краснов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена оптимизации выбора программного обеспечения для подготовки производства объектов приборостроения методом морфологического анализа. Приводятся результаты оптимизации для предприятий категории «средние».

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, оптимизация, метод морфологических таблиц.

Начиная с первых этапов и до настоящего времени CALS (Computer Aided Logistic Support)–технологии и CALS–системы значительно расширили поле своей деятельности от основных отраслей машиностроения, строительства, приборостроения и т.д. до областей разработки проектов наукоемких производств. И если изначально применение ограничивалось производством и эксплуатацией, то впоследствии концепция действовала на всех стадиях жизненного цикла продукции – от анализа рынка до процесса утилизации по причине физического или морального износа. Как следствие, проведение оптимизации, даже на одном из этапов, позволит сократить затраты на жизненный цикл, даже если влияние это будет не так заметно, но оно все–таки будет присутствовать.

Все выше изложенное, обосновало цель работы: исследование и оптимизация САМ (Computer Aided Manufacturing)– технологий для автоматизации технологической подготовки производства, в данном случае объектов приборостроения в жизненном цикле.

Для этого необходимо решить ряд задач: исследовать жизненный цикл; исследовать CALS–технологии; выполнить обзор программного обеспечения САМ; рассмотреть виды оптимизации; провести оптимизацию программного обеспечения САМ для малых, средних и крупных предприятий; представить результаты исследования.

CALS – технологии, реорганизуя деятельность предпринимательскую деятельность, дают возможность внедрить параллельный инжиниринг и наладить электронный обмен данными между множеством пользователей. Эта реорганизация создает интегрированную ло-

гистическую поддержку, основанную на международных стандартах [1].

Программное обеспечение САМ делится на два вида: автономные САМ и интегрированные САМ. В данной работе обзор ПО не разделяется. В мире насчитывается более 60 программных продуктов ориентированных на САМ, из них значительная часть имеет международное признание. Примерно 20 программ используются на российском рынке.

Под оптимизацией понимается поиск одного наилучшего решения из множества альтернативных, которое удовлетворит потребности каждого. В большинстве случаев такой выбор происходит путем сравнения различных альтернатив по нескольким критериям, что приводит к решению задачи оптимизации.

Классические методы оптимизации: метод наименьших квадратов; метод дифференциального исчисления; метод морфологических таблиц.

В работе использован морфологический анализ. Данный метод предоставляет значительное расширение области поиска возможных решений задач. Метод основан на предложении альтернативных решений для отдельных частей или же морфологических признаков с последующим получением их комбинаций.

Морфологический анализ удобно проводить с использованием морфологических таблиц. Из–за сопоставления вариантов в таблице создается иллюзия автоматизма метода. Однако его эвристическая природа существенна и зависит от субъективных факторов таких как:

– интуитивного выделения узлов и их признаков из–за неуверенности, что учтены все возможные или перспективные узлы;

**АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САМ–ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ИЗДЕЛИЯ
МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ**

– определенного решения, которое является результатом анализа рассмотренных сопоставлений.

Данная исследовательская работа оптимизации использования программного обеспечения для САМ– систем выполнена для предприятий категорий «малые», «средние» и «крупные» в номинациях – механические устройства, электронные устройства, опто–электронные устройства. В рамках статьи приведены данные для средних предприятий, которые создают электронные устройства. Средние предприятия в отличие от малых уже имеют свою стабильную техническую базу в виде станочного цеха.

Таблица 1 – Морфологическая таблица

Критерии выбора	Fusion 360	Gamma 3D	MasterCAM	SprutCAM	PowerMILL
Поддержка различных форматов	+	+	+	–	–
Наличие шаблонов постпроцессоров	+	+	+	+	+
Поддержка пользователей	–	+	+	+	+
Стоимость	+	+	–	±	±
Порог вхождения	+	±	+	+	+
Фрезерование	+	+	+	+	+
Точение	+	+	+	+	+
Сверление	+	+	+	+	+
3–х осевое фрезерование	+	+	+	+	+
Дружелюбность интерфейса	+	–	+	+	+
Поддержка gerber файлов	–	–	–	–	–
	9	8,5	9	8,5	8,5

По результатам оптимизации составлена таблица 2. «Плюсами» отмечены соответствия выбранным критериям. В ней перечислены критерии, которым программа должна идеально соответствовать, либо быть максимально приближенной. В результате исследования выявлено, что под выделенные критерии полностью не подходит ни одна программа. Более близкими программами являются Fusion 360 и MasterCAM. В Fusion 360 минусом является опция «Поддержка пользователей», т.е. программа не русифицирована,

но это компенсируется довольно дружелюбным интерфейсом. С другой стороны, MasterCAM полностью русифицирована и имеет дружелюбный интерфейс. В MasterCAM минусом является «Стоимость», так как за лицензию необходимо заплатить минимум 12000 евро (курс евро на 14.04.21 составляет 91,92), что в российском эквиваленте равно 1103040 млн. рублей. За Fusion 360 за годовую подписку необходимо будет заплатить 495 долларов (курс доллара на 14.04.21 составляет 77,25), что в рублях составит 38238,75. Из анализа следует вывод, что MasterCAM экономически не целесообразен в отличие от Fusion 360. Минусом обеих программ является неспособность работать с gerber файлами. В данных программах не реализована возможность фрезеровки и сверловки печатных плат. Такой возможностью обладает ArtCAM, но эта программа не так популярна на российских предприятиях. В результате можно сделать субъективный вывод. Рекомендовать Fusion 360 как экономически более целесообразную программу, освоение которой не представляет особых трудностей, особенно при адаптации в HSMWorks или Inventor.

Таблица 2 – Результаты оптимизации

Поддержка различных форматов	+
Наличие шаблонов постпроцессоров	+
Поддержка пользователей	+
Стоимость	+
Порог вхождения	+
Фрезерование	+
Точение	+
Сверление	+
3–х осевое фрезерование	+
Дружелюбность интерфейса	+
Поддержка gerber файлов	+

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Норенков, И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких технологий. CALS–технологии. [Текст]: / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик – М.: Изд–во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

Чепуштанов Александр Александрович – к.т.н., доцент, тел. 8 (3852) 290913;
Краснов Александр Владимирович – магистрант кафедры ИТ, тел. 8 (3852) 290913.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ДАТЧИКАХ БЛИЗОСТИ

Е. М. Патрушев, А. С. Лазарев

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрены существующие виды датчиков близости и методы измерения расстояния, проведен сравнительный анализ устройств. Почти все датчики объединяет влияние на точность измерений наличие перекрестных помех, появляющихся при использовании нескольких близко расположенных аналогичных устройств. Авторами предлагается использование в датчиках случайных сигналов, получаемых с помощью генератора хаоса. Актуальной задачей становится разработка коррелометра для датчика на основе генератора хаоса.

Ключевые слова: датчик близости, методы измерения расстояния, инфракрасное излучение, лазерный луч, ультразвук, электромагнитное излучение, перекрестные помехи, генератор хаоса, коррелометр

В настоящее время большое распространение получили датчики близости – они применяются в автомобилях, смартфонах, на промышленных производствах, при строительстве зданий. Существуют различные методы измерения расстояния в подобных датчиках: оптический, ультразвуковой, лазерный и т.д.

Цель работы – рассмотреть и выполнить сравнительный анализ различных технологий измерения расстояния в датчиках близости.

Датчик близости — специальное устройство, используемое для измерения расстояния до какого-либо объекта, в большинстве случаев неконтролируемого. В настоящее время существуют следующие технологии измерения расстояния в датчиках: ИК, лазерная, ультразвуковая, радарная.

Инфракрасный датчик близости, представленный на рисунке 1, содержит инфракрасный светодиод (LED), испускающий через линзу узкий световой луч в виде коротких импульсов, вид которых представлен на рисунке 2.

Выпущенный луч отражается от объекта и через вторую линзу поступает на позиционно-чувствительный фотозаэлемент (PSD) (рисунок 3). Проводимость фотозаэлемента зависит от места попадания на него светового луча. Полученное значение проводимости преобразуется в напряжение, оцифровывается аналого-цифровым преобразователем и поступает на вычислительный блок, где преобразуется в значение расстояния [1].



Рисунок 1 – Инфракрасный датчик близости Sharp GP2Y0A02YK0F [1]

Достоинства инфракрасных датчиков близости:

- точность регулировки луча;
- полная безопасность для здоровья;

Недостатки:

- влияние осадков на точность датчика;
- невысокий диапазон рабочих температур;
- неспособность реагировать на объекты, которые не отражают ИК излучение;
- неспособность работать в условиях перекрестных помех с аналогичными датчиками.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДАТЧИКАХ БЛИЗОСТИ

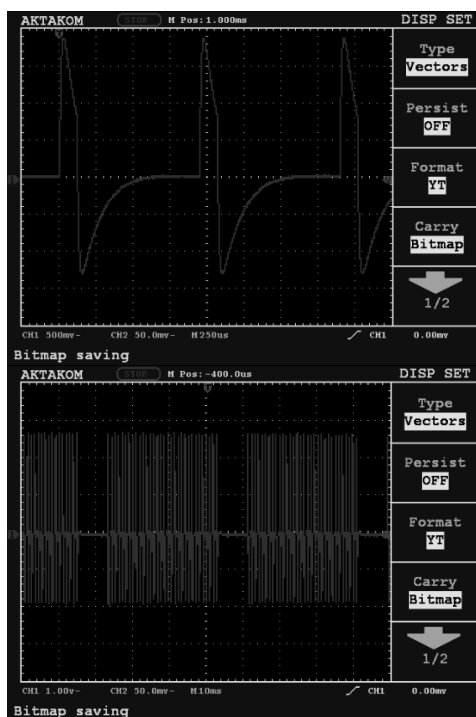


Рисунок 2 – Вид импульсов, испускаемых ИК датчиком

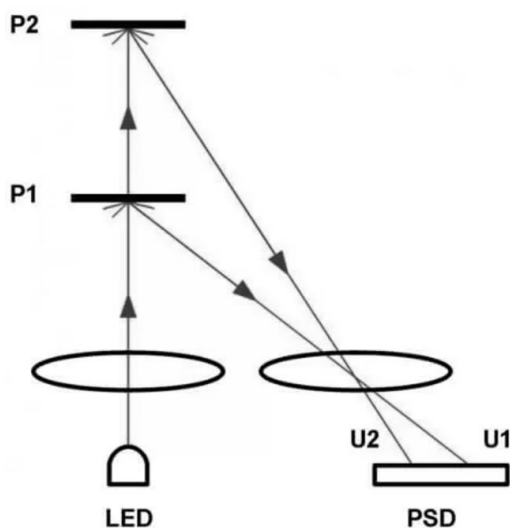


Рисунок 3 – Схема прохождения инфракрасного луча [1]

Принцип работы лазерного датчика близости, представленного на рисунке 4, похож на принцип работы ИК датчика. Метод измерения расстояния до объекта в приборе построен по принципу лазерной триангуляции (рисунок 5). Преимуществом лазерного луча перед обычным светом является высокая параллельность пучка [3].



