

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№7 2022

Направления:

**1.2.2. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**2.3.1. – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**2.3.3. – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**2.3.6. – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2022**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №7 2022г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. – 108 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprt.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.; М.В. Шулаев – д.т.н., проф.*

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

**1.2.2. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

<i>А.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	7
<i>А.А. Ашрятов, И.А. Барина, А.В. Волков, А.Э. Ворожейкин, Д.К. Чуракова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ	10
<i>З.С. Бирюков, И.Н. Данилов, А.С. Раевский</i> РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИМПУЛЬСНОГО РАДИОСИГНАЛА ПЕЛЕНГАТОРОМ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ПОЛИГОНОВ И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ	13
<i>И.Н. Бояришинова, Э.Э. Малков</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА	17
<i>А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова, М.Е. Калинкина</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	21
<i>А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова, М.Е. Калинкина</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН И ПРИЗНАКОВ ДЕГРАДАЦИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	25
<i>Е.Н. Минаев</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИФФУЗИИ КИСЛОРОДА В РАСТВОРЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА	28
<i>Т.Р. Нагорная, К.М. Расулов</i> О КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ПУАНКАРЕ ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ	32

**2.3.1. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

<i>И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина</i> ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫМИ СИГНАЛАМИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	36
<i>А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова</i> СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ДИСТРИБУТИВ RUTNOM(X,Y) ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUTNOM ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	39
<i>Н.В. Пашинова, С.Б. Цыдыпова, Г.Ж. Хандакова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ НА ОРОШЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ	43
<i>В.С. Соколов</i> ЗОНДИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИМ ДВУХЧАСТОТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНИКА	46
<i>Д.И. Тряков, В.И. Полуничев</i> ГАЗОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ СУДОВЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА	50

<i>И.В. Усовик</i> РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОГРАНИЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА	53
<i>Е.Г. Царькова</i> ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	61

2.3.3. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<i>Г.А. Гареева, А.С. Девятьяров, И.Ф. Зиннуров, М.В. Чуприков, И.С. Чернядьев</i> СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СКРИПТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ СТАТУСА РЕЗЕРВНОГО КОПИРОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИНАХ	65
<i>В.А. Левченко</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ НА БАЗЕ GPS/ГЛОНАСС	69
<i>С.Р. Миронченков, Д.С. Рязанов, Ю.И. Аношкин</i> АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ В ГРАФИТОВОЙ КЛАДКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА	75
<i>Н.П. Сметюх, В.А. Кучеренко</i> ДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДИАГНОСТИКИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ	79
<i>А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ БАГАЖА В АЭРОПОРТУ	82

2.3.5. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>А.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ЭМУЛЯТОРОМ	86
<i>В.С. Соколова, В.В. Бажеряну, И.В. Зайченко, А.С. Сизинцева</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	90
<i>А.Г. Уймин</i> ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ МАНИПУЛЯТОРА «МЫШЬ» ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ БИОМЕТРИИ	94

2.3.6. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Н.И. Красовская, А.А. Лещев, А.В. Сычева, О.В. Красовская</i> О БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ	98
--	----

АННОТАЦИИ

101

THE RELEASE MAINTENANCE

1.2.2. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>A.A. Akinin, E.I. Bubchenko, D.A. Jakovlev</i> GEOMETRIC APPROACHES IN FORMING A MACHINE LEARNING SYSTEM	7
<i>A.A. Ashryatov, I.A. Barinova, A.V. Volkov, A.E. Vorozheikin, D.K. Churakova</i> MODELING AND INVESTIGATION OF LIGHT DISTRIBUTION OF AN OPTICAL SYSTEM OF A LIGHTING DEVICE WITH TUNABLE OPTICAL EQUIPMENT	10
<i>Z.S. Biryukov, I.N. Danilov, A.S. Raevskii</i> CALCULATION OF PROBABILITY OF DETECTION OF PULSED RADIO SIGNAL SOURCE BY DIRECTION FINDER IN REAL CONDITIONS OF SEA POLYGONS AND METHODS OF ITS INCREASE	13
<i>I.N. Boyarshinova, E.E. Malkov</i> DEVELOPMENT OF A MOBILE APP WITH THE SOLUTION OF THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM	17
<i>A.G. Korobeynikov, V.L. Tkalich, O.I. Pirozhnikova, M.E. Kalinkina</i> EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF FREQUENCY SPECTRA OF METAL STRUCTURES OPERATING IN THE CONDITIONS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE	21
<i>A.G. Korobeynikov, V.L. Tkalich, O.I. Pirozhnikova, M.E. Kalinkina</i> COMPUTER SIMULATION OF CRACK FORMATION PROCESSES AND SIGNS OF DEGRADATION OF METAL STRUCTURES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE	25
<i>E.N. Minaev</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE NON – -STATIONARY DIFFUSION OF OXYGEN IN LIQUID FOR THE INVESTIGATION OF METAL CORROSION	28
<i>T.R. Nagornaya, K.M. Rasulov</i> ON THE POINCARÉ BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR GENERALIZED HARMONIC FUNCTIONS IN CIRCULAR DOMAINS	32

2.3.1. — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>I.V. Grubrin, I.U. Lygina</i> ESTIMATION OF THE GEOMETRY OF OBJECTS WHEN PROBING SPACE WITH ULTRA-WIDEBAND SIGNALS IN MULTICHANNEL INFORMATION SYSTEMS	36
<i>A.G. Zhornyak, T.A. Morozova</i> SPECIALIZED PYTHON(X,Y) DISTRIBUTION OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING COMPUTING	39
<i>N.V. Pashinova, S.B. Tsydypova, G.Zh. Khandakova</i> THE STUDY OF THE SOIL FOR IRRIGATION, DEPENDING ON ITS DENSITY AND NATURAL HUMIDITY	43
<i>V.S. Sokolov</i> A PHOTORECEIVER FREQUENCY CHARACTERISTIC PROBING BY OPTICAL TWO-FREQUENCY RADIATION	46
<i>D.I. Tryakov, V.I. Polunichev</i> GAS COMPENSATION SYSTEM OF SHIP REACTOR PLANTS AND ITS INFLUENCE ON THE RELIABILITY OF THE OPERATION OF THE FIRST CIRCUIT EQUIPMENT	50
<i>I.V. Usovik</i> IMPROVEMENT OF SPACE DEBRIS MATH MODELING METHODS TO ENSURE MITIGATION SOLUTION OF NEAR EARTH SPACE	53
<i>E.G. Tsarkova</i> DYNAMIC MODEL OF RELIABILITY MANAGEMENT OF AUTOMATED SPECIAL PURPOSE SYSTEMS	61

2.3.3. — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>G.A. Gareeva, A.S. Devyatyarov, I.F. Zinnurov, M.V. Chuprikov, I.S. Chernyadiev</i> CREATING AND IMPLEMENTING A SCRIPT TO AUTOMATICALLY CHECK BACKUP STATUS ON PRODUCTION MACHINES	65
<i>V.A. Levchenko</i> THE COMPUTING METHOD OF INCREASING THE ACCURACY OF COORDINATES DEFINING ON BASE GPS/GLONASS	69
<i>S.R. Mironchenkov, D.S. Ryazanov, Yu.I. Anoshkin</i> ANALYSIS OF THE PATENCY OF THE ABSORBING ROD OF THE CONTROL AND PROTECTION SYSTEM IN THE GRAPHITE MASONRY OF A HIGH-TEMPERATURE GAS-COOLED REACTOR	75
<i>N.P. Smetyukh, V.A. Kucherenko</i> DYNAMIC STRUCTURE DIAGNOSTICS OF SHIP POWER SYSTEM UNDER UNCERTAINTY IN THE EXTERNAL ENVIRONMENT	79
<i>A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina</i> AIRPORT AUTOMATED BAGGAGE SORTING PROCESS CONTROL	82

2.3.5. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>A.A. Akinin, E.I. Bubchenko, D.A. Jakovlev</i> FORECASTING NONLINEAR PROCESSES ON THE BASIS OF A NEURAL NETWORK WITH AN EMULATOR	86
<i>V.S. Sokolova, V.V. Bazheryanu, I.V. Zaichenko, A.S. Sizintseva</i> SIMULATION OF THE FUNCTIONING PROCESS LIQUID HEATING APPLIANCES	90
<i>A.G. Uimin</i> «MOUSE» DATA PREPROCESSING FOR USE IN BEHAVIORAL BIOMETRY ANALYSIS	94

2.3.6. — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>N.I. Krasovskaya, A.A. Leshchev, A.V. Sycheva, O.V. Krasovskaya</i> ON SOFTWARE SECURITY IN THE FIELD OF EDUCATION	98
---	----

ABSTRACTS	101
------------------	-----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ — 1.2.2.

1.2.2.

А.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, jakovlev_d_al@mail.ru

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В работе рассмотрены методы и подходы при построении систем машинного обучения на основе аппарата дифференциальной геометрии и групп Ли. Даны описания актуальных и современных подходов, показаны преимущества и особенности при применении в конкретных задачах.

Ключевые слова: *машинное обучение, дифференциальная геометрия, группы Ли, структурное обучение.*

Введение

Машинное обучение как отрасль искусственного интеллекта в последние годы играет все более важную роль в научных исследованиях. Основная причина этого состоит в том, что развитие этой дисциплины требует разумных методов для обогащения содержания смежных дисциплин. В интеллектуальном методе машинное обучение является наиболее ключевой базовой технологией, обуславливающей возможность исследования сложных процессов. Алгоритмы машинного обучения широко используются в биоинформатике, физике, химии, анализе материалов, анализе больших данных и других передовых направлениях. При этом, различные методы обучения имеют свои преимущества и недостатки.

В данной статье предлагается рассмотреть взгляды и подходы к машинному обучению, основанные на применении подходов и методов дифференциальной геометрии, а именно построение систем машинного обучения на группах Ли.

Обучение на симплектических группах

Для достижения результатов при формировании обучения на симплектических группах следует дать максимально конкретную формализацию рассматриваемой проблематике. То есть, дискретизация должна осуществляться, насколько это возможно, в одних и тех же рамках формализации проблемы, таким образом, в рамках подхода гарантируются валидность и надежность результатов.

В рамках данной статьи под симплектической группой понимаем классическую группу, определяющую набор линейных преобразований в многомерном векторном пространстве. Такое векторное пространство называют симплектическим, а группу, определённую на нём, обозначают $Sp(V)$. При задании базиса на векторном пространстве, группа преобразуется в действие матричного умножения.

Подходы, основанные на симплектической геометрии, дают существенные преимущества в вопросах, связанных с распознаванием образов. Дополнительно заметим, что симплектическая группа также является дифференцируемым многообразием, что позволит работать с процессом преобразования в виде дифференциального уравнения с частными производными.

Глубокое структурное обучение

Групповое машинное обучение Ли и глубокое структурное обучение — это новое машинное обучение методов, которые в последние годы привлекли к себе большое внимание. Глубокое структурное обучение относится к модели обучения, которая содержит несколько уровней нелинейных операций, таких как нейронные сети, которые содержат несколько скрытых слоев, которые состоят из множества нелинейных слоев, которые являются нелинейными функциями и трансформируемыми функциями. Существует определенная связь между слоями, которая предлагает существенные преимущества:

- Глубокое структурное обучение может автоматически извлекать все большее количество абстрактных признаков. Низкоуровневая часть извлекает специфические черты нижнего уровня. После получения этих низкоуровневых функций высокоуровневая часть извлекает расширенные абстрактные признаки от человека и, в конце концов, использует их для классификации;

- Глубокая структура имеет характеристики многослойной нелинейности, которая может представлять крайне нелинейные и сложные функции, необходимые для задач искусственного интеллекта, таких как компьютерное зрение. Эти функции, наконец, преобразуют ввод пикселя изображения в вывод категории. Неглубокая структура не обязательно обладает такой способностью.

- В той же сложной функции глубокая структура более эффективна, чем поверхностная низкая структура, и требуется меньше расчетных единиц и выборок на слой

- Глубокое структурное обучение может быть неконтролируемым или полуконтролируемым для выявления особенностей каждого слоя. Таким образом, избегая учебного надзора может вызвать меньше трудностей.

Обучение глубокой структуре основано на базовом содержании глубокой структуры с точки зрения машинного обучения. Формирование решения на глубокой структуре парадигмы обучения может автоматически извлекать слои абстрактных признаков. Низкоуровневая часть извлекает специфические черты нижнего уровня. После получения этих низкоуровневых функций высокоуровневая часть извлекает расширенные абстрактные функции из них и, наконец, использует их для классификации или распознавания. Характеристики каждого слоя автоматически обнаруживаются алгоритмом обучения без стороннего вмешательства.

Полуконтролируемое обучение на группах Ли

Полууправляемое обучение и групповое машинное обучение Ли — это новое машинное обучение методы, которые в последние годы привлекли к себе значительное внимание. Что касается полу-обучения с учителем, в основном используются пять популярных в настоящее время алгоритмов:

- алгоритм обучения,
- ЭМ-алгоритм с гибридной моделью,
- совместное обучение (коллоборативный алгоритм обучения),
- алгоритм трансдуктивной машины опорных векторов
- алгоритмы на основе графа.

Генеративные модели обычно используются для полуконтролируемого обучения. Предполагается, что модель удовлетворяет вероятностному условию, где распознаваемое смешанное распределение, такое как смешанная модель Гаусса. Этот алгоритм использует генеративную модель в качестве классификатора, рассматривая вероятность того, что большое количество неотмеченных данных относится к каждой категории как набор отсутствующих параметров. Затем для оценки производителей и параметров модели используется оценка максимального правдоподобия, максимальная апостериорная оценка или алгоритм Байеса, чтобы можно было определить смешанные компоненты. В идеальных случаях смешанное распределение можно полностью определить, используя только отмеченный пример компонента.