Рисунок 4 – Лазерный датчик близости Laser Sensor [2]

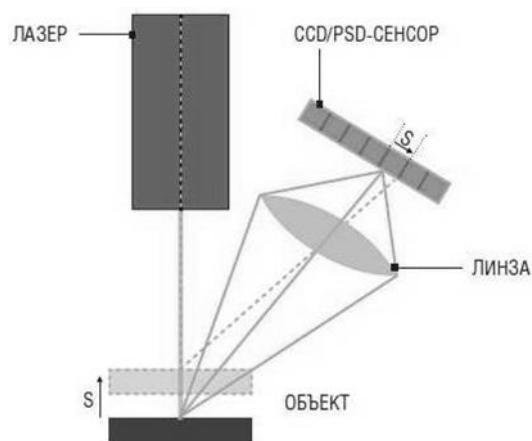


Рисунок 5 – Принцип оптической (лазерной) триангуляции в лазерном датчике [2]

В большинстве случаев поверхность исследуемого объекта имеет неровности, от которых выпущенный луч отражается и попадет в приемник, вне зависимости от положения предмета в пространстве. Угол падения луча на приемник и, соответственно, положение лазера на чувствительном элементе зависит от расстояния до исследуемого объекта. Вычислительный блок считывает сигнал с приемника и определяет точный угол падения луча на фотодиодную линейку [2].

На точность лазерного датчика близости влияют факторы окружающей среды, такие как пыль, температура, прямой свет. Резкие движения исследуемого объекта ухудшают точность измерений. Датчиком достаточно сложно измерить расстояние до черных тел, так как они поглощают большую часть измерительного излучения, и невозможно выполнить измерения до зеркальных и прозрачных объектов, так как луч либо не отражается обратно на приемник, либо проходит сквозь объект [2].

Достоинства лазерных датчиков близости:

- измерительный диапазон может достигать 250 метров;
- неизменная точность измерений во всём рабочем диапазоне;
- возможность измерять расстояние до объектов, имеющих небольшие размеры.

Недостатки:

- затруднена работа в условиях сильной внешней засветки;
- невозможность измерить расстояние до прозрачных и зеркальных объектов.

Ультразвуковой датчик близости, представленный на рисунке 6, имеет передатчик и приемник. Передатчик излучает звуковые колебания частотой выше 20 кГц, которые отражаются от твердого объекта и попадают на приемник датчика. Электронная схема подсчитывает расстояние до объекта согласно следующей формуле [3]:

$$R = \frac{tc}{2},$$

где R – искомое расстояние, t – промежуток времени между отправкой и приемом ультразвуковой волны, c – скорость звука.



Рисунок 6 – Ультразвуковой датчик близости HC-SR04 [3]

Достоинства ультразвуковых датчиков близости:

- измерение расстояний до объектов, пропускающих свет.

Недостатки:

- рассеивание звуковых волн делает невозможным работу прибора для определения расстояния до объектов, удалённых более чем на 20–25 метров;
- относительно невысокая точность измерений;
- контролируемый объект должен быть достаточно большим и обеспечивать заметное отражение звука;

- влияние на точность измерений перекрестных помех при использовании нескольких близкорасположенных датчиков.

Пример микроволнового (радарного) датчика близости представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Радарный датчик близости LPR-1D24 [4]

Радарные датчики работают по принципу эхо-локации. Они излучают электромагнитный сигнал частотой в несколько десятков гигагерц. Отразившись от объекта, сигнал поступает обратно на прибор. Микропроцессорный блок рассчитывает расстояние исходя из времени распространения радиоволны от антенны до объекта и обратно. Данная технология реализована двумя методами.

Импульсные радарные датчики используют в своей работе метод измерения времени от излучения импульса передатчиком до его отражения от контролируемого материала и возвращения обратно на приемник датчика [4].

В радарных датчиках также может использоваться непрерывно модулированное по частоте радиоизлучение (FMCW) (рисунок 8).

Передатчик испускает ЛЧМ электромагнитный сигнал, который отражается от объекта и возвращается обратно на приемник. Излученный и отраженный сигналы перемножаются и образуется сигнал, частота которого равна разности частот излученного и отраженного сигналов и пропорциональна расстоянию от датчика до объекта. Полученный сигнал обрабатывается в вычислительном блоке устройства, где происходит точное определение частоты и её пересчет в значении расстояния [4].

Радарные (микроволновые) датчики являются самыми дорогими и сложными в производстве из всех вышеперечисленных датчиков. Их преимущество заключается в высокой точности и скорости измерений, а также в

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДАТЧИКАХ БЛИЗОСТИ

том, что на работу устройства не влияют факторы окружающей среды, такие как пыль, температура, давление, влажность, свет, звуковые колебания. Недостаток датчика заключается во влиянии на точность измерений наличия электромагнитных помех. Поэтому

данные устройства нельзя использовать в помещениях, на производствах, где присутствует сильный электромагнитный фон от приборов, в частности других радарных датчиков близости, которые создают перекрестные помехи.

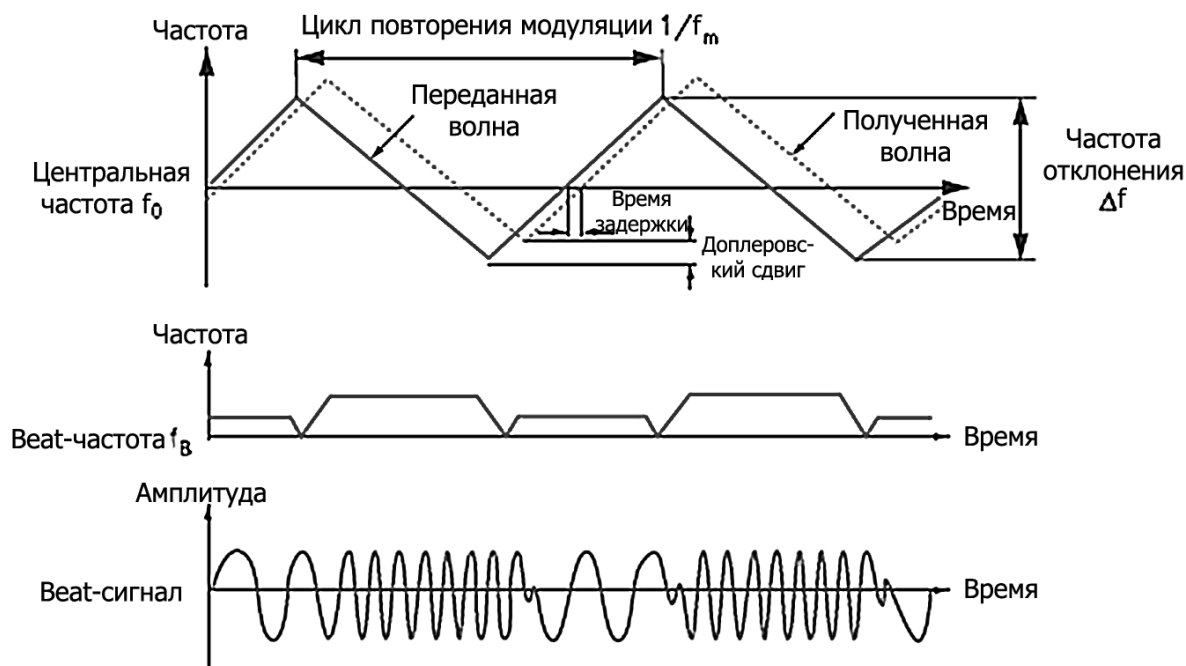


Рисунок 8 – Модулирование несущей частоты треугольной волной в FMCW радарх [5]

Рассмотренные датчики близости обладают различными технологиями измерения расстояния. В их основе лежат методы оптической триангуляции, измерение времени прохождения сигнала, использование линейной частотной модуляции. Все рассмотренные устройства объединяет применение детерминированных сигналов для измерения расстояния, поэтому при использовании нескольких аналогичных датчиков на небольшом расстоянии возникают перекрестные помехи, сильно ухудшающие работу приборов. Перспектива развития бесконтактного измерения расстояния состоит в улучшении помехоустойчивости датчиков близости к перекрестным помехам. Повышение помехоустойчивости возможно при использовании недетерминированных сигналов в качестве измерительного излучения. Такие сигналы можно получить с помощью генератора хаоса. Так как сигнал, излучаемый датчиком, хаотический, он не будет коррелировать с сигналами от ближайших аналогичных датчиков, и, следовательно, влияние на их работу будет минимально [6].

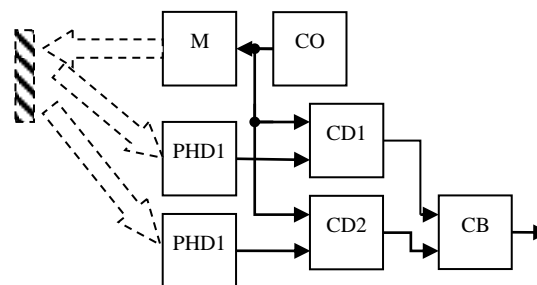


Рисунок 8 – Структурная схема фотоэлектрического датчика близости на основе задающего хаотического генератора. На схеме условно обозначены CO – генератор хаоса, M – модулятор ИК излучения, PHD1, PHD2 – позиционно чувствительные фотодетекторы, CD1, CD2 – когерентные обнаружители, CB – блок вычисления

Представленный на рисунке 8 вариант датчика использует в своей основе триангуляционный метод, а благодаря использованию генератора хаоса в качестве задающего элемента свободен от проблемы перекрестных помех. Тем не менее, остальные недо-

статки датчиков триангуляционного типа сохраняются.

Построение датчиков, основанных на измерении времени распространения излучаемого сигнала в среде также возможно осуществить на основе генератора хаоса. Действительно, наличие случайного сигнала, временная реализация которого является ортогональной к сигналам любого другого аналогичного генератора, позволяет нескольким подобным устройствам работать, не мешая друг другу. Однако определение времени распространения случайного сигнала в среде требует реализации корреляционной техники в датчике. В частности, потребуется коррелометр, определяющий взаимную корреляционную функцию (ВКФ) излучаемого и принятого сигналов. Использование современной элементной базы позволяет реализовать коррелометр достаточно просто, например на микроконтроллере. Действительно, для измерения расстояния не требуется высокой точности определения ВКФ, важно лишь нахождение её максимума. Такая реализация может быть упрощена до использования знакового коррелометра реального времени, реализуемого программно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов, В.В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенин. – Москва: Логос, 2004. – 454 с. – Текст: непосредственный.
2. Гужов, В.И. Методы измерения 3D-профиля объектов. Контактные, триангуляционные системы и методы структурированного освещения: Учебное пособие / В.И. Гужов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 82 с. – Текст: непосредственный.
3. Ураксеев, М.А. Акустооптические Датчики Физических Величин / М.А. Ураксеев, К.В. Важаев. – Москва: Наука, 2008. – 112 с. – Текст: непосредственный.
4. Либерман, В.В. Измерение уровня с помощью радарных уровнемеров / В.В. Либерман. – Текст: непосредственный. // Автоматизация в промышленности. – 2009. – №6. – С. 30–40.
5. Датчики. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Часть 6. Радары. – Текст: электронный // Компоненты и технологии: [сайт]. – URL: <https://kit-e.ru/sensor/aktualnye-tehnologii-chast-6-radary/>. (дата обращения 05.11.2021).
6. Патрушев, Е.М. Экспериментальное исследование лазерного датчика близости на основе генератора хаоса / Е.М. Патрушев. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2020. – №4 – С. 4–12.

Патрушев Егор Михайлович – кандидат технических наук, доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: attractor@list.ru;

Лазарев Александр Сергеевич – магистрант, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: sanchez09226@gmail.com.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. В. Котлубовская, А. А. Красилов, С. В. Горенков, А. А. Калашников

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена разработке системы автоматизированного контроля маркировки продукции производственного предприятия. Определён состав программно-аппаратных средств, необходимых для разработки системы автоматизированного контроля маркировки продукции, разработана функциональная схема системы, описан принцип работы системы, создано программное обеспечение.

Ключевые слова: система автоматизированного контроля, тензометрические весы, маркировка продукции, ленточный конвейер, аппаратно-программная платформа Arduino UNO R3, микроконтроллер ATmega 328 P.

В настоящее время в различных областях промышленности внедряют системы автоматизированного контроля качества продукции. На последнем этапе производственного цикла выпускаемая продукция должна маркироваться. Маркировка продукции подразумевает идентификацию каждой единицы товара путём присвоения уникальных цифровых кодов, защищённых криптографией. Использование таких систем позволяет государству, бизнесу и потребителю контролировать путь любого товара от производителя до конечного покупателя, противодействуя его незаконному обороту.

Вышеизложенное послужило основанием для постановки цели работы: "Разработать систему автоматизированного контроля маркировки продукции производственного предприятия".

Маркировать продукцию можно различными способами, классификация которых приведена на рисунке 1 [1].

Проанализировав общие принципы работы маркираторов, их достоинства и недостатки, для реализации цели работы решено использовать способ маркировки автоматическим аппликатором, обеспечивающим высокую скорость и точность нанесения маркировки в условиях непрерывной работы производственного конвейера.

Функциональная схема разрабатываемой системы представлена на рисунке 2.

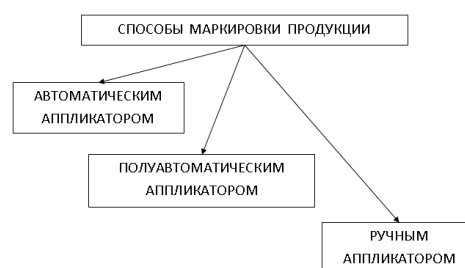


Рисунок 1 – Классификация способов маркировки

Рассматривается упаковочная линия канцелярской продукции (пачки бумаги для принтера, упакованные в коробки), на которой происходит наклейка этикетки со штрих-кодом.

Управление работой системы осуществляется на базе платы Arduino UNO R3 с микроконтроллером ATmega 328 P. К плате дополнительно установлен конвертер порта RS-232 MAX3232.

В качестве персонального компьютера использован моноблок Acer aspire C22-820.

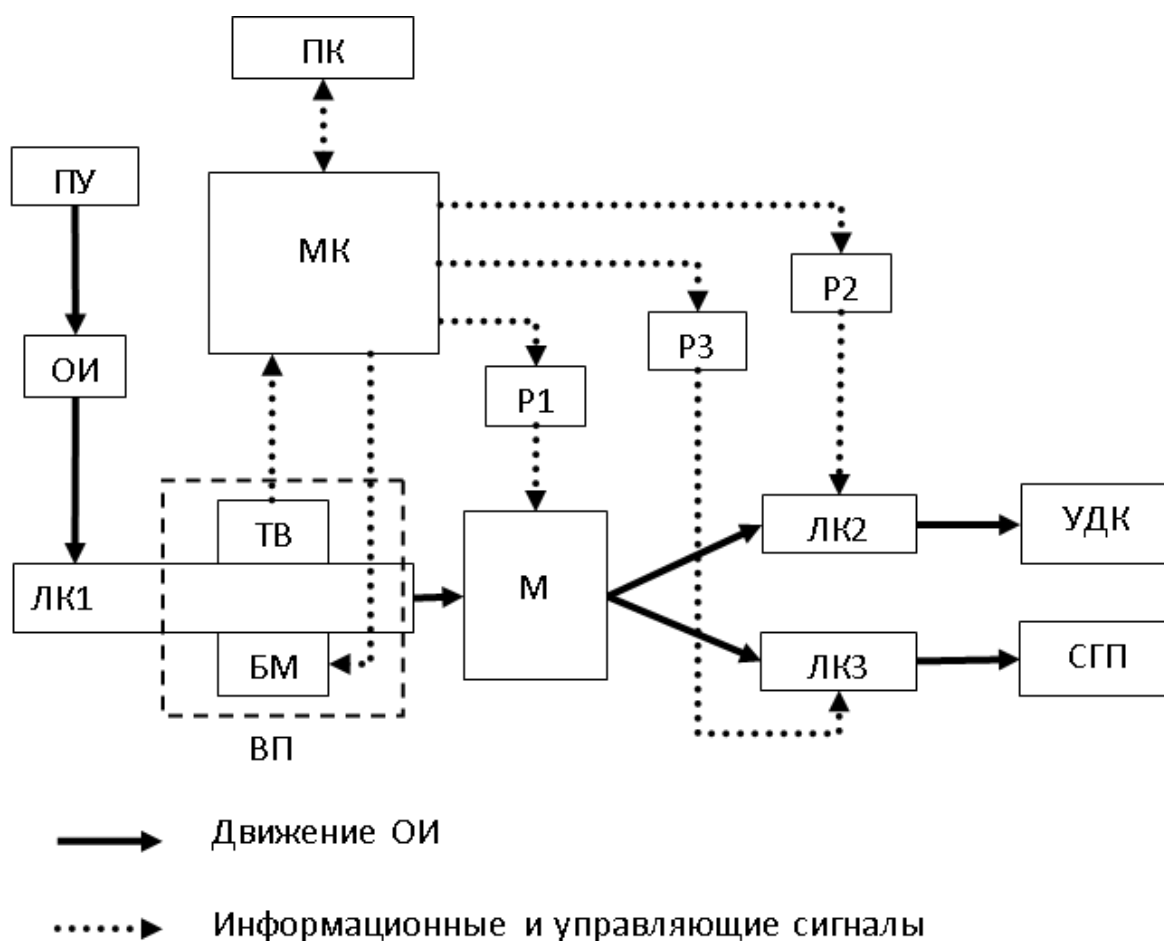
Питание системы осуществляется от блока питания MEAN WELL.

В системе контроля задействованы: тензометрические весы (ТВ) – чеквейер CAS-5900-20 (рисунок 3), блок маркировки (БМ) – аппликатор этикеток HERMA Basic (рисунок 4), ленточные конвейеры (ЛК1, ЛК2 и ЛК3) марки ТЛ-650.

Включение и выключение конвейерных линий производится с помощью реле скорости (P1, P2, P3) марки РДКС-03РС (рисунок 5).

Манипулятор изготавливается на заказ специально под потребности разрабатываемой системы контроля, учитывая специфику расположения на линии.

мой системы контроля, учитывая специфику расположения на линии.



Условные обозначения:

ОИ – объект измерения;

ПУ – производственный участок;

ЛК1 – первый ленточный конвейер;

ЛК2 – второй ленточный конвейер;

ЛК3 – третий ленточный конвейер;

ВП – весовой пост (в составе ЛК1);

ТВ – тензометрические весы;

БМ – блок маркировки;

М – манипулятор;

МК – микроконтроллер;

СГП – склад готовой продукции;

УДК – участок дополнительного (ручного) контроля;

Р1, Р2, Р3 – реле;

ПК – персональный компьютер

Рисунок 2 – Обобщенная функциональная схема системы автоматизированного контроля маркировки продукции

Электродвигатели являются приводами ленточных конвейеров и манипулятора.

Цикл работы системы автоматизированного контроля маркировки продукции (рисунок

2) начинается с запуска ленточного конвейера ЛК1, по которому движется объект измерения (ОИ) – коробка с 5-ю пачками бумаги по 500 листов, сам лист – белый, офисный

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

(Svetocopy 80г), класса "С", формата А4 и размера листа 297 на 210 мм.

Характеристики ОИ:

- масса товара с упаковкой (г) – 12500 г;
- количество листов – 2500 шт;
- плотность бумаги – 80 г/кв.м;
- ширина упаковки – 31 см;
- высота упаковки – 22 см;
- глубина упаковки – 30 см.



Рисунок 3 – Тензометрические весы
«Чеквейер CAS–5900»

На конвейере ЛК1 организован весовой пост (ВП), на котором происходит взвешивание коробки при помощи тензометрических весов и определяется условие маркировки.

Условием нанесения маркировки (штрих-кода) является соответствие массы коробки нормативному (12,5 кг в коробке). Согласно ГОСТ Р 57641–2017 масса коробки с бумагой должна находиться в интервале от 12.125 кг до 12.875 кг [3].

Если масса соответствует, БМ наклеивает этикетку на коробку. При сходе с ЛК1, МК отдает команду манипулятору посредством реле Р1, вследствие чего манипулятор М направляет объект измерения на один из двух конвейеров. В случае соответствия массы коробки нормативному (этикетка наклеена), МК запускает ЛК3 при помощи Р3. В результате чего коробка по конвейеру ЛК3 поступает на склад готовой продукции СГП.



Рисунок 4 – Аппликатор этикеток HERMA
Basic



Рисунок 5 – Реле контроля скорости
РДКС–03РС

В случае несоответствия массы коробки нормативному (этикетка не наклеена), МК запускает конвейер ЛК2 с помощью Р2 и коробка движется на участок дополнительного (ручного) контроля УДК. На УДК происходит сверка массы вручную и в зависимости от результата взвешивания принимается решение о дальнейшем следовании коробки: на докомплектровку, на утилизацию и прочее.

Программное обеспечение, реализующее описанный выше принцип работы системы, разработано на основе языка программирования С++[2].

Выводы

В результате выполнения работы определен состав программно-аппаратных средств, необходимых для разработки системы автоматизированного контроля маркиров-

ки продукции, разработана функциональная схема системы, описан принцип работы системы, создано программное обеспечение.

Разработанная система автоматизированного контроля маркировки продукции может использоваться на предприятиях, имеющих конвейерные линии и выпускающие продукцию, упакованную в тару, схожую по массе и габаритам с рассматриваемой в представленной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безъязычный, В.Ф. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, Е. В. Шилков. – Рыбинск: РГАТА, 2002. – 78 с. – Текст непосредственный.

2. Магда, Ю.С. Программирование и отладка C/C++ приложений для микроконтроллеров / Ю. С. Магда. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 168 с. – Текст непосредственный.

3. ГОСТ Р 57641–2017. Бумага ксерографическая для офисной техники. Общие технические условия: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 сентября 2017 г. № 1022 – ст: дата введения 2018–03–01. — Москва: Стандартинформ, 2017. – 11с. — Текст: электронный. – URL: <https://docinfo.ru/gost-r/gost-r-57641-2017/> (дата обращения: 04.11.2021)

Котлубовская Татьяна Викторовна – к. т. н., доцент, тел.: (3852) 290913, e-mail: tavikot2010@mail.ru;

Красилов Артем Андреевич – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290913;

Горенков Сергей Вячеславович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290913;

Калашников Андрей Александрович – студент кафедры ИТ, тел.: (3852) 290913.

ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе представлен сравнительный анализ программного обеспечения для проведения маркировки продукции мелкосерийного производства. Исследование характеристик, функциональных возможностей и стоимости программного обеспечения позволило дать рекомендацию для внедрения в систему маркировки мелкосерийного производства производителю Mobile Smarts.

Ключевые слова: маркировка продукции, информационная система, мониторинг товаров, мелкосерийное производство, производственная линия, программное обеспечение.

Единая национальная система маркировки товаров позволяет хранить информацию о продукции на всех этапах продвижения товара, в том числе о производителе, об оптовых закупках, точках розничных продаж и всех перемещениях продукции. Система позволяет исключить из оборота контрафактные и фальсифицированные товары. Каждому виду продукции присваивается оригинальный цифровой код, защищенный криптографией, который наносится на товар и является способом идентификации в общероссийской базе учета и контроля передвижения продукции [1]. Для проведения маркировки предприятие должно быть технически оснащено контрольно-кассовой онлайн-техникой (ККТ), принтерами стикеров товаров, точки оптовых продаж должны быть оборудованы 2D-терминалами сбора данных, точки розничных продаж сканерами штрих-кодов и термина-

лами сбора данных. Также предпринимателю необходимо получить усиленную квалифицированную электронную подпись, внедрить электронный документооборот и установить специализированное программное обеспечение для синхронизации работы периферии и товароучетной системы [2, 3].

Цель работы – выбор программного обеспечения для маркировки продукции мелкосерийного производства.

По признакам ширины номенклатуры продукции производство можно разделить на единичное, серийное и массовое. Если несколько единиц продукта производятся последовательно или одновременно компанией-производителем до того, как устройства и системы будут преобразованы для производства других продуктов, это называется серийным производством или множественным производством [4].

Таблица 1 – Характеристики программного обеспечения для маркировки продукции

Наименование	Возможности	Характеристики	Стоимость
CodeMark	инвентаризация; интеграция с 1С; перемещение; прием; сканирование и распознавание; качественный анализ данных	ОС: android, windows; техническая поддержка; документация; открытое обновление версий	бесплатно
DataMobile	инвентаризация; интеграция с 1С; перемещение; переоценка; прием; сканирование и распознавание	ОС: android; техническая поддержка; документация; вебинары; CWS; открытое обновление версий	890 руб. в месяц
Mobile Smarts	инвентаризация; интеграция с 1С; перемещение; переоценка; прием; сканирование и распознавание; полное управление бухгалтерским учетом; возможность передачи больших данных	документация; вебинары; обучение; поддержка всех операционных систем; отзывчивая и профессиональная техническая поддержка	от 9945 руб. единовременно

В зависимости от количества произведенной продукции можно определить производство – мелкосерийное или крупносерийное. Примем, что мелкосерийное производство будет содержать менее 1000 наименований товаров [4].

В настоящее время для маркировки товаров используется программное обеспечение различной стоимости и уровня поддержки.

Компании, характеризующиеся единственным типом производства, должны иметь универсальное оборудование и иметь высококвалифицированный персонал, поскольку используют трудоемкие технологии. Для маркировки товаров такого типа производства необходимо иметь только 2D-сканер штрих-кодов и аккаунт ГИС МТ (Государственная

информационная система мониторинга товаров), для ввода в оборот можно использовать конвертер в формате xml и через пользователя системы управления заказами (СУЗ) вручную, без посреднического программного обеспечения, выполнять обмен с государственной идентификационной системой маркированного товара. Чаще всего производитель при выборе программного обеспечения делает акцент на стоимости, а не на предлагаемых функциях, что в последующем введет к большим потерям ресурсов, чем если бы первоначально было куплено ПО, отвечающее требованиям и объемам производства. Исследование характеристик, возможностей и стоимости программного обеспечения для маркировки продукции представлено в таблице 1.

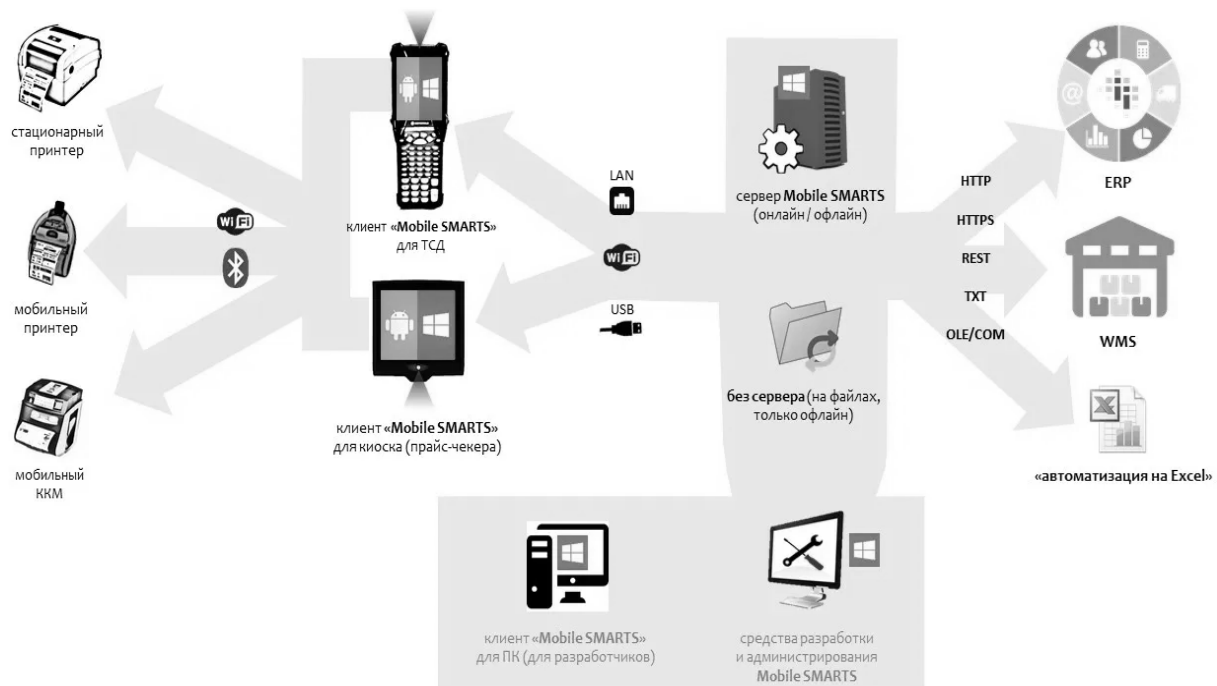


Рисунок 1 – Схема архитектуры системы Mobile Smarts

Программное обеспечение для маркировки товара CodeMark является бесплатным ПО для Android и находится в тестовом режиме для ОС Windows. Тестовый режим позволяет практически полноценно производить обмен данными с ГИС МТ в онлайн-режиме, ПО совместимо с любым аппаратным обеспечением. Недостатком является отсутствие полной инструкции для внедрения и использования пользователями и частичная совместимость с товароучетным программным обеспечением предприятий [4].

Одним из достоинств программного обеспечения DataMobile является открытая и

грамотно составленная инструкция как и процесса использования, так и процесса интеграции с используемыми конфигурациями 1С, а также наличие функции переоценки продукции. DataMobile полностью совместим с платформами товароучетных ПО. Информация для пользователей актуализируется при помощи облачных технологий [5]. Основным и единственным недостатком по сравнению с Mobile Smarts является отсутствие «бесшовности» интеграции, что при обновлении продукта нередко доставляет неудобства.

Mobile Smarts – программное обеспечение, разработанное компанией Клеверенс с

ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

разовой оплатой подписки 8995 рублей, что в краткосрочной перспективе может оттолкнуть руководителя компании. Однако, достоинствами Mobile Smarts являются высший уровень технической поддержки, грамотно составленная документация для пользователей, возможность интеграции со всеми системами, относящимися к маркировке, и полный перечень категорий продуктов, которые подлежат обязательной маркировке. Однако, для удобства использования Mobile Smarts необходимо приобретать терминалы сбора данных (ТСД) ввиду сложности получения лицензии на другой вид терминала. Схема архитектуры системы с использованием ТСД представлена на рисунке 1 [6].

Иное программное обеспечение (например, Total Mark) закупать предприятиям мелкосерийного производства невыгодно, поскольку данный вид ПО требует интеграции в систему дополнительного дорогостоящего оборудования (высокоскоростные камеры для двух и более линий).

Таким образом, для мелкосерийного производства, где в заказе менее 1000 кодов маркировки, при выборе методов и средств маркирования товаров, учитывая стоимость ПО, возможность интеграции с другими системами, понятный интерфейс и наличие инструкций для пользователя, отсутствие дополнительного оборудования при обмене данными с государственной идентификационной системой маркированного товара рекомендовано к использованию ПО Mobile Smarts от компании Клеверенс. Если на производстве необходимо выполнить узкий круг действий, например, ввод в оборот, вывод из оборота, агрегация, то стоит использовать бесплатную версию CodeMark, а для более профессионального использования и при необходимости внедрения на базе 1С подойдет программное обеспечение DataMobile.

В работе представлен сравнительный анализ программного обеспечения для проведения маркировки продукции мелкосерийного производства. Исследование характеристик, возможностей и стоимости программного обеспечения позволило дать рекомендацию для внедрения в систему маркировки мелкосерийного производства производителю Mobile Smarts от компании Клеверенс.

Внедрение подобных систем полностью меняет алгоритм работы предприятия при

приемке, инвентаризации, продаже, списании товара, однако, использование системы маркировки до закрепления ее внедрения нормативно дает преимущество компаниям-производителям в виде возможности постепенной и полноценной адаптации к внедрению единой национальной системы маркировки товаров без получения штрафов за нарушения, обнаруженные при идентификации товаров [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубенко, О.А. Цифровизация маркировки потребительских товаров / О. А. Голубенко, Э. В. Финаенова, О. Ю. Свекольников. – Текст: электронный // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2020. – №3 (82). – С. 8–11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-markirovki-potrebitelskih-tovarov> (дата обращения: 02.11.2021).

2. Шаурина, О.С. О маркировке товаров контрольными (идентификационными) знаками в Российской Федерации / О. С. Шаурина, О. А. Кривушина. – Текст: электронный // Век качества. – 2019. – №4. – С. 167–182. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-markirovke-tovarov-kontrolnymi-identifikatsionnymi-znakami-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 02.10.2021).

3. Сняговская, Е.С. Проблемы внедрения системы прослеживаемости товаров в ЕАЭС / Е.С. Сняговская, Н.Б. Куроптев // БИТ. – 2020. – №3. – С. 33–37. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-sistemy-proslezhivaemosti-tovarov-v-eaes> (дата обращения: 25.10.2021).

4. CodeMark: [сайт]. – URL: <http://codemark.ru/> (дата обращения: 01.10.2021). – Текст: электронный.

5. DataMobile: [сайт]. – URL: <https://data-mobile.ru> (дата обращения 01.10.2021). – Текст: электронный.

6. Mobile Smarts – программная платформа для разработки корпоративных мобильных решений // Клеверенс: [сайт]. – URL: <https://www.cleverence.ru/mobile-smarts> (дата обращения 01.10.2021). – Текст: электронный.

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, тел.: (3852) 290–913, e-mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Енгибарян Егор Аликович – студент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САПР ДЛЯ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ

**А. А. Чепуштанов, Д. М. Пальшин, М. Е. Кизаметдинов,
П. Е. Воскобойников**

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена оптимизации выбора программного обеспечения для схемотехнического проектирования в приборостроении методом морфологического анализа. Приводятся результаты оптимизации для предприятий категории «средние».