Генеративные алгоритмы часто используют для решения следующих проблем:

- Идентификация. В идеале гибридная модель должна быть легко параметризуема. В общем случае, параметры используются для представления индексированного семейства распределения.

- Правильная скорость модели. Если предполагается, что смешанная модель верна, неразмеченные данные могут гарантировать увеличение скорости обучения; однако, если модель неверна, немаркированная модель может снизить скорость. Таким образом, важно построить смешанную модель, соответствующую практической ситуации. Например, известно, что заглавие может содержать несколько подзаголовки в контексте текста, а также модель, объединяющая несколько подзаголовков лучше, чем модель, которая использует один.

- Локальная максимизация правдоподобия параметров. Даже если предполагается, что гибридная модель верна, фактическая смешанная компонента определяется ЭМ-алгоритмом, но ЭМ-алгоритм легко приводит к локальному максимуму.

- Кластеризация и маркировка. Вместо использования гибридной модели генерации вероятности некоторые методы используют несколько алгоритмов кластеризации для агрегирования всего набора данных, а затем помечают каждую группу помеченными выборками.

Выводы

Статья рассматривает ряд методов и подходов в машинном обучении, основанных на аппарате дифференциальной геометрии. Даются направления применения конкретных методов, их основные преимущества и особенности при построении систем машинного обучения.

Список литературы

1. *Антонио Джулли, Суджит Пал.* Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow/ пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 294 с.: ил.
2. *Шакла Нишант.* Машинное обучение и TensorFlow. - СПб.: Питер, 2019. – 336 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
3. *Хайкин Саймон.* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. : ил. – Парал. тит. англ.
4. *Галушкин А.И.* Нейронные сети: основы теории. / А.И. Галушкин. - М.: РиС, 2015. - 496 с.
5. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. - М.: Диалектика, 2019. - 1104 с.
6. *Li Fanzhang, Zhang Li, Zhang Zhao.* Lie Group Machine learning./ Li Fanzhang, De Gruyter, 2019

1.2.2.

А.А. Ашрятов, И.А. Баринава, А.В. Волков, А.Э. Ворожейкин, Д.К. Чуракова

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет имени Н.П.Огарёва,
институт электроники и светотехники,
кафедра источники света,
кафедра информационной безопасности и сервиса,
Саранск, barinovastf@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

В работе представлены результаты моделирования, прототипирования и исследования светораспределения оптической системы осветительного прибора с перестраиваемой светотехнической арматурой. Результаты исследования формы кривой силы света опытного образца показали, что в зависимости от положения зеркал и площади излучающей поверхности матрицы эта кривая может изменяться от косинусной до глубокой.

Ключевые слова: светодиодная матрица, плоскопараллельные отражающие поверхности, перестраиваемая светотехническая арматура, осветительный прибор, кривая силы света.

В современных условиях развития светодиодного производства выбор различных светотехнических устройств на их основе очень широк. Интересным решением для конструирования осветительных приборов (ОП) являются светодиодные матрицы. Они по сравнению со светодиодными модулями имеют ряд достоинств [1]: при равной мощности размер светодиодной матрицы меньше, чем размер светодиодного модуля; возможно достижение высокой интенсивности светового потока при относительно небольших размерах; равномерная световая полоса.

При выборе оптики для матрицы учитывалось, что ОП с зеркальными отражателями имеют некоторые преимущества по сравнению со ОП с линзовой оптикой [2-3]: более высокий КПД; большое разнообразие кривых силы света (КСС); больший угол охвата; меньшая масса.

Перспективными являются светильники с перестраиваемой оптикой. Такие светильники позволяют перераспределять световой поток в пространстве, менять уровень освещенности на рабочей поверхности, делать акцент на элементах интерьера.

Учитывая вышесказанное, актуальной является разработка и исследование характеристик оптической системы с перестраиваемой светотехнической арматурой.

Цель работы – анализ влияния площади излучающей поверхности светодиодных матриц и размеров плоскопараллельных отражающих поверхностей на светораспределение. Новизна проблематики заключается в том, что в настоящее время светодиодные матрицы со вторичной зеркальной оптикой не применяются для создания перестраиваемых ОП, и влияние разноориентированного монтажа отражающей поверхности на КСС светодиодных матриц не изучено.

В качестве источников света для разрабатываемого ОП были выбраны светодиодные матрицы различных размеров. Ключевым параметром выбора данных светодиодных панелей является разная площадь излучающей поверхности, которая задаётся определённым соотношением длины и ширины излучателя. Данные матрицы разработаны для архитектурной и декоративной подсветки. Они имеют большой срок службы, стабильные характеристики, отличаются устойчивостью к вибрации, перепадам температуры, повышенной влажности окружающей среды.

В качестве оптической системы была выбрана отражающая поверхность в виде двух плоскопараллельных зеркал. Конструкция должна позволять изменять положение зеркальных отражающих поверхностей относительно светодиодных матриц. Ее достоинства: возможность перестроения оптической системы, а, следовательно КСС; простота конструкции; малое потребление энергии; отсутствие шумов при работе; легкость.

Для оптимального режима работы светодиодной матрицы был сконструирован алюминиевый радиатор. Такой выбор обусловлен лёгкостью, низкой стоимостью и хорошими теплопроводящими свойствами этого металла.

Моделирование сборочных единиц и построение 3D-модели опытного образца было выполнено в программе КОМПАС-3D. Спроектированная модель оптической системы ОП представлена на рисунке 1.

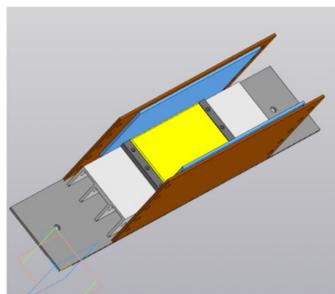


Рис. 1 – Сборка оптической системы осветительного прибора с перестраиваемой светотехнической арматурой

По полученной 3D-модели был сконструирован опытный образец оптической системы осветительного прибора. Его светодиодная матрица, соединенная с радиатором, могла менять свое положение относительно зеркальных поверхностей и фиксировалась через отверстия в радиаторе с помощью резьбовой шпильки. При изменении положения зеркал менялись их высота и площадь. Таким образом, можно было получить 4 положения зеркал: 1-е – с максимальной площадью, 4-е – с минимальной (рисунок 2).



положение 1

положение 2

положение 3

положение 4

Рис. 2 – Варианты расположения опытного образца оптической системы осветительного прибора с перестраиваемой светотехнической арматурой

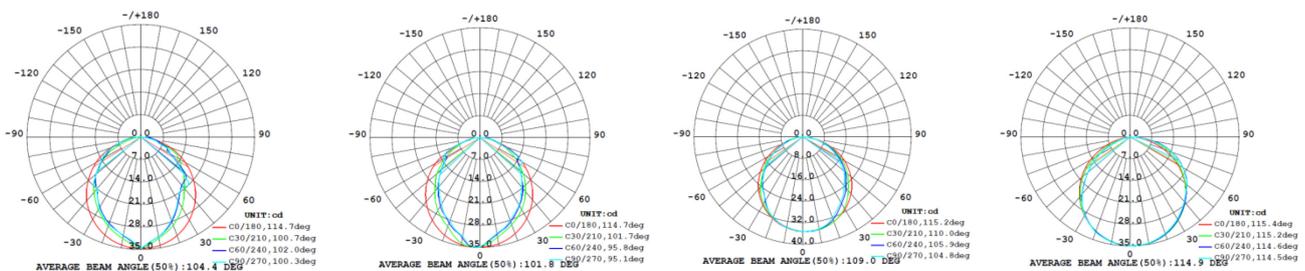
Для исследований функциональных возможностей перестраиваемой оптической системы опытного образца были проведены экспериментальные исследования кривой силы. Исследования проводились на гониофотометре GO-2000. Светодиодную матрицу закрепляли на нем и с помощью юстировочного лазера совмещали оптическую ось светодиодной матрицы с осью, совпадающей с центром фотометрической головки. После стабилизации световых параметров матрицы запускался процесс фотометрирования.

Как показали исследования, все матрицы без оптики имеют круглосимметричную косинусную КСС.

Далее проводилось исследование светораспределения светодиодных матриц с использованием вторичной оптики в виде зеркальной поверхности. Измерение КСС проводилось в четырех меридиональных плоскостях.

Результаты исследования формы КСС оптической системы осветительного прибора при использовании оптической системы из зеркальных отражающих поверхностей 140 x 60 мм, полученные на гониофотометре, представлены на рисунке 3.

Подобным образом были сняты КСС для оптических систем с остальными матрицами.



положение 1

положение 2

положение 3

положение 4

Рис. 3 – КСС оптической системы осветительного прибора с светодиодной матрицей 94 x 50 мм с различным положением отражающей поверхности

По результатам проведенных исследований в работе получено следующее:

- установлено, что для ОП с перестраиваемой оптической системой в качестве источника света наиболее перспективным вариантом является светодиодная матрица;
- в качестве оптической системы наиболее оптимальным вариантом является система в виде плоскопараллельных отражающих поверхностей;
- выявлено, что в зависимости от положения зеркал и площади излучающей поверхности матрицы КСС может меняться от косинусной до глубокой;
- чем шире и короче матрица, тем ближе КСС к косинусной; чем уже и короче матрица, тем ближе КСС к глубокой;
- выяснено, что чем меньше высота отражающей поверхности, тем шире КСС;
- разработанная оптическая система осветительного прибора с перестраиваемой светотехнической арматурой позволяет создать как общее, так и акцентирующее освещение.

Список литературы

1. Байнева И.И., Байнев В.В. Анализ исследования оптических систем для светодиодных световых приборов // *Фундаментальные и прикладные проблемы физики: Материалы X Международной научно-технической конференции тезисы докл. Всерос. конф.* (Саранск, 20-22 ноября 2017 г.). – Саранск, 2017. – С. 160.
2. Николаев Д., Щеглов С. Основы формирования углового распределения силы света при конструировании ПСП // *Полупроводниковая светотехника*. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 43.
3. Трембач В.В. Световые приборы: учеб. для вузов по спец. «Светотехника и источников света» – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 217.

1.2.2.

З.С. Бирюков, И.Н. Данилов, А.С. Раевский

Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»,
НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород

**РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА
ИМПУЛЬСНОГО РАДИОСИГНАЛА ПЕЛЕНГАТОРОМ
В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ПОЛИГОНОВ
И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ**

При проведении испытаний в условия морских полигонов, в ходе которых необходимо с помощью радиопеленгатора определить местоположения радиомаяка (РМ), возникает проблема обнаружения последнего при волнении моря. В данной работе проведен расчёт параметров РМ, для определения работоспособности радиоканала РМ-радиопеленгатор с помощью метода Шулейкина-Ван-дер-Поля. Расчет вероятности обнаружения радиомаяка в условиях морских полигонов был проведён с помощью САПР «Radio Mobile» совместно с задействованием программного модулем “Sea Swell”.

Ключевые слова: радиомаяк, радиопеленгатор, вероятность обнаружения радиомаяка.

При проведении поисково-спасательных работ, а также поисковых мероприятий в ходе проведения различных испытаний для получения информации о месте нахождения объекта используют различные навигационные пеленгующие системы. При этом искомый объект, как правило, излучает радиочастотный сигнал, то есть имеет в своем составе радиомаяк (РМ). В реальных условиях морских полигонов при волнении моря до трех баллов включительно вероятность обнаружения такого РМ будет зависеть от степени волнения моря, от дальности до РМ, и от характеристик пеленгатора – приемника излучения, в том числе и от высоты расположения его антенны над морской поверхностью. Предлагается провести расчет для определения работоспособности радиоканала РМ-радиопеленгатор, и расчет вероятности обнаружения РМ в условиях морских полигонов.

Излучатель (РМ) и приемник (радиопеленгатор РПА-500) располагаются над гладкой морской поверхностью. Антенна излучателя в виде вертикального вибратора длиной $\sim 0,16$ м установлена на носителе РМ, соответствующая высота центра антенны $h_1 \approx 0,1$ м. Антенна приемника установлена на высоте $h_2 \approx 3$ м. Расстояние между излучателем и приемником $R \leq 3000$ м. Напряженность электрического поля в месте расположения антенны приемника должна быть не менее 10 мкВ/м. Мощность сигнала на входе антенны излучателя $P_{\text{и}} \approx 0,5$ Вт. Длина волны излучаемого сигнала $\lambda \approx 0,67$ м. Коэффициент усиления антенны излучателя $\sim G_{\text{и}} \approx -5$ дБ.

В приближении плоской поверхности для антенн, расположенных вблизи поверхности Земли ($h_1 \ll \lambda$ и $h_2 \ll \lambda$) используют формулу Шулейкина-Ван-дер-Поля, которая имеет вид:

$$E_{\text{ш}} = E_{\text{ип}} \cdot F(x) \quad (1)$$

где $E_{\text{ип}}$ – напряженность поля в случае идеально проводящей поверхности,

$$E_{\text{ип}} = \frac{245 \sqrt{P_{\text{и}} \cdot G_{\text{и}} \cdot 10^{-3}}}{R} \cdot 10^6, \text{ мкВ/м} \quad (2)$$

$F(x)$ – множитель ослабления, зависящий от безразмерного численного расстояния.

Для небольших высот подвеса антенн в работе [1] со ссылкой на работу [2] приведена упрощенная инженерная формула расчета. С привязкой к формуле Шулейкина Ван-дер-Поля (1, 2) выражение для множителя ослабления имеет вид:

$$F = \frac{2\pi\sqrt{h_1^2 + h_0^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + h_0^2}}{\lambda \cdot R} \quad (3)$$

где h_0 – минимальная эффективная высота антенны, которая определяется:

$$h_0 = \frac{\lambda}{2\pi \cdot q}, \text{ м} \quad (4)$$

При вертикальной поляризации:

$$q_v = \left| \frac{\sqrt{\varepsilon - (\cos \gamma)^2}}{\varepsilon} \right| \quad (5)$$

где $\gamma \approx \frac{h_1 + h_2}{R}$ – угол встречи в радианах для случая $h_1 + h_2 \ll R$, ε – комплексная диэлектрическая проницаемость материала поверхности (в нашем случае морской воды).

При горизонтальной поляризации:

$$q_r = \left| \sqrt{\varepsilon - (\cos \gamma)^2} \right| \quad (6)$$

Использование формул (1-6) возможно при выполнении следующих условий: расстояние между передающей и приемной антеннами должно находиться в пределах прямой видимости, приближение плоской земли, высоты установки одной из антенн (или обеих) $\ll h_0$, численное расстояние $x > 25$.

Определим, выполняется условие приближение плоской земли в нашем случае. В [3] дана формула, определяющая расстояние до передатчика, при котором ошибка расчета напряженности поля в приближении плоской земли не превысит 10%:

$$R_{\text{км}} \leq 7 \cdot \sqrt[3]{\lambda_{\text{м}}}, \text{ км} \quad (7)$$

Для $\lambda \approx 0,67$ м в соответствии с этой формулой на расстояниях $R \leq 6,2$ км приближение «плоской Земли» допустимо.

Выполняется в нашем случае и условие прямой видимости даже для случая субрефракции.

Определим, находятся приемная и передающая антенны в пределах прямой видимости. Выражение для расстояния прямой видимости с учетом рефракции в тропосфере имеет следующий вид [4]:

$$R_{\text{пр}} = \sqrt{2a_3}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \text{ м} \quad (8)$$

где $a_3 = \frac{a}{1 + \frac{ag}{2}}$, м – эквивалентный радиус Земли с учетом рефракции в тропосфере, $a = 6,37 \cdot 10^6$, м – принимаемый физический радиус Земли, g , 1/м – вертикальный градиент диэлектрической проницаемости воздуха в приземном слое.

В работе [5] приведены параметры аппроксимирующего нормального закона для распределений g . С вероятностью не менее 0,997 $g \approx 14 \cdot 10^{-8}$ 1/м. В соответствии с выражением (10) расстояние прямой видимости превысит 6 км.

Для проверки оставшихся условий (и выполнения расчетов) необходимы значения комплексной диэлектрической проницаемости морской поверхности в рассматриваемом диапазоне длин волн.

Для дальнейших расчетов выберем из [6] значения, соответствующие рассматриваемому диапазону частот: $\varepsilon \approx 80 + i80$. Тогда, подставляя выбранное значение ε в соответствующие выражения, получим $h_1 \ll h_0$ ($h_0 \approx 1,177$). Результаты расчета напряженности электрического поля для рассматриваемых условий приведены на рисунке 1.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы: методика Шулейкина-Ван-дер-Поля и набор инженерных формул для заданных исходных данных позволяет выполнить расчет напряженности электрического поля в месте расположения антенны приемника, показано, что методика расчета применима для условий рассматриваемой задачи, расчеты выполнены в предположении гладкой морской поверхности. Очевидно, что при волнении из-за возможной экранировки волнами линии прямой видимости между антеннами, мгновенные значения напряженности поля будут претерпевать замирания. Однако, если выбрать время наблюдения достаточно большим (~15...20 секунд), антенны излучателя и приемника с большой вероятностью будут

находиться за это время не только во впадинах, но и на гребнях волн, когда условие прямой видимости выполняется.

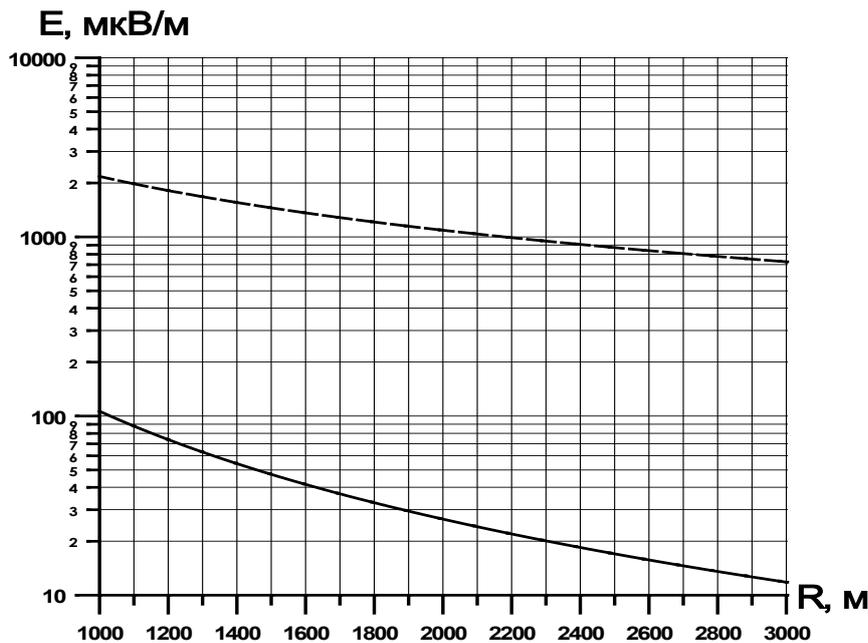


Рис. 1 - Зависимость напряженности электрического поля от расстояния между излучателем и приемником.

(Пунктирная кривая – при распространении в свободном пространстве, сплошная кривая – с учетом влияния морской поверхности.)

Полученное значение напряженности поля для наибольшей из рассматриваемых дальностей (~12 мкВ/м для расстояния ~3 км) лишь ненамного превышает требуемое значение (10 мкВ/м), поэтому целесообразно увеличить энергетические характеристики линии связи. Подъем приемной антенны до высоты ~5 м даст дополнительную прибавку в уровне принимаемого сигнала ~4 дБ.

Расчет вероятности обнаружения $P_{об}$ радиомаяка сводится к определению его максимальной зоны обнаружения судном.

Определение максимальных зон обнаружения радиомаяка судном производится средствами системы автоматизированного проектирования (САПР) программного комплекса по распространению радиоволн и виртуальному картографированию «Radio Mobile» совместно с задействованием программного модулем «Sea Swell».

В САПР «Radio Mobile» заложена модель распространения радиоволн «Лонгли-Райса», которая учитывает суммарные потери при распространении радиоволны: дифракционные и интерференционные потери, а также затухания в линии на участке «фидер-волновод-соединители».

Учет дифракционных и интерференционных потерь ведется средствами указанной САПР путем автоматического анализа построения зон Френеля с учетом характера подстилающей поверхности на основе данных, взятых из баз данных SRTM, GTOPO30 и SWBD.

Расчетно-теоретические исследования по определению максимальной зоны обнаружения радиомаяка (РМ), дрейфующего в открытом море, средствами радиоприемного устройства на базе радиопеленгатора РПА-500, размещаемым на судне, производятся для трех случаев волнения морской поверхности. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – результаты расчета вероятности обнаружения РМ

Сила ветра 0 баллов		Сила ветра 3 баллов		Сила ветра 5 баллов	
h_2 , м	$P_{об,ед}$	h_2 , м	$P_{об,ед}$	h_2 , м	$P_{об,ед}$
8,67-10,9	0,85	1,8-5,0	0,85	1,77-4,12	0,85
7,4-8,99	0,90	1,5-4,27	0,90	1,45-3,30	0,90
5,53-6,78	0,95	1,29-3,48	0,95	1,25-2,80	0,95
3,07-3,95	0,99	0,75-2,25	0,99	0,7-1,9	0,99

Таким образом, расчёт показал работоспособность радиоканала РМ – радиопеленгатор (РПА–500) при расположении антенны радиопеленгатора над уровнем поверхности на расстоянии 3000 м на высоте не менее 3 м. При этом определяющим фактором увеличения вероятности обнаружения сигнала РМ с помощью радиопеленгатора является увеличение высоты расположения приёмной антенны над морской поверхностью.

Список литературы

1. *Долуханов М.П.* Распространение радиоволн. Учебник для вузов. М., «Связь», 1972 г.
2. *Bullington K.* – «Proc. IRE», v. 35, 1947, pp. 1122–1136.
3. *Черенкова Е.Л., Чернышев О.В.* Распространение радиоволн. Учебник для вузов связи. М., «Радио и связь», 1984 г.
4. *Калинин А.И.* Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. М., «Связь», 1979 г.
5. Методика расчета трасс аналоговых и цифровых РРЛ прямой видимости, том 1, М., НИИР, 1987 г.
6. Справочник химика 21. Химия и химические технологии.
<https://www.chem21.info/info/352948/>.

1.2.2.

И.Н. Бояршинова, Э.Э. Малков

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет,
факультет прикладной математики и механики,
кафедра Вычислительной математики, механики и биомеханики,
Пермь, malikedy@gmail.com

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА

В статье представлена реализация решения задачи коммивояжера в мобильном приложении для построения оптимального маршрута между несколькими пунктами назначения. Решение задачи коммивояжера получено с помощью метода ветвей и границ. Мобильное приложение создано в среде разработки Android studio на языке программирования Java.

Ключевые слова: *оптимальный маршрут, задача коммивояжера, метод ветвей и границ, мобильное приложение.*

Введение

В современном мире большинство людей пользуются смартфонами, которые помогают ориентироваться в нагруженных улицах и искать самый быстрый и короткий маршрут. В настоящее время роста скоростей и цен, стремления к экономии времени и средств остро стоят проблемы оптимизации затрат, в том числе – времени [1]. К сожалению, в доступных мобильных приложениях отсутствует возможность поиска оптимального пути между несколькими пунктами. Эту цель поставили авторы в данной работе. Для анализа актуальности задачи рассмотрено несколько сервисов, самые популярные из них: «Google maps», «Яндекс карты», «2ГИС» и «Poncy».

В результате обзора выяснилось, что среди популярных сервисов нет удобных и бесплатных решений построения оптимального маршрута посещения нескольких пунктов назначения, что подтверждает актуальность предлагаемой работы.

1. Постановка и методика решения задачи

Задача коммивояжера является одной из популярных задач оптимизации. Цель задачи состоит в нахождении самого выгодного маршрута (в нашем случае – кратчайшего), проходящего через все заданные пункты только по одному разу с последующим возвратом в исходную точку [2,3].

Рассматриваемая задача – это задача целочисленного программирования. Пусть $x_{ij}=1$, если совершается переход из i -ого пункта в j -й, и $x_{ij}=0$, если не совершается. Условно введем $(n+1)$ -й пункт, дистанции от которого до любого другого, кроме первого, равны дистанциям от первого пункта. Таким образом, если начальный пункт возможно только покинуть, то в $(n+1)$ -й – возможно только зайти.

$I = \{1, \dots, n\}$ – множество всех пунктов, матрица (c_{ij}) – попарные расстояния между пунктами, $1 \leq i, j \leq n$.

Переменные задачи:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если дуга из пункта } i \text{ в пункт } j \text{ активна,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Целевая функция:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \forall j \in I, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \forall i \in I, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in I \setminus S} x_{ij} \geq 1, \forall S \subset I, S \neq \emptyset. \quad (4)$$

Отсутствие точного и оптимального по затратам метода решения поставленной задачи коммивояжера и попытки его создать привели к появлению множества методов, различающихся точностью находимого решения, сложностью необходимых вычислений и требуемыми инструментами: метод полного перебора (единственный, дающий точное решение), метод ближайшего соседа, метод ветвей и границ, генетический алгоритм, муравьиный алгоритм и другие.

В результате сравнения этих методов по затратам времени, точности получаемого решения, сложности программной реализации для создаваемого приложения был выбран метод ветвей и границ – один из методов оптимизации, полученный из метода полного перебора, но отличается от него отсевом в ходе вычислений подмножеств неэффективных решений.

2. Реализация решения в мобильном приложении

Для реализации мобильного приложения была выбрана среда разработки Android studio и язык программирования Java [4]. В ходе разработки была использована библиотека от компании Яндекс – «Yandex Map Kit», которая позволила применять готовую актуальную карту от Яндекса с отмеченными дорогами, по которым можно строить оптимальные маршруты.

На рисунке 1 представлены вид экрана пользователя при запуске мобильного приложения с кнопками навигации для определения местоположения и построения маршрута и экран, который видит пользователь при добавлении и удалении маршрутов.

На рисунке отмечены кнопки навигации в приложении: 1 – кнопка для определения местоположения пользователя; 2 – кнопка для добавления адресов в маршрут; 3 – кнопка для построения маршрута; 4 – кнопки для увеличения и уменьшения масштаба карты.