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, оптимизация, метод морфологических таблиц.

Существует великое множество различных программ САПР (системы автоматизированного проектирования) в том числе и в приборостроении на этапах разработки, моделирования, анализа и расчета, проектирования, подготовки производства, управления проектами и т.п., чем и отличается приборостроение от других отраслей – широтой задач и номенклатуры выпускаемой продукции. Важнейший этап разработок для приборостроения – схемотехника электронных устройств, моделирование, подготовка проектной и конструкторской документации.

Как правило, САПР представляет собой программный пакет, обеспечивающий "сквозное проектирование" – это последовательность этапов, начинающихся с разработки библиотек элементов, создания электрических схем и заканчивающийся конструированием топологии печатных плат и выпуском конструкторской документации. Схемотехника – научно-техническое направление, охватывающее проблемы проектирования и исследования схем электронных устройств радиотехники и связи, вычислительной техники, автоматики и др. областей техники.

Проведение оптимизации выбора программного обеспечения для различных категорий предприятий позволяет выявить оптимальный инструмент для специалистов в отрасли разработки электронных устройств.

Цель работы – исследование и оптимизация САПР при схемотехническом проектировании в приборостроении методом использования морфологических таблиц.

Для достижения этой цели решают следующие задачи: выполнить аналитический обзор САПР; исследовать процесс разработки электронных устройств; исследовать процесс разработки печатных плат; провести оптимизацию программного обеспечения САПР для малых, средних и крупных предприятий; представить результаты исследований.

Оптимизация – это процесс поиска самого предпочтительного решения задачи, соответствующее конкретному критерию, выбранному заранее. Из классических методов оптимизации предпочтение отдают методу морфологических таблиц в силу широты его применения.

Реализация метода заключается в систематическом подходе рассмотрения множества теоретически возможных вариантов и поиску наилучших. Варианты формируются посредством аналитического изучения узлов объекта, то есть морфологических признаков, в достаточной степени описывающих объект.

Основой метода является создание таблиц, содержащих в себе данные об узловых точках рассматриваемого объекта и применяемых к ним различных способов осуществления. В многообразном сочетании этих способов можно выявить неявные способы решения, которые раньше не были представлены.

Для проведения морфологического анализа были рассмотрены четыре программных пакета САПР – DipTrace, Altium Design, Delta Design, Target 3001. Определяющий критерий выбора – стандарт в своем классе.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ САПР ДЛЯ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ

Исследование проводилось для малых, средних и крупных предприятий. В статье приведены данные для средних предприятий, составлена морфологическая таблица сложности разрабатываемых печатных плат и возможностей предприятий реализовывать процесс производства устройств.

Предприятия среднего уровня уже могут иметь в своем распоряжении определенный парк станков, обеспечивающий производство как простых печатных плат, так и средней сложности печатные платы. К средним печатным платам можно отнести многослойные печатные платы и платы, имеющие в своей конструкции несколько гибких элементов [1]. Предполагается, что такие предприятия сами смогут произвести полный процесс разработки средних по сложности устройства, однако в некоторых ситуациях может быть произведен заказ на производство некоторых элементов у компаний специализирующихся именно на изготовлении печатных плат.

Таблица 1 – Морфологическая таблица

Критерий выбора	DipTrace	Altium Design	Delta Design	Target 3001!
Дружелюбность интерфейса	+	+	+	+
Поддержка различных форматов	+	+	+	+
Простые печатные платы	+	+	+	+
Средние печатные платы	–	+	+	+
Автотрассировщик	+	+	+	+
Схемотехника	+	+	+	+
Симуляция схемы	–	+	+	+
Модуль разработки ПО низкого уровня		–	+	–
СУБД	–	+	+	–
Техническая поддержка	+	+	+	±
Стоимость	+	+	+	+
	7	10	11	8,5

По данным морфологической таблицы 1 составлена таблица 2.

«Плюсами» в таблицах отмечены соответствия выбранным критериям.

Приведенным критериям соответствует программа DeltaDesign. Наличие специального модуля для написания программного кода низкого уровня может быть не обязательна, при наличии стороннего программного обеспечение. Более оптимально использовать систему, содержащую все необходимые модули. К тому же DeltaDesign имеет СУБД, что позволит управлять всем процессом разработки устройства. Предполагается, целесообразнее приобрести версию, поддерживающую одновременную работы нескольких специалистов. Стоимость такого программного обеспечения составляет 300 тысяч рублей

Таблица 2 – Результаты оптимизации

Дружелюбность интерфейса	+
Поддержка различных форматов	+
Простые печатные платы	+
Средние печатные платы	+
Автотрассировщик	+
Схемотехника	+
Симуляция схемы	+
Модуль разработки ПО низкого уровня	+
Техническая поддержка	+
Стоимость	+

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озеркин, Д.В. Altium Designer. SolidWorks. Часть 3. Топологическое проектирование / Д.В. Озеркин. – Томск: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. – 95 с. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11064 (дата обращения: 11.11.2021). – Текст: электронный.

Чепуштанов Александр Александрович – к.т.н., доцент, тел. (3852) 290913;

Кизаметдинов Михаил Евгеньевич – магистрант АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: mikhail.kiza@mail.ru;

Воскобойников Павел Евгеньевич – магистрант АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: p-vosk@yandex.ru;

Пальшин Дмитрий Михайлович – магистрант АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА

С. В. Умбетов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена изучению вопроса поиска поврежденной внутренней поверхности труб без предварительного извлечения из грунта. Предложен способ анализа цифрового изображения.

Ключевые слова: подземные коммуникации, спектрофотометрический метод, оптический метод неразрушающего контроля.

Для каждого города проблема контроля состояния подземных коммуникаций всегда стоит весьма остро, а все потому, что ремонт трубопровода влечет за собой предварительное извлечение труб из грунта и соответственно увеличение финансовых затрат на ремонт. И это одна из основных причин актуальности предотвращения порывов.

Высокая стоимость и сложность работ при монтаже труб как правило позволяет проводить контроль лишь внешней стороны поверхности стенок труб. Проводить плановые проверки состояния труб реальная жизнь не позволяет, так как такие проверки влекут за собой извлечение труб из грунта, что не только значительно увеличивает стоимость работ, но и не всегда доступно и целесообразно исходя из того в каком климатической поясе проложен трубопровод, глубина его залегания, тип и вид почвы.

Все известные имеющиеся методы неразрушающего контроля требуют непосредственного контакта с исследуемым объектом, что не всегда целесообразно и оправдано, исходя из причин описанных выше. Именно поэтому было принято решение разработать алгоритм оценки качества металлических труб на основе существующего оптического метода контроля, что позволит проводить контроль внутренней поверхности стенки труб без извлечения ее из грунта [5–9].

Исследования проводятся непосредственно внутри труб, а в качестве способа доставки оборудования выбрана разработанная роботехническая платформа [10].

Неразрушающий оптический метод позволяет обнаружить такие дефекты внутренней поверхности труб как пустоты, расслоения, поры, трещины, включения инородных тел, внутренние напряжения, изменение структуры материалов и их физико-

химических свойств, отклонения от заданной геометрической формы [7–9].

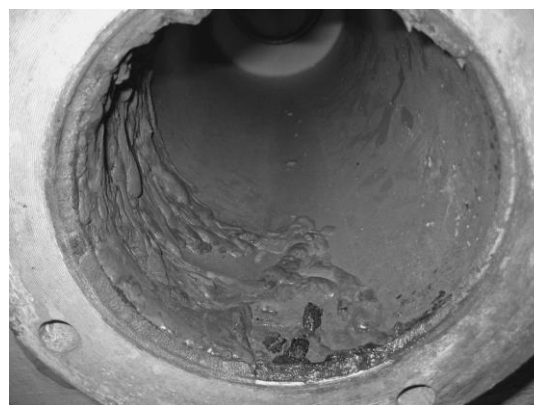


Рисунок 1 – Коррозия внутренней поверхности трубопровода

Исследовательская установка представляет собой камеру с матрицей высокого разрешения и широкоугольного объектива. В качестве подсветки используется инфракрасные светодиодные излучатели, расположенные на внешней поверхности объектива камеры. Посредством канала связи камера передает на компьютер оператора полученную информацию, где и происходит обработка видеопотока.

Каждый кадр в отдельности можно представить в виде двумерного массива данных [3 – 5]

$$Y_{i,j}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M},$$

вида:

$$Y_{i,j} = (1 - d_{i,j}) \cdot S_{i,j} + d_{i,j} \cdot C_{i,j},$$

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИЦИИ МЕТАЛЛА

где $Y_{i,j}$ – наблюдаемый кадр, $S_{i,j}$ – оригинальный кадр, $d_{i,j}$ двоичная маска искажений, которая показывает, какой именно участок на кадре имеет дефект, $C_{i,j}$ величина яркости каждого из дефектов.

Способ анализа состоит из трех этапов:

– предварительная обработка, задача которой устранить незначительные искажения и дефекты. Такая процедура позволяет в дальнейшем ускорить обработку каждого кадра;

– поиск дефектов с применением массива двоичных указателей;

– покадровая обработка.

Для поиска повреждений в качестве текстурного указателя для местных секторов в кадре используются двоичные шаблоны (Local Binary Patterns).

С помощью функции опорных векторов (support vector machine) все части кадра делятся на два типа – область с повреждением и область без повреждения.

Каждый оператор Local Binary Patterns рассчитывается путем [2] сравнения соседних пикселей в области центрального пикселя указателем, принятым за пороговое значение, в локальной области определённого изначально заданного размера.

Local Binary Patterns оператор записывают в следующем виде [1]:

$$LBP_{P,K} = \begin{cases} \sum_{p=1}^P f(g_p - g_0) & \text{if } U \leq U_T \\ P+1 & \text{otherwise} \end{cases}, f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

где P – число соседних пикселей; K – радиус анализируемой области; U – число изменений значений от 1 к 0; U_T – пороговое значение, определяемое числом изменений от 1 к 0.

Результатом выполнения данного метода становится гистограмма для каждой локальной области, представляющая собой указатель секторов в кадре с наличием повреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунов, А.С. Новые вихретоковые толщинометры неэлектропроводящих покрытий / А.С. Бакунов, В.Ф. Мужичкий, В.П. Курозаев,

С.В. Нефедов. – Текст: непосредственный // 15 Российская научно-техническая конференция «Неразрушающий контроль и диагностика». – Москва: 1999. – С.21–23.

2. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. – Изд. 3–е, испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 448 с. – Текст: непосредственный.

3. Бирюков, С.В. Метрология: тексты лекций / С.В. Бирюков, А.И. Чередов – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000. – 110 с. – Текст: непосредственный.

4. Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов. – Санкт-Петербург: «МК-Пресс», СПб: «КОРОНА-ВЕК», 2010. – 400 с. – Текст: непосредственный.

5. Большая техническая энциклопедия. – Текст: электронный. – URL: <http://www.ai08.org/index.php> (дата обращения: 07.11.2021).

6. Незарушающий контроль: справ.: в 8 т. / под общ. ред. В. В. Клюева. – 2–е изд., испр. – Москва: Машиностроение, 2006. – Текст: непосредственный.