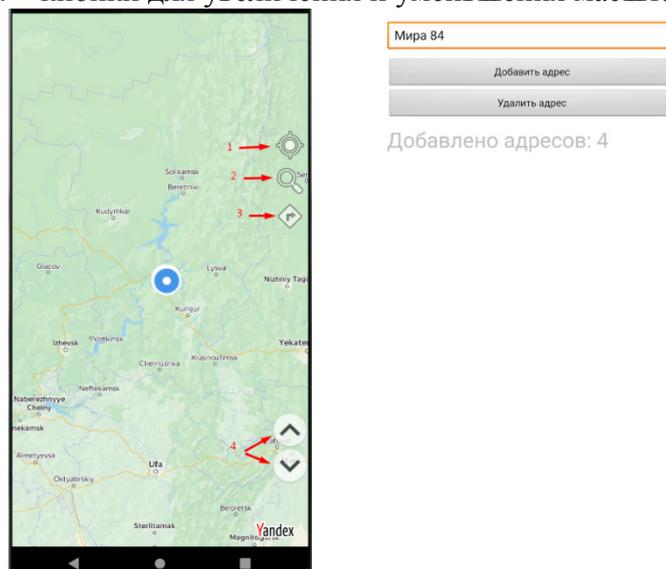


Рис. 1 – Начальная страница и добавление пунктов назначения

3. Примеры работы приложения

На рисунке 2 представлено сравнение двух маршрутов, которые проходят через одни и те же пункты, но в первом случае (а) маршрут построен без оптимизации, по порядку ввода точек. Во втором случае (б) маршрут построен с оптимизацией. Порядок проезда отмечен номерами, где точка 0 это точка старта и точка финиша, а также – стрелками.

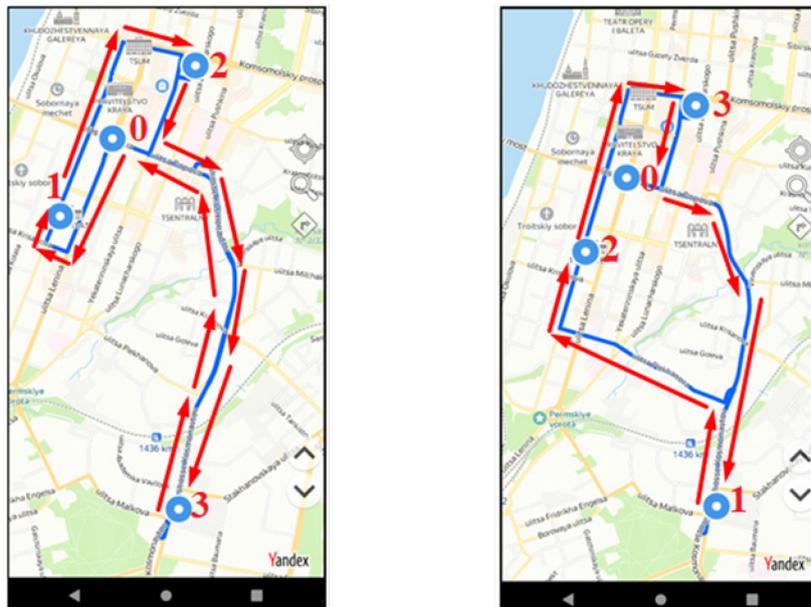


Рис. 2 – Построенные маршруты

a) – маршрут без оптимизации b) – оптимизированный маршрут

По этим изображениям мы можем заметить, как изменился маршрут и порядок объезда точек. До оптимизации длина маршрута составляла 12,3 км, после оптимизации – 11,4 км. Таким образом, длина маршрута уменьшилась на 7,3%.

На рисунке 3 представлен более сложный маршрут. В первом случае (a) маршрут построен без оптимизации, точки добавлены в маршрут в случайном порядке, и общая протяженность составляет 155 км, а во втором случае (b) маршрут оптимизирован, и его длина составляет 113 км. Данный маршрут сократился в результате оптимизации на 27%.

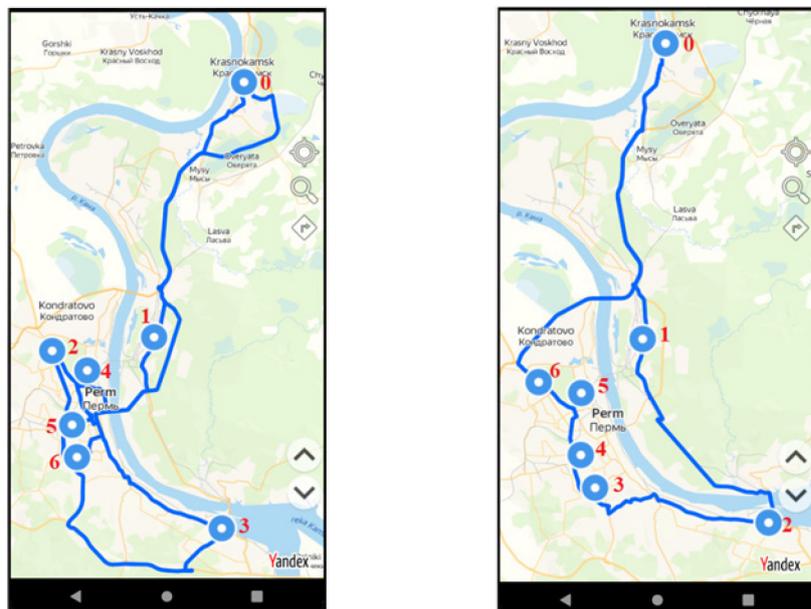


Рис. 3 – Построенные маршруты

a) – маршрут без оптимизации b) – оптимизированный маршрут

Заключение

Итогом предлагаемой разработки является мобильное приложение с встроенным решением задачи коммивояжера для вычисления оптимального пути объезда нескольких пунктов назначения методом ветвей и границ. Программный продукт доступен и прост в использовании. Приложение реализовано на языке Java для операционных систем Android.

Список литературы

1. *Бояришинов М.Г., Бояришинова И.Н., Потапова И.А., Исмагилов Т.Р.* Оптимизация цикла работы светофора на регулируемом перекрестке // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3 (27). С. 85-93.
2. *Гимади Э.Х.* Алгоритм для приближенного решения задачи коммивояжера и его вероятностный анализ / Э.Х. Гимади, Н.И. Глебов, А.И. Сердюков. – Сиб. журн. исслед. операций, 1994. – №2. – 8-17 с.
3. *Копылова Е.С., Николаева Д.С., Бунтова Е.В.* Решение задачи коммивояжера с использованием метода ветвей и границ // Human progress. – 2018. - Том 4, № 4. – С. 3-8.
4. Documentation for app developers [Электронный ресурс] - URL: <https://developer.android.com/docs?hl=ru> (Дата обращения 20.05.2022)

1.2.2.

**А.Г. Коробейников д-р техн. наук, В.Л. Ткалич д-р техн. наук,
О.И. Пирожникова канд. техн. наук, М.Е. Калинкина**

Национальный исследовательский университет ИТМО,
факультет безопасности информационных технологий,
Санкт-Петербург, korobeynikov_a_g@mail.ru, vera_leonidovna_tkalich@mail.ru,
o.pirozhnikova10@gmail.com, Mariia_Kalinkina@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Обоснована целесообразность применения акустико-эмиссионных методов при оценке ресурса долговечности и надежности металлических изделий в объектах транспортной инфраструктуры. Уточнены расчетные значения частотных диапазонов работы пьезоэлектрического акселерометра, а также осуществлено построение его фазо-частотных и амплитудно-частотных характеристик. На устройства получены патенты РФ и выполнено изготовление их опытных образцов.

Ключевые слова: *частотные спектры, пьезоакселерометр, металлоконструкция, транспортная инфраструктура, объект мониторинга, акустические колебания, электрический сигнал.*

Определение степени критического повреждения структуры материала ответственных металлоконструкций, таких как железнодорожные рельсы, башенные краны в порту, корпуса реакторов ледоколов и так далее, относится к актуальным задачам настоящего времени. Анализ фактов дефектообразования и ресурса работы таких объектов является важнейшим направлением в теоретических и практических исследованиях прочности материалов. Особенно важен поиск решения этих проблем для конструкций, работающих в условиях, вибрации, ударных и циклических нагрузок, так как высокие частоты, порождаемые этими нагрузками, ведут к неуправляемому быстрому развитию процесса деградации материала. Впоследствии процессы деградации материала, вызванные наличием трещин, приводит к разрушению всей конструкции.

Для осуществления неразрушающей дефектоскопии целесообразно использовать пьезоэлектрические преобразователи, обладающие расширенным частотным диапазоном (до 220 кГц). Такой частотный диапазон позволяет обрабатывать короткие виброакустические сигналы высокочастотного звукового и ультразвукового диапазона. Для проведения экспериментальных исследований были разработаны пьезоэлектрические акселерометр [1] и магнитный держатель [2] и выполнены их опытные образцы.

С помощью установки для экспериментального анализа частотных спектров металлоконструкции (Рис. 1) проведен частотный и спектральный анализ сигнала акустоэмиссии (АЭ), с применением вейвлет-преобразований [3-5]. Все расчеты проводились в системе MATLAB, при помощи которой можно решать задачи в различных предметных областях [6-8].

Осуществлен частотно-временной анализ импульса АЭ, применяемого при оценке дефектов объектов мониторинга транспортной инфраструктуры, работающих в условиях различных вибрационных нагрузок.

После выбора вариантов исполнения (формы) пьезоэлементов проведена разработка конструкции пьезоэлектрического акселерометра [1,2] и выполнены экспериментальные образцы вибропреобразователя.

Ориентировочное значение резонансной частоты при проектировании конструкции вибропреобразователя - в диапазоне 13500 – 14500 Гц.

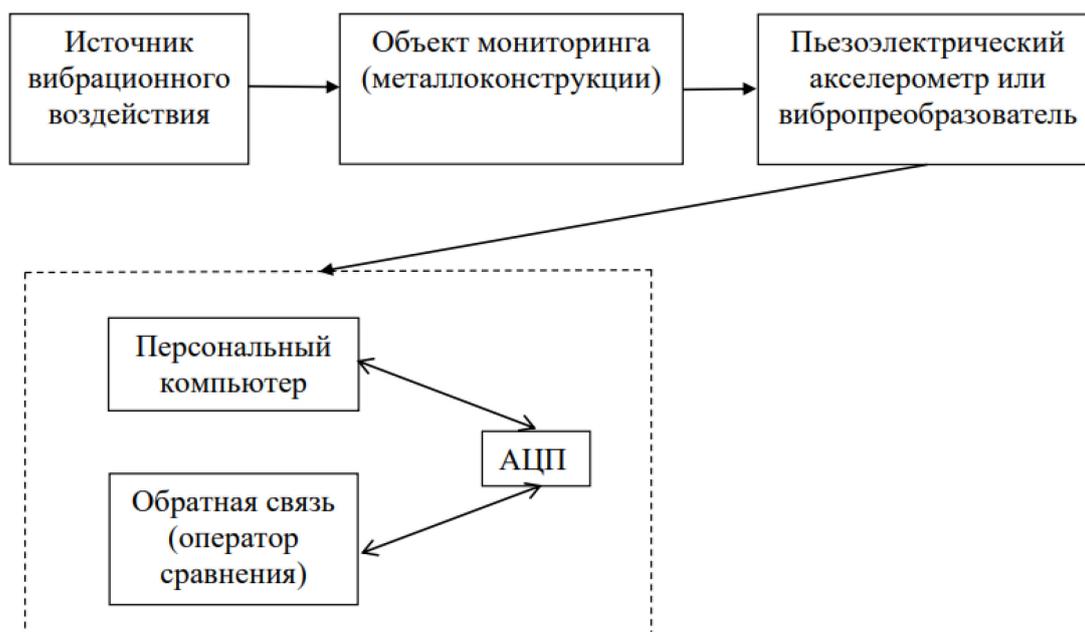


Рис. 1 – Схема установки для экспериментального исследования частотных спектров металлоконструкций

В результате сканирования в диапазоне частот 5000 – 20000 Гц с помощью схемы ВС-321, адаптированной под реальные возможности, доступные для проведения экспериментов, была определена частота установочного резонанса опытного образца 14120 Гц при увеличении момента усилия затяжки до 2,5 Н·м при сборке. При увеличении момента усилия затяжки до 3,6 Н·м резонансная частота увеличивается до 14560 Гц. В итоге исследования в качестве 1-го дополнительного диапазона частот выбран поддиапазон 17500-22500 Гц, в качестве второго дополнительного диапазона частот выбран поддиапазон 33000 – 38000 Гц. Реальная средняя неравномерность частотной характеристики АЧХ представлена на рис. 2

Также была замерена и построена в виде графика неравномерность характеристики ФЧХ (Рис. 3).

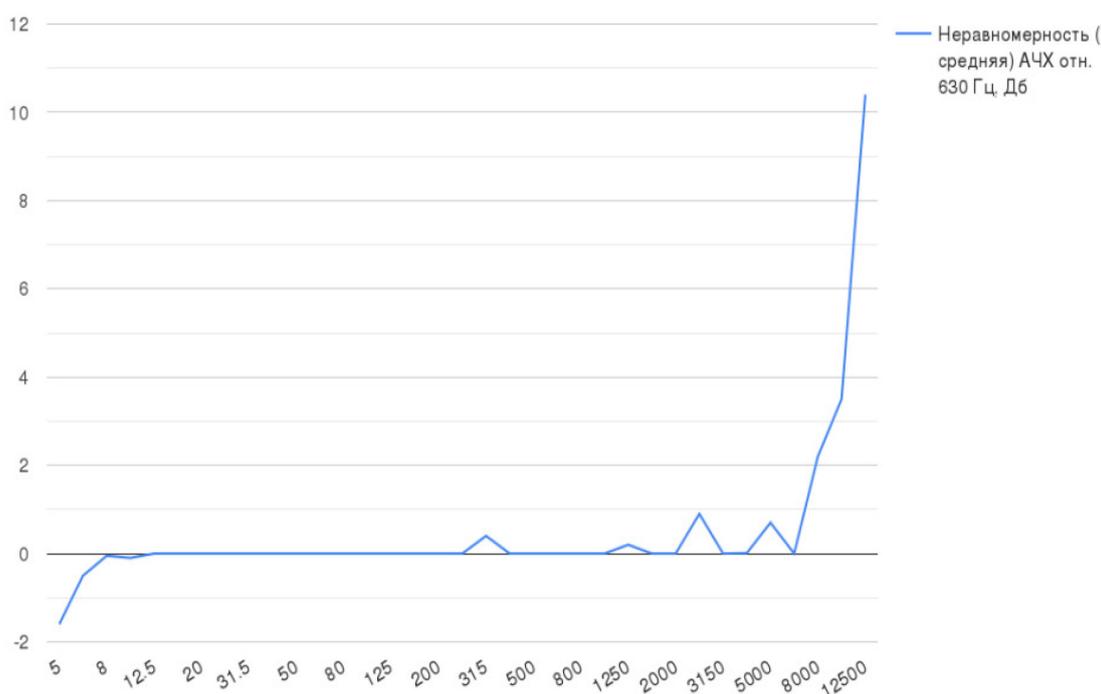


Рис. 2 – Неравномерность АЧХ относительно частоты 630 Гц

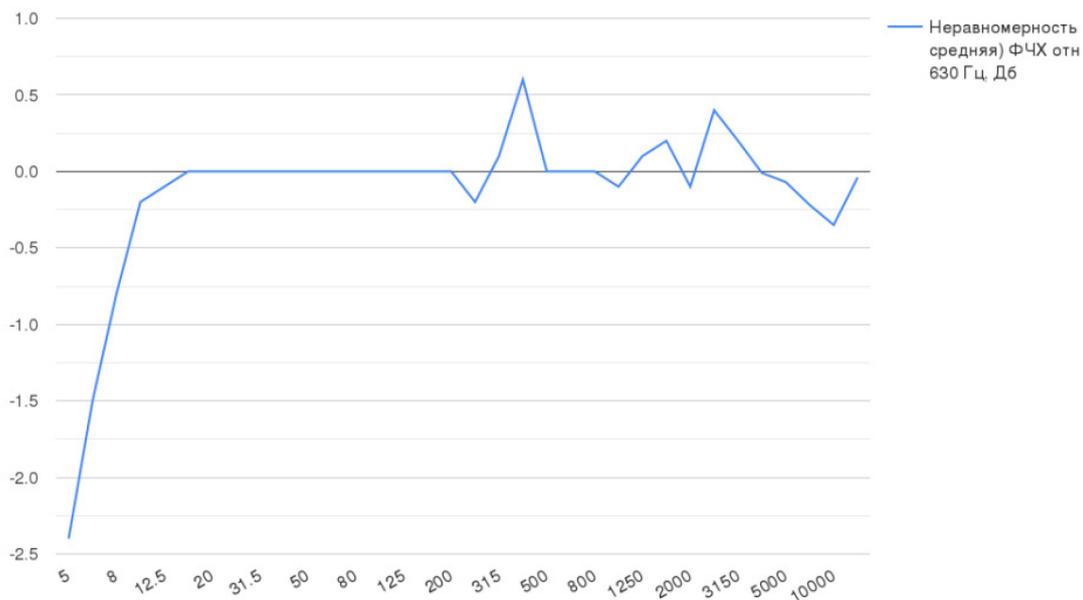


Рис. 3 - Неравномерность ФЧХ относительно частоты 630 Гц

Таким образом, авторами статьи осуществлена разработка пьезоакселерометра с магнитным держателем для задач экспериментального выявления факта наличия внутренних дефектов, в частности трещин в структуре металлических изделий, предназначенных для работы на объектах транспортной инфраструктуры. На устройства получены патенты РФ и выполнено изготовление их опытных образцов. Экспериментально уточнены частотные диапазоны работы пьезоакселерометра, а также построены его фазо-частотные характеристики и амплитудно-частотные характеристики.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-5323.2022.4

Список литературы

1. Ткалич В.Л., Бибиков С.В., Калинин М.Е., Пирожникова О.И., Марусина М.Я. Пьезоэлектрический акселерометр. Патент на полезную модель. № 202246. Дата гос.регистрации в Государственном реестре полезных моделей РФ 09 февраля 2021 г
2. Ткалич В.Л., Бибиков С.В., Калинин М.Е., Пирожникова О.И., Марусина М.Я. Магнитный держатель пьезоэлектрического виброобразователя. Патент на полезную модель. № 201522. Дата гос.регистрации в Государственном реестре полезных моделей РФ 21 декабря 2020 г.
3. Ткалич В.Л., Лузина Н.П. Контроль технических изделий методом акустической эмиссии // Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции Марийского государственного технического университета. Йошкар-Ола, часть 1, 2011, С.78-85.
4. Мунтян Е.Р. Использование нечетких ГН-моделей для представления сложных технических систем//Информатизация и связь. 2021. № 3. С. 55-60. DOI: 10.34219/2078-8320-2021-12-3-55-60
5. Колоденкова А.Е., Верещагина С.С., Мунтян Е.Р. Разработка единой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для диагностирования электротехнического оборудования промышленности//В сборнике: XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019. Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2019. С. 1874-1878. DOI: 10.25728/vspu.2019.1874
6. Гришенцев А.Ю., Коробейников А.Г. Понижение размерности пространства при корреляции и свертке цифровых сигналов//Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 3. С. 211- 218.

7. *Korobeynikov A.G., Grishentsev A.Y., Velichko E.N., Aleksanin S.A., Fedosovskii M.E., Bondarenko I.B., Korikov C.C.* Calculation Of Regularization Parameter In The Problem Of Blur Removal In Digital Image//Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2016, Vol. 25, № 3, pp. 184-191
8. *Korobeynikov A.G., Fedosovsky M.E., Zharinov I.O., Shukalov A.V., Gurjanov A.V.* Development of conceptual modeling method to solve the tasks of computer-aided design of difficult technical complexes on the basis of category theory// International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12, № 6, pp. 1114-1122

1.2.2.

**А.Г. Коробейников д-р техн. наук, В.Л. Ткалич д-р техн. наук,
О.И. Пирожникова канд. техн. наук, М.Е. Калинкина**

Национальный исследовательский университет ИТМО,
факультет безопасности информационных технологий,
Санкт-Петербург, korobeynikov_a_g@mail.ru, vera_leonidovna_tkalich@mail.ru,
o.pirozhnikova10@gmail.com, Mariia_Kalinkina@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН И ПРИЗНАКОВ ДЕГРАДАЦИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Обоснована целесообразность применения акустико-эмиссионных методов при оценке ресурса работы, выявлении трещин и признаков разрушения в металлических изделиях объектов мониторинга транспортной инфраструктуры. С помощью акустико-эмиссионных методов неразрушающего контроля получена компьютерная интерпретация результатов обработки данных от сигналов с объекта мониторинга. Разработан и экспериментально исследован вибропреобразователь пьезоэлектрический со встроенным усилителем, с расширенным частотным диапазоном и функцией неразрушающей установки/снятия датчика на поверхность объекта мониторинга, т.е. с наличием магнитного держателя. На устройства получены патенты РФ и выполнено изготовление их опытных образцов.

Ключевые слова: акустико-эмиссионные методы, вейвлет-преобразования, пьезоакселерометр, металлоконструкция, транспортная инфраструктура, объект мониторинга, акустические колебания.

При пластической деформации металлоизделий в их структуре возникает накопление, рост и взаимодействие таких дефектов, как вакансии, дивакансии, дислокации, двойникование, смещение границ блоков и зерен. В результате этого процесса в структуре металла происходит зарождения субмикронных трещин, ведущее, впоследствии, вначале к возникновению микротрещины, а, в дальнейшем, к образованию макротрещин, и, как следствие, разрушению всей конструкции. Процессы зарождения и роста трещин, пластические напряженно-деформированные состояния, коррозионные растрескивания и фазовые превращения, а также другие динамические перестройки в структуре металла сопровождаются таким явлением как акустическая эмиссия (АЭ). Своевременная оценка степени деградации материала, в частности АЭ-методом, позволяет прогнозировать долговечность конструкции и оценивать остаточные ресурсы ее работы. Акустический сигнал, исходящий из трещин, в большинстве своем имеет характерную трех-импульсную структуру, у которой есть глобальный максимум-импульс наибольшей амплитуды.

От способности металла сопротивляться росту трещин, а также от величин и характера прилагаемых нагрузок и факторов окружающей внешней среды, во многом зависит поведение трещин и их длина. При распространении трещин производится характерный звук-«треск», который свойственен процессу АЭ. Выявление трещины или других дефектов структуры материала конструкции зависит от возможностей конкретных методов неразрушающего контроля (НК), под которыми понимают анализ надежности и основных рабочих характеристик, не приводящих к демонтажу конструкции или ее разрушению.

К методам НК, согласно ГОСТу 18353-79 относятся такие методы как: магнитный, вихретоковый, радиоволновый, оптический, акустический (ультразвуковой), радиационный, тепловой, электрический и проникающими веществами.

К методам, позволяющим обнаружить поверхностные и внутренние дефекты, даже в стадии начального развития относится ряд акустических методов. Трудности практического применения акустических методов связаны с тем, что акустический сигнал, распространяясь в объекте мониторинга, испытывает искажения. При этом распространяющиеся шумы и помехи также будут оказывать воздействие на измерительные датчики. Сигналы от помех и шумов по форме схожи с сигналами от дефектообразований, что может вести к ложным срабатываниям. Поэтому так важны требования, предъявляемые к помехозащищенности.

При цифровой обработке сигналов (ЦОС) важно грамотно осуществить эффективное и достоверное выделение именно полезных составляющих сигнала, исключив помехи. В дальнейшем при ЦОС необходимо производить их преобразования для последующей возможной интерпретации.

Авторами статьи проведен анализ существующих методов и средств НК, осуществляемого в целях оценки степени деградации металлических конструктивных элементов. Для этого потребовалось исследовать и систематизировать факторы, влияющие на процессы деформации в структуре объектов мониторинга транспортной инфраструктуры. Также был проведен анализ механических и акустических свойств конструктивных материалов.

В ходе исследований были определены основные акустические параметры и обоснован выбор взятых для анализа акустических характеристик, проявляющих чувствительность к наличию процессов деградации в материале технических изделий объекта мониторинга.

Главным элементом системы АЭ НК является пьезоэлектрический преобразователь. Он позволяет перевести акустический сигнал в электрический. Параметры электрического сигнала далее можно применять для оценки источников АЭ. К таким параметрам относятся импульсные характеристики.

Авторами статьи был разработан и экспериментально исследован вибропреобразователь пьезоэлектрический со встроенным усилителем, с расширенным частотным диапазоном и функцией неразрушающей установки/снятия датчика на поверхность объекта мониторинга [1].

Создание новых или усовершенствованных средств для осуществления НК, а также методики, базирующейся на компьютерной обработке сигнала, является важной целью современных разработок в области модификации методов НК, в том числе с функцией искусственного интеллекта [2-3]. Вейвлет-преобразование является перспективным для использования при анализе нестационарного сигнала [4]. С помощью этого метода получена компьютерная интерпретация результатов обработки данных от сигналов с объекта мониторинга (Рис. 1). Все расчеты проводились в системе MATLAB, при помощи которой можно решать задачи в различных предметных областях [5-7].

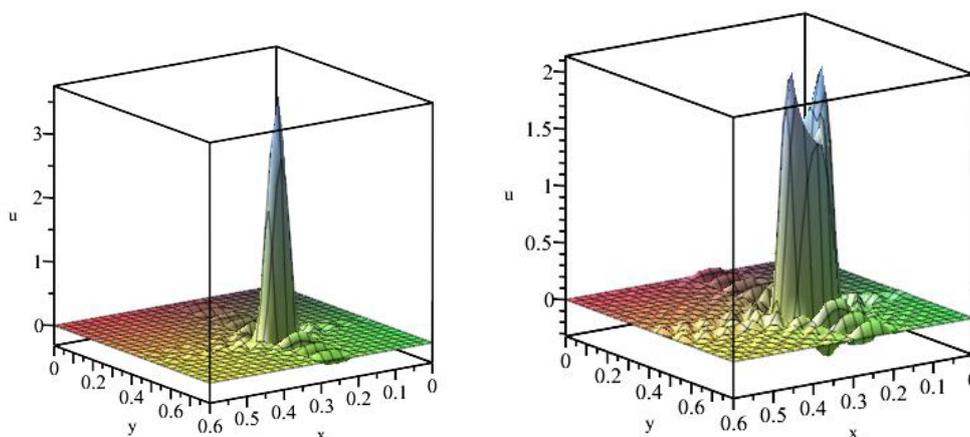


Рис. 1 – Результат обработки акустического сигнала от трещины (трехмерная спектрограмма)

Заключение

Для осуществления неразрушающей дефектоскопии целесообразно использовать пьезоэлектрические преобразователи, обладающие расширенным частотным диапазоном (до 220 кГц). Такой частотный диапазон позволяет обрабатывать короткие виброакустические сигналы высокочастотного звукового и ультразвукового диапазона. Для проведения экспериментальных исследований были разработаны пьезоэлектрические акселерометр и магнитный держатель и выполнены их опытные образцы.