7. Незарушающий контроль и диагностика: справ. / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев [и др.]; под ред. В.В. Клюева. – 3–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с. – Текст: непосредственный.

8. Методы неразрушающего контроля: метод. указания к лабораторным работам / сост.: В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов, А. Ю. Смолин. – Текст: электронный – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – URL: https://www.studmed.ru/view/smolin-ayu-ruk-metody-nerazrushayuschego-kontrolya_of1c0beb404.html (дата обращения: 07.11.2021).

9. Методы неразрушающего контроля. Ч. 1. Незарушающие методы контроля материалов и изделий: учеб. пособие / В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов [и др.]. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 104 с. – Текст: непосредственный.

10. Патент на полезную модель № 183463 Российская Федерация, МПК В62D 57/00(2006.01). Многосенный робот – гусеница: № 2018117593: заявл. 2018.05.11 / Умбетов С.В., Пронин С.П.; заявитель АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 4 с. : ил. – 5. – Текст : электронный. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU183463U1_20180924 (дата обращения: 11.11.2021).

Умбетов Сергей Владимирович – аспирант кафедры ИТ, тел.: 89619935148, e-mail: eva_09@inbox.ru.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

В. С. Падалко, А. Г. Зрюмова, И. С. Каредин, Н. В. Искуснова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул

В последнее время постоянно растет спрос на высоконадежные механические датчики для использования в области робототехники и носимой электроники. Материалы на основе углерода, широко изучались в качестве потенциальной пьезорезистивной чувствительной среды в этих устройствах благодаря их благоприятной структурной морфологии. Эти датчики растяжения могут использоваться в роботизированных руках для определения углового положения суставов. Гибкий датчик на основе материала, описанного в этой работе, демонстрирует высокий уровень соответствия требованиям делающим его идеальным кандидатом, в качестве датчика для мягкой робототехники, умной одежды, систем трехмерного захвата движения, систем контроля осанки.

Ключевые слова: гибкий датчик, композитный материал, датчик растяжения.

Введение

Постоянно развивающаяся область робототехники, особенно используемая для дополнения движений человека, привела к необходимости в легких и гибких датчиках. Такие устройства должны обладать высокой совместимостью и отличной производительностью для достижения желаемой задачи и в то же время быть удобными для конечного пользователя. Существует спрос на датчики, исполнительные механизмы и электронику, которые отличаются малым весом, низким профилем и внутренней гибкостью. Например, датчики растяжения могут быть установлены на носимом устройстве, таком как протез руки, информационная перчатка или экзоскелет для предоставления жизненно важной информации об угловой ориентации суставов, как показано на рисунке 1,2.

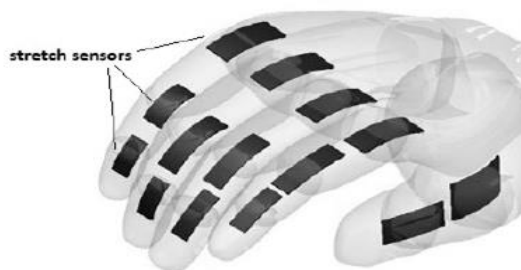


Рисунок 1 – Использование гибкого датчика

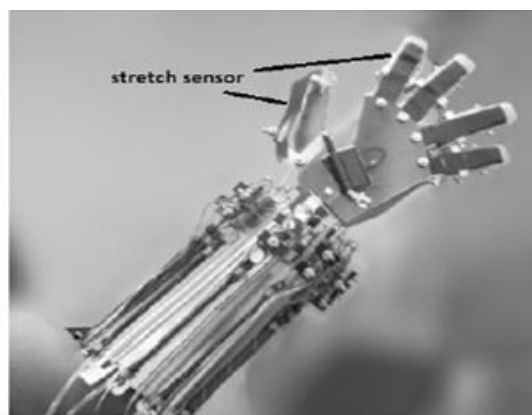


Рисунок 1 – Использование гибкого датчика

Использование традиционных металлических и полупроводниковых технологий в этой области зондирования имеет ограниченный потенциал из-за величины растяжения/деформации, которую устройство может испытывать до усталости, что в некоторых областях может значительно превышать возможности традиционного тензодатчика [1].

Цель исследования: разработать технологию для получения гибких силиконовых композитных датчиков, которые могут быть встроены в гибкую и сильно растягивающуюся среду.

Описание решаемой задачи

Поскольку силиконовые композиты обладают внутренней гибкостью и растяжимостью, будучи проводящими даже при уровнях растяжения до 300% [2], их изменения сопротивления могут быть использованы для указания

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

уровней растяжения. В свою очередь уровни растяжения могут быть использованы для определения количества механических перемещений, например движение пальцев рук или изгиб спины.

Для преодоления проблем, связанных с разработкой архитектуры датчиков на основе сопротивления для измерения деформаций, используются однородно диспергированные проводящие материалы на основе углерода в среде силиконовой резины. Эта эластичная среда придает высокий уровень гибкости и растяжимости [3].

Графит и металлический порошок также придают электропроводность силиконовым композитам. Такая архитектура помогает уменьшить образование трещин и попадание жидкости, вызванной усталостью при больших деформациях в традиционной пьезорезистивной архитектуре датчиков [4].

Обязательным условием для исследуемого силиконового композита является жидкая структура при хранении исходной основы для создания гибкого датчика. В процессе моделирования и создания гибкого датчика материал полимеризуется и приобретает свойства материала, близкие к резине. Таким образом, хранение материала производится в нескольких емкостях. Две емкости будут содержать силикон и его компонент, способствующий полимеризации, а третья емкость – порошок, обладающий токопроводящими свойствами.

Силикон, и отвердитель вместе с токопроводящим порошком в необходимых пропорциях (количественные характеристики находятся на этапе патентования и опубликованию не подлежат).

Для получения качественного токопроводящего силикона необходимо всю массу подвергнуть процедуре дегазации, с помощью вибростолы. Полученный силиконовый материал очень «демократичен» к основе, на которую он будет наноситься. Его можно распределять как на жестком основании, например, дереве, металле, пластике, а также и на мягких и гибких поверхностях, таких как ткань или кожа.

Предлагаемые датчики могут быть выполнены в любой форме. Форма подготавливается отдельно, силиконовая смесь заливается

в нее, и после полимеризации может быть извлечена из нее. Особых условий по температуре и влажности хранения нет. Транспортировка производится в тех же емкостях, что и при хранении, специальная маркировка не нужна. Нет требований к квалификации работников, которые будут заниматься эксплуатацией разработки.

Выводы

Разрабатываемый материал позволяет создавать гибкие силиконовые композитные датчики, которые могут быть встроены в сильно растягивающуюся среду. На данный момент проходят экспериментальные исследования электромеханических характеристик силиконовых датчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриевский, Р.Л. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – Москва: Академия, 2005. – 192 с. Текст непосредственный.
2. Галкин, В.И. Новые эффективные методы производства изделий из волокнистых композиционных материалов: учебное пособие / В.И. Галкин. – Москва: МАТИ имени К. Э. Циолковского, 1997. – 53 с. – Текст непосредственный.
3. Гаршин, А.П. Новые конструкционные материалы на основе карбида кремния: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / А.П. Гаршин, В.М. Шумячер, О.И. Пушкарев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва, 2019. – 182 с. – Текст непосредственный.
4. Карпинос, Д.М. Новые композиционные материалы / Д.М. Карпинос, Л.И. Тучинский, Л.Р. Вишняков. – Киев: Вища школа, 1977. – 312 с. – Текст непосредственный.

Падалко Владимир Сергеевич – старший преподаватель АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: v.s.padalko@mail.ru;

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н. АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: a.zrueva@mail.ru;

Каредин Илья Сергеевич – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: karedin99@gmail.com;

Искуснова Наталья Валерьевна – магистрант кафедры ИТ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: iskusnova.n@gmail.com.

Part 1

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

T. V. Patrusheva, N. S. Vereykin
 BIFURCATION ANALYSIS OF THE MEASURING TRANSDUCER BASED ON THE JERK SPROTT'S SYSTEM5

The article is devoted to the bifurcation analysis of the Sprott's jerk system for use as a measuring transducer. The boundary values of the jerk-system coefficients are found at which chaos is observed in it. The evolution of the behavior of a chaotic system is considered depending on the values of the coefficients of the equation of the system. One-parameter and two-parameter bifurcation diagrams were obtained. A conclusion is made about the possibility of constructing measuring transducers based on the Sprott's jerk-system for detecting periodic signals in sensors.

Keywords: local bifurcation, autonomous chaotic oscillator, bifurcation of stability of periodic motion, signal detection

Х. Аль. Уатик, С. П. Пронин
 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЖИМА ДЛЯ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ..... 12

Целью этой статьи является обзор различных контроллеров скользящего режима и их алгоритмов, как современной проблемы для WECS, которые работают в неопределенных условиях. Традиционные режимы скольжения первого и высокого порядка будут соблюдаться с учетом теоретической основы. Ключевые слова: адаптивное управление скользящим режимом, адаптивный алгоритм скручивания, алгоритм первого порядка Плестана, интегральный алгоритм высокого порядка, управление скользящим режимом высокого порядка.

E. M. Patrushev, D. E. Duskin
 ON THE DEVELOPMENT OF RADAR SPEED SENSORS BASED ON CHAOTIC OSCILLATORS ... 17

The article discusses the creating Doppler velocity sensors using a chaotic oscillator as a reference unit. A review of literature sources prepared by the authors made it possible to formulate the advantages of using random signals to measure velocity in a Doppler sensor. In addition, the authors have proposed a numerical model that demonstrates the performance of a radar speed sensor based on a chaotic oscillator

Keywords: chaotic oscillator, ultrasonic sensor, Doppler frequency.

S. P. Pronin, R. B. Mindibaev, V. V. Leshukova, A. P. Oreshkova
 IMAGE ANALYSIS SOFTWARE BLOCK SONOLUMINESCENCE.....21

The article shows the development of a universal software block in the Mathcad software environment for studying sonoluminescence images. The program unit prepares data for constructing a histogram and calculating the median. Based on the analysis of histograms, threshold levels are determined that separate the RGB bubble images from the background image. A modified Michelson's formula is proposed, which allows calculating the median contrast in the bubble image.

Keywords: program unit, sonoluminescence, image, histogram, median, median contrast.

D. N. Hrapunov, P. A. Zryumov, A. G. Zryumova, I. N. Koryakin
 DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR AUTOMATIC LOCALIZATION OF POWER LINE INSULATORS ON THE IMAGE FOR DAMAGE ANALYSIS..... 25

This article provides a description of the algorithm used for recognition of power line insulators on images. A number of experiments are performed with the chosen architecture of the convolutional neural network. Based on the results of the experiments, the choice of the most optimal network parameters is made. The stages of preparing a dataset for training and testing a neural network are also described.

Keywords: image segmentation, convolutional neural networks, machine learning, U-Net network.

E. M. Patrushev, I. V. Kolosov
 ON THE DEVELOPMENT OF RADAR DISTANCE SENSORS BASED ON CHAOTIC OSCILLATORS.....28

The article discusses the creation of radar distance sensors applicable in cross-talk conditions. The authors propose to use a chaotic oscillator as a unit that creates signals emitted by the radar. A literature review prepared by the authors made it possible to formulate the advantages of this approach. In addition, the authors proposed a block diagram of a distance sensor based on a chaotic oscillator and fundamental requirements for its implementation.