На устройства получены патенты РФ.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации
№ МК-5323.2022.4*

Список литературы

1. Ткалич В.Л., Бибиков С.В., Калинин М.Е., Пирожникова О.И., Марусина М.Я. Магнитный держатель пьезоэлектрического вибропреобразователя. Патент на полезную модель. № 201522. Дата гос.регистрации в Государственном реестре полезных моделей РФ 21 декабря 2020 г.
2. Мунтян Е.Р. Использование нечетких ГН-моделей для представления сложных технических систем//Информатизация и связь. 2021. № 3. С. 55-60. DOI: 10.34219/2078-8320-2021-12-3-55-60
3. Колоденкова А.Е., Верещагина С.С., Мунтян Е.Р. Разработка единой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для диагностирования электротехнического оборудования промышленности//В сборнике: XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019. Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2019. С. 1874-1878. DOI: 10.25728/vspu.2019.1874
4. Ткалич В.Л., Лузина Н.П. Контроль технических изделий методом акустической эмиссии//Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции Марийского государственного технического университета. Йошкар-Ола, часть 1, 2011, С.78-85.
5. Гришентцев А.Ю., Коробейников А.Г. Понижение размерности пространства при корреляции и свертке цифровых сигналов//Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 3. С. 211- 218.
6. Korobeynikov A.G., Grishentsev A.Y., Velichko E.N., Aleksanin S.A., Fedosovskii M.E., Bondarenko I.B., Korikov C.C. Calculation Of Regularization Parameter In The Problem Of Blur Removal In Digital Image//Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2016, Vol. 25, № 3, pp. 184-191
7. Korobeynikov A.G., Fedosovsky M.E., Zharinov I.O., Shukalov A.V., Gurjanov A.V. Development of conceptual modeling method to solve the tasks of computer-aided design of difficult technical complexes on the basis of category theory// International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12, № 6, pp. 1114-1122

1.2.2.

Е.Н. Минаев д-р техн. наук

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Физико-технический институт,
кафедра «Физика»,
Саратов, altaevge@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИФФУЗИИ КИСЛОРОДА В РАСТВОРЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА

Проведён анализ дифференциальных уравнений, используемых при исследовании коррозии. На основе решения краевой задачи о нестационарной диффузии кислорода в растворе, получена зависимость для определения коэффициентов поглощения и диффузии кислорода. Найденная зависимость позволяет свести определение указанных коэффициентов к измерению предельного диффузионного тока восстановления кислорода.

Ключевые слова: *дифференциальные уравнения, обратная задача, нестационарная диффузия, электрохимическая коррозия.*

Как известно, в электрохимической коррозии металла сочетаются два процесса. Поскольку коррозия характеризуется плотностью электрического тока растворения и зависит от электрического потенциала на границе металла и жидкости, для её прогнозирования используют дифференциальные уравнения стационарного электрического поля в растворе [1], причём, часто приходится решать задачи со сложной геометрией границы [2] и с нелинейными граничными условиями [3]. С другой стороны, коррозия – это химический процесс, который определяется массопереносом на границе. Изменение потенциала изменяет скорость химических реакций, это приводит к изменению скорости подвода и отвода реагентов и продуктов реакций, а также массы прореагировавшего вещества. Но наблюдается и обратное влияние. Изменение скорости массопереноса может привести к формированию на поверхности нового значения потенциала. Поэтому электрический процесс и процесс массопереноса являются взаимозависимыми [4]. Для описания химических процессов нужно использовать уравнения массопереноса [5,6]. Если жидкость неподвижна, то это уравнение нестационарной диффузии, если она движется, то – уравнение конвективной диффузии, как правило, стационарное. В общем случае, если частицы заряжены, кроме диффузионного и конвективного членов, в уравнении переноса присутствует миграционный член, характеризующий перемещение частиц в электрическом поле [7]

$$\frac{\partial C_{Me}}{\partial \tau} = DV^2 C_{Me} + \text{div}(\lambda \text{grad} \varphi) - \vec{V} \text{grad}(C_{Me}),$$

В нейтральных и слабощелочных средах большое значение имеет перенос молекулярного кислорода к поверхности, поскольку он является основным природным окислителем в данных условиях. Отметим, что молекула кислорода является незаряженной частицей, поэтому миграционный член будет отсутствовать в дифференциальном уравнении.

В данной работе, на основе анализа краевой задачи о нестационарной диффузии кислорода в неподвижном растворе, определяется математическая зависимость, позволяющая найти коэффициенты дифференциального уравнения, которые с физико – химической точки зрения представляют собой коэффициенты поглощения и диффузии кислорода. После этого рассчитывается концентрация и плотность потока кислорода. С математической точки зрения, рассматривается обратная задача математической физики, когда по известной математической модели и некоторым экспериментальным данным находятся параметры этой модели.

Рассмотрим катод, выполненный из двух параллельно расположенных металлических пластин, между которыми находится неподвижный раствор. Расстояние между пластинами по координате x составляет порядка 1 мм, размеры по другим координата не менее чем на порядок больше. Пусть на катоде поддерживается режим предельного диффузионного тока. Поглощение кислорода происходит не только на поверхности пластин, но и в объёме. С учётом сказанного запишем краевую задачу

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \gamma C, \quad 0 \leq x \leq l, \quad t > 0, \quad (1)$$

$$C(x, t) = 0, \quad x = 0, \quad t > 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial x} = 0, \quad x = l, \quad t > 0, \quad (3)$$

$$C(x, t) = C_0, \quad t = 0, \quad 0 < x < \infty, \quad (4)$$

В данной краевой задаче приняты следующие обозначения: $C = C(x, t)$ – концентрация растворённого кислорода; t, x – соответственно, время и координата; D, γ – коэффициент диффузии и коэффициент поглощения в растворе; C_0 – начальная концентрация кислорода; l – половина расстояния между пластинами. По условию задачи C_0 – заданная величина, а коэффициенты D, γ неизвестны, требуется их найти на основе решения дифференциального уравнения (1) с граничными условиями (2), (3) и начальным условием (4). При этом нужно использовать некоторые экспериментальные данные, о которых будет сказано ниже.

Путём преобразования

$$C(x, t) = e^{-\gamma t} \cdot U(x, t), \quad (5)$$

исходное уравнение (1) можно преобразовать в стандартное уравнение нестационарной диффузии

$$\frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (6)$$

Ценным свойством преобразования (5) является то, что начальное и граничные условия для функции U остаются такими же, как и для функции C . Решение представим в виде разложения в ряд Фурье по собственным функциям данной краевой задачи и, возвращаясь к исходной функции C , получим выражение

$$C(x, t) = \exp(-\gamma t) \frac{4C_0}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)} \sin\left(\frac{(2k+1)\pi}{2l} x\right) \exp\left\{-\frac{D(2k+1)^2 \pi^2}{4l^2} t\right\}. \quad (7)$$

Вычислим производную по координате на стенке катода при $x = 0$

$$\frac{\partial C(0, t)}{\partial x} = \exp(-\gamma t) \frac{2C_0}{l} \sum_{k=0}^{\infty} \exp\left\{-\frac{D(2k+1)^2 \pi^2}{4l^2} t\right\}. \quad (8)$$

Оценим скорость сходимости данного ряда при следующих исходных данных: $l = 1$ мм; $D = 2.6 \cdot 10^{-9}$ м²/с. В таблице представлены первый (S_1) и второй (S_2) члены ряда в зависимости от времени. Из таблицы следует, что через 300 секунд после включения установки вторым и последующими членами этого ряда можно пренебречь, поскольку второй член ряда составляет 1 % от первого. Остальные члены ряда пренебрежительно малые величины. При увеличении времени скорость сходимости только увеличивается. Таким образом, можно ограничиться только первым членом ряда

Таблица – Оценка сходимости ряда

t, c	S_1	S_2	S_2/S_1
60	0.895	0.368	0.41
200	0.691	0.036	0.052
300	0.574	0.0117	0.012
400	0.477	0.0013	0.0027

$$\frac{\partial C(0,t)}{\partial x} = \exp(-\gamma t) \cdot \frac{2C_0}{l} \exp\left\{-\frac{D\pi^2}{4l^2}t\right\}.$$

Используя формулу для расчёта предельного диффузионного тока электрохимического восстановления кислорода I_d [4]

$$I_d = nFD \left. \frac{\partial C}{\partial x} \right|_{x=0} S, \quad (9)$$

где: $n = 4$ – число электронов, участвующих в реакции; F – константа Фарадея; S – площадь катода, получим зависимость этого тока от времени

$$I_d = \frac{8FDC_0S}{l} \exp\left(-\left(\frac{D\pi^2}{4l^2} + \gamma\right)t\right).$$

В полулогарифмических координатах она имеет вид прямой

$$\ln I_d = b - at, \quad (10)$$

где константы a и b определяются по формулам:

$$a = \frac{D\pi^2}{4l^2} + \gamma, \quad b = \ln\left(\frac{8FDC_0S}{l}\right). \quad (11)$$

Предложенный метод заключается в следующем:

1) измеряют в эксперименте зависимость предельного диффузионного тока от времени, то есть получают зависимость (10) экспериментально

$$\ln I_{d, \text{экс}} = b_{\text{экс}} - a_{\text{экс}} \cdot t;$$

2) при помощи метода наименьших квадратов определяют коэффициенты этой экспериментальной зависимости $a_{\text{экс}}$ и $b_{\text{экс}}$;

3) сопоставляют экспериментальные и теоретические константы a , b в соответствии с формулами (11)

$$a_{\text{экс}} = \frac{D\pi^2}{4l^2} + \gamma, \quad b_{\text{экс}} = \ln\left(\frac{8FDC_0S}{l}\right), \quad (12)$$

после чего рассчитывают искомые коэффициенты поглощения и диффузии кислорода

$$D = \frac{l}{8FC_0S} \cdot \exp(b_{\text{экс}}), \quad \gamma = a_{\text{экс}} - \frac{\pi^2}{32FC_0Sl} \cdot \exp(b_{\text{экс}}). \quad (13)$$

Получив эти коэффициенты и подставляя их в уравнение (1), можно рассчитать концентрацию кислорода и плотность его потока при любых граничных условиях.

Список литературы

1. *Иоссель Ю.Я.* Математические методы расчёта электрохимической коррозии и защиты металлов / Ю.Я. Иоссель, Г.Э. Клёнов. Справ. изд. . – М.: Металлургия, 1984. – 272с.
2. *Минаев Е.Н.* Метод расчёта поля в электрохимической системе щель – плоская поверхность / Е.Н Минаев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т.3 №2(58). С.280 – 286.
3. *Минаев Е.Н.* Автоматизация систем защиты от коррозии на основе расчёта электрического поля при нелинейных граничных условиях / Е.Н Минаев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т.2. №2(56). С.233 – 248.
4. *Ньюмен Дж.* Электрохимические системы / Дж. Ньюмен. Под ред. Ю.А. Чизмаджева. – М. : Мир, 1977. – 463 с.
5. *Берд Р.* Явления переноса / Р. Берд, В. Стьюарт, Е.Лайтфут. – М.: Химия, 1974. – 688 с.
6. *Минаев Е.Н.* Параметрическая идентификация в краевых задачах переноса вещества при разработке методов электрохимического контроля / Е.Н Минаев – Саратов: Издательство «КУБиК», 2014. – 90 с.
7. *Дамаскин Б.Б.* Введение в электрохимическую кинетику: учеб. пособие для студентов хим. спец. ун-тов / Б.Б Дамаскин О.А Петрий. – М.: Высш. школа, 1983. – 342с.

1.2.2.

Т.Р. Нагорная, К.М. Расулов

Смоленский государственный университет,
 физико-математический факультет,
 кафедра математического анализа,
 Смоленск, kahrimanr@yandex.ru; tani7n@gmail.com

**О КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ПУАНКАРЕ
 ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
 В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ**

В статье впервые дается постановка краевой задачи типа задачи Пуанкаре для одного эллиптического дифференциального уравнения второго порядка, порождающего класс обобщенных гармонических функций. Устанавливается, что в одном важном частном случае для круговых областей рассматриваемая краевая задача в круговых областях допускает решение в явном виде, то есть ее общее решение можно найти, используя лишь формулы для решения скалярной задачи сопряжения (задачи Римана) для аналитических функций комплексного переменного и решая два линейных дифференциальных уравнения.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение Эйлера, краевая задача Пуанкаре, явное решение, круговая область.

1. Постановка задачи. Пусть $U_1^+ = \{z : |z| < 1\}$ – единичный круг на плоскости комплексного переменного $z = x + iy$, а T^+ – односвязная область, лежащая в круге U_1^+ (то есть $T^+ \subset U_1^+$) и ограниченная простой замкнутой кривой Ляпунова L . Рассмотрим в области T^+ следующее дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \bar{z}} - \frac{n(n+1)}{(1-z\bar{z})^2} W = 0, \quad (1)$$

где $\frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right)$, $\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right)$, n – некоторое неотрицательное целое число,

а $W(z) = U(x, y) + iV(x, y)$ – неизвестная функция.

В монографии [1] было установлено, что всякое регулярное решение уравнения (1) в области T^+ можно представить в виде

$$W(z) = \sum_{k=0}^n B_k^n \left(\frac{\bar{z}}{1-z\bar{z}} \right)^{n-k} \frac{d^k \varphi^+(z)}{dz^k} + \overline{\sum_{k=0}^n B_k^n \left(\frac{\bar{z}}{1-z\bar{z}} \right)^{n-k} \frac{d^k f^+(z)}{dz^k}}, \quad (2)$$

где $B_k^n = \frac{(2n-k)!}{k!(n-k)!}$, а $\varphi^+(z)$, $f^+(z)$ – аналитические в области T^+ функции.