Keywords: crosstalk, uncorrelated signal, ultrasonic radar sensor.

CONTENTS & ABSTRACTS & KEYWORDS

Yu. Liu, I. A. Lysak

NUMERICAL STUDY OF RESIDUAL STRESSES IN CYLINDRICAL SAMPLES SUBJECTED TO SINGLE-CYCLE COLD EXPANSION ACCORDING TO COMPRESSION SCHEME33

A mathematical model has been developed for the numerical analysis of the stress–strain state of the sleeves after cold expansion according to the compression scheme. The finite element modeling of the surface hardening of cylindrical holes by the method of elastoplastic deformation using CAE ANSYS has been carried out. The distribution of circumferential residual stresses in the cross section of cylindrical bushings made of steel 50 is obtained to predict the fatigue strength of hardened parts.

Keywords: Residual stresses, finite element analysis, CAE ANSYS.

Part 2

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN MEDICINE, BIOLOGY AND ECOLOGY

O. B. Akulova, V. I. Bukaty, V. V. Kirillov
HYDRO-OPTICAL CHARACTERISTICS AND CHLOROPHYLL CONTENT IN THE LOW OB36

In August–September of 2020–2021, the new full-scale data on optical characteristics of water from the Ob estuary nearby village Salemal (Yamal region of Yamal Autonomous Okrug) were obtained. The coefficient of light attenuation $\varepsilon(\lambda)$ and the coefficient of light absorption by yellow substance $k_{ys}(\lambda)$ were calculated in the range of 400–800 nm. During the study period, these indicators varied greatly. The relative transparency of the white Secchi disk was measured, and concentrations of yellow substance, photosynthetic pigments – chlorophylls a, b, c and carotenoids were defined.

Keywords: coefficient of light attenuation, coefficient of light absorption by yellow substance, transparency on the Secchi disk, chlorophyll, Ob River.

I. A. Sutorikhin, S. A. Litvinenko, V. A. Solovyov, A. R. Kamenev
MEASUREMENT OF LOW SPEEDS OF SUBGLACIAL CURRENTS AT DIFFERENT DEPTHS OF LAKE TELETSKOYE39

The description of the layout of the device for measuring low speeds of water movement in reservoirs and watercourses is given. This model of a device for measuring low speeds and directions of subglacial currents at different depths was tested during the winter expedition of 2021 on Lake Teletskoye. The results of the

measurements are presented, the data obtained are discussed.

Keywords: the speed of water movement, the direction of water movement, the layout diagram of the device, the registration unit, the data processing unit, the data table.

D. O. Martyniv, P. A. Zryumov, A. G. Zryumova
COMPUTER VISION-BASED METHOD FOR ORAL CAVITY DISEASES DETECTION43

The article describes a software and hardware complex based on a high-resolution Wi-Fi camera for the diagnosis of oral diseases. The algorithm of caries isolation from the image of the oral cavity using mathematical morphology is described. The implementation of a mobile application in Java using the OpenCV computer vision module for caries detection is presented.

Keywords: oral cavity diseases, computer vision, OpenCV, morphological image processing.

Part 3

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN INDUSTRY, CONSTRUCTION AND AGRICULTURE

B. S. Pervukhin, V. E. Efremov, O. V. Suntsov
DETERMINATION OF LIQUID PARAMETERS BY ELECTROMECHANICAL CONVERTERS46

The article discusses the method of simultaneous measurement of viscosity and density by electromechanical primary transducers based on piezoelements and proposes a functional diagram of the device implementing this method. The method is based on the analysis of AC current through the primary converter.

Keywords: density, viscosity, active conductivity, reactive conductivity.

S. G. Kulesh, I. A. Lysak
NUMERICAL STUDY OF THE DEFORMED STATE OF THICK-WALLED SLEEVES SUBJECTED TO SINGLE-CYCLE SURFACE COLD EXPANSION TO THE COMPRESSION SCHEME49

In order to determine the effect of deformation on the sleeve during the cold expansion, a mathematical model was created, its grid convergence was investigated and verification was carried out. The modeling of stresses arising in the workpiece being processed using the finite element method, which is calculated in the Ansys CAE system. The experimental plan was drawn up based on the main factors influencing the formation of sagging (distortion). Indicators corresponding to the

АННОТАЦИИ, СОДЕРЖАНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

experimental data were obtained, which allows the use of modeling for the numerical study of the deformed state of the sleeve.

Keywords: cold expansion, distortion, residual stress, thick-walled sleeve.

N. A. Sukovattsov, T. V. Patrusheva
OVERVIEW OF METHODS USED IN LEVEL SENSORS.....52

The article provides an overview of existing methods for controlling the level of liquids and bulk materials. The advantages and disadvantages of each level measurement method are also given. A similar problem included in the review of sensor design options is the problem of external interference, which can occur in harsh operating conditions. The authors propose an approach to increasing noise immunity at the physical level by including a chaotic oscillator in the measuring circuit.

Keywords: level sensor, chaotic oscillator, noise immunity.

I. S. Shaporev, D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev
ASSESSMENT OF EFFECT OF OPTICALLY ACTIVE WATER COMPONENTS ON LIGHT ATTENUATION IN LAKE TELETSKOYE.....57

The article describes the design of a wireless power transmission device, which allows placing electronics for measuring transformations inside a float of a density meter of aggressive liquid media.

Keywords: density meter, float, induction, wireless energy transmission, re-zonance, oscillatory circuit.

V. V. Nadvotskaya, E. A. Engibaryan
INVESTIGATION OF THE MASS CONCENTRATION OF BENZ(A)PYRENE IN VEGETABLE OIL BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY.....61

It was determined in the work that the presence of benzopyrene in vegetable oil may be a consequence of the use of low-quality raw materials, violations of production technology and purification; violations of the prescription composition. The results of using the method of high-performance liquid chromatography to determine the mass concentration of benz(a)pyrene in vegetable oil confirmed the assumption that it is possible to determine by an indirect method by the presence of benzopyrene in vegetable oils of poor quality of the product as a whole or falsification of products.

Keywords: benz(a)pyrene, vegetable oil, manufacturers, falsification, chromatogram, identification of the

peak of benz(a)pyrene.

A. A. Chepushtanov, D. M. Palshin
ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE GRADES OF THE ACCURACY OF PRINTED CIRCUIT BOARDS OF DOMESTIC AND FOREIGN MANUFACTURERS.....65

The article is devoted to the design of printed circuit boards.

Keywords: printed circuit Board standards, accuracy classes, optimization.

S. P. Pronin, I. I. Petrova
STUDY OF THE DEPENDENCE OF WHEAT YIELD ON THE IONIC COMPOSITION OF THE SOIL AND THE VARIABLE POTENTIAL68

The paper presents studies of the dependence of wheat yield on the ionic composition of the soil and bioelectric signals from wheat grains of the same variety. Wheat was grown on three plots with different composition of potassium and sodium content. As a result of the analysis of the ionic composition and yield, a conclusion was made about the optimal ratio of potassium and sodium ions, at which the maximum yield is achieved. It has been experimentally established that the maximum value of the variable potential correlates with the ionic composition of potassium and sodium in the soil.

Keywords: soil, ionic composition, wheat, yield, grain, variable potential.

Part 4

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN INFORMATION PROCESSING

I. D. Korolev, V. V. Gubarev
METHOD OF DETERMINING PARAMETERS LINGUISTIC AFFILIATION FUNCTIONS VARIABLES BY THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENTS71

The article proposes an approach to determining the parameters of the membership functions of linguistic variables describing the indicators taken into account when making decisions on restricting the rights of citizens to leave the Russian Federation by the method of expert assessments.

Keywords: decision-making, limitation period, expert survey, experts, linguistic variables, membership functions, coefficient of variation.

CONTENTS & ABSTRACTS & KEYWORDS

O. I. Pyatkovskiy
TECHNOLOGY FOR CREATING ANALYTICAL
INFORMATION SYSTEMS OF ORGANIZATIONS
BASED ON INTELLECTUAL COMPONENTS.....75

The paper presents technologies for creating analytical information systems using hybrid expert systems. The main components of the complex model of the problem area are determined. In the process of building models, the stages of forward and reverse reengineering are implemented. The features of the construction and adaptation of a hybrid expert system in enterprise management are considered. Neural network technologies and expert systems with various models of knowledge representation are used to solve informal tasks. The technologies of self-organization of neural network components in dynamic business processes continuously changing in real time at the enterprise are considered.

Keywords: hybrid expert systems, analytical information systems, neural network components, enterprise management, business process reengineering.

L. I. Suchkova
TRANSFORMATION OF LINGUISTIC EXPERT DESCRIPTION OF REGULARITIES IN FUZZY TIME SERIES TO DECISION MAKING SYSTEM PATTERN.....81

The article deals with transformation method for expert description of temporal regularities in multivariate pattern of decision-making system. Hybrid fuzzy pattern for expert system is considered.

Keywords: fuzzy time series, temporal grammar, syntactically oriented parsing.

A. S. Avdeev, D. M. Ozerova
COMPUTER VISUALIZATION OF RADIATION
HEAT TRANSFER IN THE SHS COMBUSTION
WAVE85

The process of developing an information system for the selection of applications for changing the place of work of employees of the retail network of the company "Maria-Ra" is considered. The current process of submission and consideration of applications for a change of workplace by employees of the retail network is considered. Note the need to improve and automate this process. An algorithm for maximizing the overall level of satisfaction of applications is proposed. Demonstrated the work of the mobile application for filing applications.

Keywords: jobs, positions, motivation, goals of motivation and incentives, selection system, analytical system, information system, optimization.

M. V. Belorukov
INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE
CALCULATION OF THE FRACTIONAL ACCOUNT
OF A SCIENTIFIC ARTICLE..... 90

The article considers an approach to calculating the scientific contribution of the author by fractional counting using information technology. This approach allows you to perform calculations quickly and with high accuracy, while not requiring special software. The method is primarily aimed at employees working with international databases and performing analytical calculations based on their data.

Keywords: publication activity, fractional account, databases, Scopus, Web of Science.

G. A. Rozina, L. I. Suchkova
COMPETENCE-ORIENTED MODEL OF
EDUCATIONAL QUALITY MANAGEMENT IN A
DIGITAL UNIVERSITY..... 93

The article describes the quality management system of the educational process in the conditions of digitalization of education on the basis of a competence-oriented model. The practical significance of the application of this system in modern universities is substantiated.

Keywords: digitalization, electronic information and educational environment (EIOS), competence-oriented model.

V. V. Nadvotorskaya, A. A. Popov
ANALYSIS OF READING DEVICES
OF HOUSEHOLD METERING DEVICES 96

The paper considers various levels of information transmission of the general scheme of an automated system for monitoring the readings of household metering devices. The analysis of the devices for reading the readings of household metering devices showed that the type of metering device affects the choice of the reader, depending on this parameter, it is possible to determine the optimal option for reorganizing the system for submitting readings of household metering devices by the management company. The use of a universal portable reader of household meter readings for all types of utility resources is proposed.

Keywords: household metering devices, management companies, reader, level of information transmission, reorganization of the system for supplying readings of household metering devices.

АННОТАЦИИ, СОДЕРЖАНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev, D. E. Puzik,
V. M. Ryzhikh

DEVELOPMENT OF LABORATORY BENCH FOR
MASTERING UAV CONTROL ALGORITHMS AND
PID CONTROL100

The article presents the process of laboratory bench modernization, which is necessary for studying algorithms of automatic control and platform stabilization, which simulates UAV movement.

Keywords: PID-regulation, UAV, training bench, control, collectible-free engine.

Yu. A. Osokin, I. A. Fyodorova

MULTIMODAL BIOMETRIC TECHNOLOGIES104

The article discusses multimodal biometric technologies and their advantages over single-modal systems. Methods of combining biometric samples for different modalities at certain stages of verification are described.

Keywords: biometrics, biometric modality, multimodal biometric systems.

Part 5

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN STUDENT'S WORKS

V. M. Kudaeva, Yu. A. Osokin

COMPRESSION OF ANALOG SPEECH SIGNALS
USING PREDICTORS107

Real speech signals have a finite duration. However, when presented in the frequency domain, their spectra are not limited. Therefore, segmentation of signals into certain time sections (for example, about 10 ms) is required, at which it is considered stationary. As a rule, in processing systems, an analog acoustic speech signal is converted into an electrical signal. The signal is sampled in time and quantized in amplitude. In the process of quantization, distortions (quantization errors) occur, which lead to loss of information. The paper considers transformation options based on compression of analog speech signals using predictors in order to improve the quality and speed of information transmission.

Keywords: speed, information transmission, compression of analog signals, predictors, extrapolation.

S. P. Pronin, O. A. Sheludchenko, E. S. Kononova

FREQUENCY CONTRAST STUDY
CHARACTERISTICS OF THE SMARTPHONE
AT DIFFERENT SPATIAL SETTING WORLDS 110

There is an increasing trend in the scientific world to use smartphones in measurement experiments. Investigations of the frequency-contrast characteristics of the video camera of the iPhone 11 Pro smartphone were carried out at its different spatial orientation relative to the test object. The experimental data were approximated by a polynomial of the second degree. The minimum coefficient of determination was 0.942. Changes in the limiting resolution of a smartphone were experimentally established depending on the spatial orientation of the test object relative to the smartphone.

Keywords: frequency-contrast characteristic, smartphone, limiting resolution, paired strokes, spatial frequency.

V. V. Nadvotorskaya, A. A. Popov

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR READING
READINGS OF HOUSEHOLD METERING
DEVICES..... 113

The paper considers the types of existing household metering devices and their corresponding readings readers and data transmission technologies. The use of a universal portable reader of household meter readings for all types of utility resources is proposed. A block diagram of the device has been developed and hardware has been selected.

Keywords: household metering devices, reader, ESP32-cam platform, management company server, reliable information about the consumption of utility resources.

A. S. Akhmedov, M. V. Gordienko, V. S. Afonin,
A. I. Chadaev

DETERMINATION OF GEOMETRICAL DIMENSIONS OF FREE-FALLING COINS..... 116

The possibilities of using a capacitive converter (EP) to determine the size of freely falling coins are shown. The device of the coin receiver layout and the description of the conducted experiment are given. The results of the work carried out to determine the diameters of coins showed the possibility of using EP for the device of a coin receiver.

Keywords: determination of geometric dimensions, capacitive sensor, coin receiver, measuring circuit.

CONTENTS & ABSTRACTS & KEYWORDS

D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev, D. E. Puzik
IDENTIFICATION OF OPERATION MODES OF
WASHING MACHINE BY ANALYSIS OF ITS
ELECTRICAL PARAMETERS USING NEURAL
NETWORK119

The article presents the process of identifying the operation modes of the washing machine using a neural network, and also justifies the use of convolutional functions to reduce the number of data requiring analysis and increase their information content.

Keywords: smart home, neural networks, active and reactive power, steal machine, convolution, device identification.

V. V. Nadvotskaya, E. A. Engibaryan
INVESTIGATION OF THE CAUSES OF
BENZ(A)PYRENA IN VEGETABLE OIL BY THE
METHOD OF HIGH-EFFICIENCY FAT
CHROMATOGRAPHY122

The paper considers the causes of benzopyrene formation in vegetable oil at all technological stages of its production. The reason for the formation of benzopyrene in vegetable oil is revealed – a violation of the technology of vegetable oil production at the stage of hot pressing and hydration. Sample preparation of samples of a number of refined and unrefined vegetable oil of domestic production was carried out.

Keywords: benzopyrene, carcinogen, vegetable oil, pressing, refining, high-performance liquid chromatography method, sample preparation.

A. A. Chepushtanov, A. V. Krasnov
ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF CAM
TECHNOLOGIES FOR FACILITIES OF
INSTRUMENT MAKING IN THE LIFE CYCLE OF
PRODUCTS BY MORPHOLOGICAL TABLES.....126

The paper presents a method for optimizing the selection of software for the preparation of production of instrument-making objects by the method of morphological analysis. The results of optimization for enterprises of the "medium" category are presented.

Keywords: computer-aided design systems, optimization, morphological table method.

E. M. Patrushev, A. S. Lazarev
OVERVIEW OF EXISTING TECHNOLOGIES USED
IN PROXIMITY SENSORS.....128

The article discusses the existing types of proximity sensors and methods for measuring distance, a comparative analysis of the devices is carried out. Almost all sensors have in common the influence on the

measurement accuracy of the presence of crosstalk that appears when using several closely spaced similar devices. The authors propose the use in sensors of random signals obtained using a chaotic oscillator. The development of a correlometer for a sensor based on a chaotic oscillator is becoming an urgent task.

Keywords: proximity sensor, distance measurement methods, infrared radiation, laser beam, ultrasound, electromagnetic radiation, crosstalk, chaotic oscillator, correlometer.

T. V. Kotlubovskaya, A. A. Krasilov, S. V. Gorenkov,
A. A. Kalashnikov
DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED
CONTROL SYSTEM FOR LABELING PRODUCTS
OF A MANUFACTURING ENTERPRISE..... 133

The article is devoted to the development of a system for automated control of labeling of products of a production enterprise.

Keywords: automated control system, tensometric scales, product marking, belt conveyor, Arduino UNO R3 hardware and software platform, ATmega 328P microcontroller.

V. V. Nadvotskaya, E. A. Engibaryan
SELECTION OF SOFTWARE FOR MARKING
SMALL-SCALE PRODUCTION PRODUCTS 137

The paper presents a comparative analysis of software for marking small-scale production products. The study of the characteristics, capabilities and cost of the software made it possible to give a recommendation to MobileSmarts manufacturers from the company Claverence for the introduction of small-scale production into the labeling system.

Keywords: product labeling, state information system for monitoring goods, small-scale production, production line, software.

A. A. Chepushtanov, D. M. Palshin,
M. E. Kizametdinov, P. E. Voskoboinikov
ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF CAD FOR
CIRCUIT DESIGN IN INSTRUMENT MAKING
METHOD OF MORPHOLOGICAL TABLES. 140

The paper presents a method for optimizing the choice of software for circuit design in instrument engineering by the method of morphological analysis. The results of optimization for enterprises of the "medium" category are presented.

Keywords: Computer-aided design systems, optimization, morphological table method.

АННОТАЦИИ, СОДЕРЖАНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

S. V. Umbetov

COMPUTER CONTROL SIMULATION
CORROSION OF METAL PIPES.....142

The article is devoted to the study of the search for damage to the inner surface of pipes without preliminary extraction from the soil.

Keywords: underground communications, spectrophotometric method, optical method of non-destructive testing.

V. S. Padalko, A. G. Zryumova, I. S. Karedin,
N. V. Iskusnova

DEVELOPMENT OF COMPOSITE MATERIAL FOR
CREATION OF FLEXIBLE STRAIN GAUGES.....144

Recently, there has been a growing demand for highly reliable mechanical sensors for use in robotics and

wearable electronics. Carbon-based materials have been extensively studied as a potential piezoresistive sensitive medium in these devices due to their favorable structural morphology. These stretch sensors can be used in robotic hands to determine the ear position of the joints. The flexible sensor based on the material described in this work demonstrates a high level of compliance with the requirements making it ideal candidates, as a sensor for soft robotics, smart clothes, three-dimensional motion capture systems, posture control systems.

Keywords: flexible sensor, composite material, sensor.

Статьи опубликованы в авторской редакции

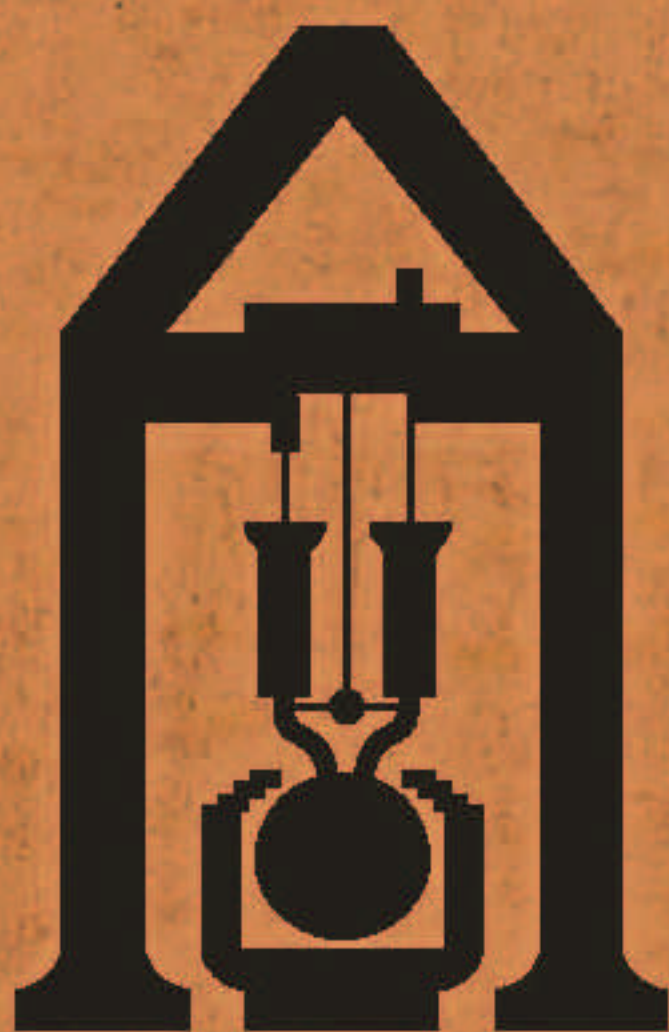
Компьютерная вёрстка и макет: В. А. Соловьев

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Подписано в печать 29.12.2021. Формат 60x81 1/8.
Усл. п. л. 17,67.

Тираж 100 экз. Заказ 2021 –

Отпечатано в типографии АлтГТУ
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46.



ISSN 2079-1097

Издательство АлтГТУ им. И. И. Ползунова

656038 г. Барнаул, пр. Ленина, 46, каб. 113 главного корпуса

тел./факс +7 (3852) 29-09-46

сайт: <http://ipc.altstu.ru/> e-mail: altgtu@mail.ru

Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доц. каф. ТИАрх

НА ОБЛОЖКЕ:

Главный корпус АлтГТУ, памятник И. И. Ползунову, г. Барнаул