Так как при $n = 0$ решения уравнения (1) являются гармоническими функциями в области T^+ , то, следуя [2-3], в случае $n \geq 1$ регулярные решения дифференциального уравнения (1) в области T^+ будем называть обобщенными гармоническими функциями порядка n в области T^+ , а функции $\varphi^+(z)$ и $f^+(z)$, входящие в правую часть представления (2), назовем соответственно первой и второй аналитическими компонентами обобщенной гармонической функции $W(z)$. Кроме того, класс всех обобщенных гармонических функций порядка n в области T^+ , для которых в представлении (2) аналитические компоненты $\varphi^+(z)$, $f^+(z) \in A(T^+) \cap H^{(m)}(L)$, будем обозначать через $G_n(T^+) \cap H^{(m)}(L)$.

Рассматривается задача: найти все обобщенные гармонические функциями $W(z)$ порядка n ($n \geq 1$) в области T^+ , принадлежащие классу $\mathbf{G}_n(T^+) \cap H^{(n+1)}(L)$ и удовлетворяющие на L условию

$$a(t) \frac{\partial W(t)}{\partial x} + b(t) \frac{\partial W(t)}{\partial y} + c(t)W(t) = q(t), \quad t \in L, \quad (3)$$

где $a(t), b(t), c(t)$ и $q(t)$ – заданные на контуре L комплекснозначные функции из класса $H(L)$ (т.е. удовлетворяющие на L условию Гельдера).

Следуя [4, с. 80], сформулированную выше задачу будем называть *краевой задачей Пуанкаре для обобщенных гармонических функций порядка n* , или, короче, задачей \mathbf{GP}_n .

Основной целью настоящей статьи является разработка явного метода решения задачи \mathbf{GP}_n в случае, когда $n = 1$, $T^+ = T_r^+$, $0 < r < 1$, причем

$$a(t) = \frac{1}{2} \left(t + \frac{r^2}{t} \right), \quad b(t) = \frac{1}{2i} \left(t - \frac{r^2}{t} \right), \quad c(t) \equiv -1. \quad (4)$$

2. Метод решения в явном виде задачи \mathbf{GP}_1 в круге $T^+ = T_r^+ = \{z : |z| < r\}$, $0 < r < 1$ при выполнении условий (4).

Пусть $L_r = \{t : |t| = r\}$ – граница круга T_r^+ . В силу представления (2) при $n = 1$ всякую обобщенную гармоническую функцию $W(z)$ из класса $\mathbf{G}_1(T_r^+) \cap H^{(2)}(L_r)$ можно задавать в виде

$$W(z) = \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{2\bar{z}}{1 - z\bar{z}} \varphi^+(z) + \overline{\frac{df^+(z)}{dz} + \frac{2\bar{z}}{1 - z\bar{z}} f^+(z)}, \quad z \in T^+, \quad (5)$$

где $\varphi^+(z), f^+(z)$ – аналитические в круге T_r^+ функции, принадлежащие классу $A(T^+) \cap H^{(2)}(L)$.

Поскольку $\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}$, $\frac{\partial}{\partial y} = i \left(\frac{\partial}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \right)$, в силу (5) и того, что на окружности

$L_r = \{t : |t| = r\}$ выполняется тождество $\bar{t} = \frac{r^2}{t}$, краевое условие (3) (при выполнении (4))

можно записать так:

$$t^2 \cdot \frac{d^2 \varphi^+(t)}{dt^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot t \frac{d\varphi^+(t)}{dt} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} \varphi^+(t) + \frac{t}{r^2} \left(t^2 \frac{d^2 f^+(t)}{dt^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot t \frac{df^+(t)}{dt} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} f^+(t) \right) = t \cdot q(t). \quad (6)$$

Вводя в рассмотрение вспомогательные аналитические в T_r^+ функции

$$\Phi^+(z) = z^2 \cdot \frac{d^2 \varphi^+(z)}{dz^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot z \cdot \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} \cdot \varphi^+(z), \quad (7)$$

$$F^+(z) = z^2 \cdot \frac{d^2 f^+(z)}{dz^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot z \cdot \frac{df^+(z)}{dz} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} \cdot f^+(z), \quad z \in T_r^+.$$

равенство (6) можно переписать в виде

$$\Phi^+(t) = -\frac{t}{r^2} \overline{F^+(t)} + t \cdot q(t), \quad t \in L_r. \quad (8)$$

Пусть $T_r^- = \bar{C} \setminus (T_r^+ \cup L_r)$. Тогда, вводя в рассмотрение аналитическую в T_r^- функцию $F^-(z)$, связанную с $F^+(z)$ по формуле

$$F^-(z) = \overline{F^+ \left(\frac{r^2}{z} \right)}, \quad z \in T_r^-, \quad (9)$$

равенству (8) можно придать следующий вид:

$$\Phi^+(t) = -\frac{t}{r^2} F^-(t) + t \cdot q(t), \quad t \in L_r. \quad (10)$$

Но равенство (10) есть краевое условие задачи сопряжения (задачи Римана) относительно ограниченной на бесконечности кусочно аналитической функции $\Phi(z) = \{\Phi^+(z), F^-(z)\}$ (см., например, [5, с. 106]). Так как индекс задачи (10) равен единице ($\chi = \text{Ind} \left(\frac{t}{r^2} \right) = 1$), то она *безусловно разрешима* и ее общее решение задается формулами ([5, с. 112]):

$$\Phi^+(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L_r} \frac{q(\tau)}{\tau - z} d\tau - \frac{1}{r^2} (C_0 + C_1 z), \quad z \in T_r^+, \quad (11)$$

$$F^-(z) = -\frac{r^2 z^{-1}}{2\pi i} \int_{L_r} \frac{q(\tau)}{\tau - z} d\tau + \left(\frac{C_0}{z} + C_1 \right), \quad z \in T_r^-, \quad (12)$$

где $C_k = \alpha_k + i\beta_k$ ($k = 0, 1$) – произвольные комплексные постоянные.

Наконец, на основании формул (9) и (12), находим аналитическую в T_r^+ функцию $F^+(z)$:

$$F^+(z) = \overline{F^- \left(\frac{r^2}{z} \right)}, \quad z \in T_r^+. \quad (13)$$

Далее заметим, что в силу равенств (7) относительно неизвестных функций $\varphi^+(z)$ и $f^+(z)$ получаем следующие линейные дифференциальные уравнения Эйлера (см., например, [6, с. 136]):

$$z^2 \cdot \frac{d^2 \varphi^+(z)}{dz^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot z \cdot \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} \cdot \varphi^+(z) = \Phi^+(z), \quad z \in T_r^+, \quad (14)$$

$$z^2 \cdot \frac{d^2 f^+(z)}{dz^2} + \frac{3r^2 - 1}{1 - r^2} \cdot z \cdot \frac{df^+(z)}{dz} + \frac{2r^4}{(1 - r^2)^2} \cdot f^+(z) = F^+(z), \quad z \in T_r^+, \quad (15)$$

где $\Phi^+(z)$ и $F^+(z)$ – аналитические функции, определяемые по формулам (11) и (13) соответственно.

Предположим, что дифференциальные уравнения (14) и (15) имеют аналитические в круге T_r^+ решения $\varphi_1^+(z)$ и $f_1^+(z)$ соответственно, которые принадлежат классу $A(T^+) \cap H^{(2)}(L)$. Тогда, поставив в правую часть формулы (5) вместо $\varphi^+(z)$ и $f^+(z)$ функции $\varphi_1^+(z)$ и $f_1^+(z)$ соответственно, получим явное решение искомой задачи \mathbf{GP}_1 , то есть справедливо следующее утверждение.

Теорема. *Если $T_r^+ = \{z : |z| < r\}$, $0 < r < 1$ и выполняется условие (4), то решение задачи Пуанкаре \mathbf{GP}_1 в классе $\mathbf{G}_1(T_r^+) \cap H^{(2)}(L_r)$ сводится к последовательному решению задачи сопряжения (10) и двух линейных дифференциальных уравнений Эйлера (14) и (15), причем для разрешимости задачи \mathbf{GP}_1 , необходимо и достаточно, чтобы линейные дифференциальные уравнения (14) и (15) были разрешимы в классе $A(T^+) \cap H^{(2)}(L)$.*

При выполнении этих условий, общее решение задачи GP_1 можно задавать формулой (5), где $\varphi^+(z)$ и $f^+(z)$ – решения дифференциальных уравнений (14) и (15) соответственно.

Список литературы

1. Bauer K.W., Ruscheweyh S. Differential Operators for Partial Differential Equations and Function Theoretic Applications. – Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag (Lecture Notes in Mathematics. Edited by A.Dold and B. Eckmann, 791), 1980. – 253 p.
2. Нагорная Т.Р., Расулов К.М. О задаче Дирихле для одного дифференциального уравнения эллиптического типа // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы междунар. конф. Вып. 19. Ч.2. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2019. – С. 90-96.
3. Расулов К.М., Нагорная Т.Р. О решении в явном виде краевой задачи Неймана для дифференциального уравнения Бауэра в круговых областях // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 326–335.
4. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. – М: Наука, 1976. – 295 с.
5. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. – М: Наука, 1977. – 640 с.
6. Коддингтон Э.А., Левинсон Н. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 474 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ — 2.3.1.

2.3.1.

И.В. Грубрин канд. техн. наук, И.Ю. Лыгина канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва, GIV.52@mail.ru

ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫМИ СИГНАЛАМИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В работе предлагается метод оценки геометрии объекта при зондировании трехмерного пространства сверхширокополосными сигналами. Предложен эвристический алгоритм оценки, основанный на простом переборе. Основное внимание уделяется обработке информации и не затрагивает вопросы техники излучения и приема сигналов.

Ключевые слова: *оценка, сверхширокополосность, сигнал.*

Как уже отмечалось ранее [1,2], развитие систем извлечения, передачи и обработки информации идет по пути увеличения информативности сигналов. Главными направлениями являются увеличение мощности и широкополосности сигналов. Разрабатываются и разработаны генераторы сверхширокополосных сигналов, антенные системы, способные излучать такие сигналы, приемные системы и устройства, методы обработки сверхширокополосных сигналов. Тем не менее, актуальными остаются вопросы разработки алгоритмов обработки сверхширокополосных сигналов.

В статье [3] предложен алгоритм оценки положения объекта при зондировании трехмерного пространства с целью оценки характеристик пространства в рассматриваемой области ответственности.

В данной статье предлагается дальнейшее развитие предложенного алгоритма с целью оценки геометрии исследуемого объекта.

Для каждого произвольного μ -го элемента разрешения, возможны несколько $b_{kv} + b_{vi}$ [3], дающих одинаковую задержку. Здесь b_{kv} и b_{vi} - целочисленные коэффициенты, определяющие задержки от k -го передающего модуля до v -й переотражающей точки объекта и от v -й переотражающей точки до i -го приемного модуля соответственно.

Например, для $\mu = 10$ можно составить несколько целых $b_{kv} + b_{vi} = (0 + 10) = (1 + 9) = \dots (10 + 0)$. Равенство задержек дает уравнение

$$(\mu - 1)\tau_3 = \tau_{kv} + \tau_{vi}, \quad (1)$$

которое эквивалентно постоянству суммы расстояний от точки объекта до двух модулей. Равенство суммы расстояний определяет уравнение эллипсоида вращения, в фокусах которого находятся i -й и k -й модули. Линия пересечения этого эллипсоида вращения с поверхностью объекта и дает множество решений (1).

Априорная информация об ограниченном объеме зондирования может позволить определить диапазон изменения τ_{kv} и τ_{vi} от $\tau_{kv \min}$ до $\tau_{kv \max}$. Им соответствуют $b_{kv \min}$ и $b_{kv \max}$.

Для каждого модуля в соответствии с его положением относительно зондируемого объема будут свои ограничения

$$b_{kv \min} \leq b_{kv} \leq b_{kv \max} \quad (2)$$

Из неравенства (2) следует

$$\mu - 1 = b_{kv} + b_{vi} \quad (3)$$

Если модулей N , то комбинации (i, k) будет N^2 . Каждой комбинации соответствует свой импульс и свой набор $a_{ik\mu}$ [3].

Кроме того, в (3) индекс может изменяться от 1 до M , где M - число элементов разрешения в зондируемом объеме. Таким образом, получаем N^2M уравнений типа (3).

Дальнейшие исследования следует вести в направлении разработки методов решения получаемой системы из N^2M уравнений с NM неизвестными $\tau_{iv}(b_{iv})$ с последующим оцениванием координат поверхности объекта по известным временным задержкам.

Сложность состоит в том, что из N^2M уравнений только NM совместные, а остальные $N^2M - NM = (N - 1) NM$ несовместны. Требуется найти способ отсеивания несовместных уравнений и решения совместных.

Эти задачи будут рассматриваться в последующих этапах.

Рассмотрим пример, позволяющий выявить подходы к разработке методики оценки временных задержек.

Пусть импульс $\varphi(t)$ подается на i -ый модуль и принимается k -м. Принятый импульс имеет начальную задержку $6\tau_3$ и длительность $4\tau_3$. Это значит, что b_{kv} и b_{vi} находятся в пределах от 3 до 5. Исходя из этого и учитывая, что b_{kv} и b_{vi} неотрицательные числа можем для различных μ в формуле $\mu - 1 = b_{kv} + b_{vi}$ определить "дозволенные" значения b_{kv} и b_{vi} . Пусть в этой формуле $\mu = 1$. Тогда, единственные неотрицательные целые b_{kv} и b_{vi} равны нулю (0,0): $\mu = 1: 0 = 0+0, (0,0)$.

Но b_{kv} и b_{vi} должны быть не менее 3. Значит, при $\mu = 1$ "дозволенных" значений нет. Для $\mu = 2$ получим: $1 = b_{kv} + b_{vi} = 0+1 = 1+0$.

Для $\mu = 1: 1 = 0 + 1 = 1 + 0: (0,1), (1,0)$. Снова ни одна пара значений не удовлетворяет ограничению $3 \leq b_{kv} \leq 5, 3 \leq b_{vi} \leq 5$. Тогда получим:

- $\mu = 1: (0,0); \mu = 2: (0,2), (1,0); \mu = 3: (0,2), (1,1), (2,0);$
- $\mu = 4: (0,3), (1,2), (2,1), (3,0); \mu = 5: (0,4), (1,3), (2,2), (3,1), (4,0);$
- $\mu = 6: (0,5), (1,4), (2,3), (3,2), (4,1), (5,0);$
- $\mu = 7: (0,6), (1,5), (2,4), (3,3), (4,2), (5,1), (6,0);$
- $\mu = 8: (0,7), (1,6), (2,5), (3,4), (4,3), (5,2), (6,1), (7,0);$
- $\mu = 9: (0,8), (1,7), (2,6), (3,5), (4,4), (5,3), (6,2), (7,1), (8,0);$
- $\mu = 10: (0,9), \dots(3,6), (4,5), (5,4), (6,3), (7,2), (8,1), (9,0);$
- $\mu = 11: (0,10), \dots(4,6), (5,5), (6,4), \dots; \mu = 12: (0,11), \dots (5,6), (6,5), \dots$

Таким образом, для всех b_{kv} и b_{vi} получены следующие 9 "дозволенных" пар значений, сведенных в таблицу:

Таблица – Допустимые значения b_{kv} и b_{vi}

b_{kv}	3	3	4	3	4	5	4	5	5
b_{vi}	3	4	3	5	4	3	5	4	5

Каждой паре "дозволенных" значений соответствует окружность, центр которой расположен на прямой, соединяющей i -й и k -й модули.

Только часть этой окружности расположена в зондируемом объеме. Для другой пары излучающего и принимающего модулей получим другие окружности. Пересечения этих окружностей (или почти пересечение с учетом принятых округлений) даст координаты элементов разрешения переизлучающей поверхности объекта.

Аналогичным образом можно получить таблицы для любой иной пары модулей: $b_{1v} b_{v1} b_{2v} b_{v2} b_{3v} b_{v3}$. Заметим, что $b_{vi} = b_{iv} (i = k)$. Это равенство существенно сокращает соответствующие пары строк. Так, в таблице из 9 столбцов останутся только три $b_{iv} = b_{vi} = 3; 4; 5$.

Задача заключается в определении координат поверхности объекта по известным координатам модулей и данным последней таблицы.

Обозначим координаты элементов поверхности объекта $r_{Пv}$, а координаты модулей r_{Mi} , r_{Mk} . Расстояние от элемента $r_{Пv}$ до модуля r_{Mi}

$$d_{vi}^2 = (r_{Пv} - r_{Mi})^T (r_{Пv} - r_{Mi}) = (b_{vi} \tau_3 V)^2, \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

Для каждого v -го элемента зондируемой поверхности должны присутствовать M уравнений ($i = 1, i = 2, \dots, i = M$) вида (4). В каждой строке полученной выше таблицы должно быть число b_{vi} , которое при соответствующем r_{Mi} даст одно и то же значение $r_{Пv}$. Для определения трехмерного вектора $r_{Пv}$ потребуется минимум три уравнения (4). Число приемно-передающих модулей не должно быть меньше трех.

Рассмотрим сначала три модуля с индексами $i = 1, i = 2$, и $i = 3$. Им соответствует три известных значения координат модулей r_{M1} , r_{M2} , r_{M3} . Таблица для этих трех модулей содержит 6 отличных одна от другой пар строк. Каждая из них должна удовлетворять системе уравнений (4): $b_{1v} \quad b_{v1} \quad b_{1v} \quad b_{v2} \quad b_{1v} \quad b_{v3} \quad b_{2v} \quad b_{v2} \quad b_{2v} \quad b_{v3} \quad b_{3v} \quad b_{v3}$. Методов решения системы уравнений (4) относительно $r_{Пv} = x$ можно предложить несколько. Возможна, например, следующая схема. Запишем систему (4) в виде:

$$(x - r_{Mi})^T (x - r_{Mi}) = x^T x - 2r_{Mi}^T x + r_{Mi}^T r_{Mi} = d_i^2, \quad i = 1, 2, \dots$$

Вычитая их всех последующих уравнений первое, получим новую, линейную систему уравнений

$$(r_{M1} - r_{Mi})^T x = d_i^2 - r_{Mi}^T r_{Mi} + r_{M1}^T r_{Mi} = l_i, \quad i = 2, 3, \dots$$

Эта система записывается в матричной форме

$$Rx = l \quad (5)$$

где $R = [(r_{M1} - r_{Mi})^T]$ - матрица с известными компонентами;

$l = [l_2, l_3, \dots]^T$ - вектор, зависящий от выбора b_{vi} в системе уравнений.

Решение (5) $x = R^+ l$ минимизирует квадрат рассогласования

$$\eta = (Rx - l)^T (Rx - l) = l^T R R^+ l. \quad (6)$$

Перебирая b_{vi} , изменяя l , можно найти такую комбинацию, при которой (6) равно нулю или близко к нему. Это и будет одним из решений. Найдутся и другие комбинации b_{vi} и, соответственно l , удовлетворяющие равенству $\eta \approx 0$. Они тоже будут решениями.

Перебрав все возможные комбинации, получим множество решений $x_1 = r_{П1} \quad x_2 = r_{П2} \dots$, дающих координаты точек поверхности.

Конечно, перебор не самый быстрый метод поиска, но зато самый надежный. Ускорение поиска можно искать, используя априорную информацию об объекте зондирования. Простое допущение о непрерывности объекта позволит по уже найденному $x_v = r_{Пv}$ искать ближайшую к этой точку, используя (5). Ограничивая норму приращения x , получим норму приращения l и, следовательно, ограничим произвол в переборе b_{vi} .

Список литературы

1. Радзиевский В.Г., Трифонов П.А. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех. - М.: Радиотехника, 2009 г.-190 с.
2. Чапурский В.В. Избранные задачи теории сверхширокополосных сигналов и помех (3-е издание).- Изд-во МГТУ, 2017 г.-280 с.
3. Грубрин И.В., Лыгина И.Ю. Адаптивная обработка сверхширокополосных сигналов при зондировании пространства в многоканальных информационных системах// Научно-технический вестник Поволжья. - 2021. -№4.-С.31-34.

2.3.1.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
Москва, Zhornyak604mai@mail.ru, morozova_ta_66@mail.ru

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ДИСТРИБУТИВ PYTHON(X,Y) ЯЗЫКА
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON
ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Статья посвящена специализированному дистрибутиву Python(x,y), предназначенному для научных и инженерных вычислений. Также рассмотрены особенности наиболее важных дополнительных библиотек языка программирования Python, входящих в состав этого дистрибутива и входящая в состав дистрибутива среда разработки Spyder. Описаны сильные и слабые стороны использования дистрибутива Python(x,y) для научных и инженерных вычислений на Python.

Ключевые слова: язык программирования Python, специализированный дистрибутив Python(x,y), библиотека NumPy, библиотека Pandas, библиотека SciPy, библиотека Matplotlib, библиотека SQLAlchemy, библиотека PyQt, среда разработки Spyder, научные и инженерные вычисления, нейронные сети, обработка больших массивов данных, разработка программного обеспечения.

Python является современным быстро развивающимся языком программирования, доля которого на рынке it-технологий продолжает расти. Так, согласно созданному на крупнейшем веб-сервисе it-проектов Github ежемесячному рейтингу популярности языков программирования PyPL, ориентирующегося на поисковые запросы в сети интернет, Python на момент июня 2022 года занимает первое место с 27.61% от общего числа запросов связанных с языками программирования [1]. Одной из причин такой популярности языка программирования Python является наличие у этого языка программирования большого количества дополнительных специализированных программных библиотек, предназначенных для обработки и анализа больших массивов данных.

Установка языка Python на персональный компьютер проводится в несколько последовательных шагов. Первым шагом осуществляется установка на персональный компьютер самого языка программирования Python. После этого идет установка и настройка среды разработки для Python. И уже на следующих шагах осуществляется выбор необходимых дополнительных специализированных библиотек для языка Python и их поштучная установка с помощью менеджера библиотек PIP с учетом наличия зависимостей между библиотеками. Зачастую такая последовательная многошаговая установка языка программирования Python и его дополнительных библиотек может оказаться непростой задачей для начинающих разработчиков.

Для упрощения задачи установки и настройки языка программирования Python и его дополнительных библиотек существует специальный дистрибутив Python(x,y). В состав установочного файла дистрибутива Python(x,y) входят:

1. Язык программирования Python версии 2.x;
2. Среда разработки Spyder, предназначенная для разработки программного обеспечения на языке Python;
3. Ряд дополнительных библиотек языка программирования Python, предназначенных как для научных и инженерных вычислений, так и для разработки более функционально-сложного программного обеспечения на языке Python;

4. В состав дистрибутива также входит библиотека PyQt, полученная из популярной среды разработки Qt на языке C++ и специально адаптированная под разработку на языке программирования Python.

Существенным преимуществом дистрибутива Python(x,y) является простота его установки. Так буквально несколькими нажатиями компьютерной мыши любой начинающий разработчик Python из одного дистрибутива может установить и настроить на своем персональном компьютере язык программирования Python, и среду разработки на Python, и набор наиболее используемых дополнительных библиотек языка Python.

Дистрибутив Python(x,y) распространяется по лицензии свободного программного обеспечения GNU General Public License версии 3 от 29 июля 2007 года, согласие с которой запрашивается у пользователя во время установки дистрибутива Python(x,y) на персональный компьютер [2]. Первая версия дистрибутива Python(x,y) была создана в 2008 году, затем данный дистрибутив многократно дорабатывался и расширялся за счет новых библиотек. На сегодняшний день актуальной версией дистрибутива Python(x,y) является версия 2.7.10.0. Дистрибутив Python(x,y) 2.7.10.0 основан на использовании версии языка Python 2.7 и может устанавливаться на ПК с операционными системами Windows версий XP, 7, 8.

Рассмотрим более подробно возможности дистрибутива Python(x,y) версии 2.7.10.0 и входящих в его состав компонентов:

Наиболее важными для научных и инженерных задач составляющими дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 являются дополнительные библиотеки NumPy, Pandas, SciPy, Scikits-learn, Matplotlib языка программирования Python, предназначенные для математической обработки больших массивов данных и визуализации результатов исследований. Рассмотрим эти библиотеки подробнее.

Библиотека NumPy (версия 1.9.2-8), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, является основной библиотекой, используемой в языке Python для работы с большими массивами данных. В состав библиотеки NumPy входят специализированные программные классы, предназначенные для хранения и обработки многомерных массивов данных. Также в состав библиотеки NumPy входит набор готовых математических функций, предназначенных для работы с многомерными массивами данных.

Библиотека Pandas (версия 0.16.2-15), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, также предназначена для обработки и анализа больших массивов данных, работы с числовыми таблицами и временными рядами. Библиотека Pandas является программной надстройкой над библиотекой NumPy, являющейся инструментом более низкого уровня. Библиотека Pandas предоставляет разработчику высокоуровневые функции обработки больших массивов данных, в то время как NumPy предоставляет разработчику низкоуровневые функции обработки больших массивов данных.

Библиотека SciPy (версия 0.15.1-8), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, используется для научных и инженерных расчетов. В состав библиотеки SciPy входят функции численного интегрирования, интерполяции, оптимизации, математической статистики, работы с матрицами, линейной алгебры, исследования и обработки сигналов.

Библиотека Scikits-Learn (версия 0.16.1-9), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для создания нейронных сетей и решения задач машинного обучения. В состав библиотеки Scikits-Learn входят методы классификации, методы регрессии, методы кластеризации, методы уменьшения размерности. Также в состав библиотеки Scikits-Learn входят функции предварительной обработки и подготовки входных массивов данных.

Библиотека Matplotlib (версия 1.4.3-7), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для визуализации результатов научных и инженерных расчетов. Matplotlib используется для построения различных типов графиков, таких как двумерные графики, трехмерные поверхности, гистограммы, круговые диаграммы и диаграммы разброса, логарифмические графики.

Также в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 входит ряд других дополнительных узкоспециализированных библиотек языка Python, предназначенных для обработки данных. Например, библиотека Astropy (версия 1.0.3-11) предназначена для выполнения астрономических расчётов, библиотеки Pillow (версия 2.8.2-16) и Scikits.image (версия 0.11.3-9) предназначены для работы с растровой графикой и обработки изображений.

Также в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 входят библиотеки PyODBC и SQLAlchemy, предназначенные для работы с базами данных (далее БД), реализованными в системах управления базами данных (далее СУБД) различных производителей.

Библиотека PyODBC (версия 3.0.11-2), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для организации взаимодействия с БД из программ на Python с использованием стандарта ODBC (Open Database Connectivity), разработанного компанией Microsoft. Стандарт ODBC предназначен для унификации подключения и работы с различными типами СУБД с использованием их ODBC-драйверов. Библиотека PyODBC позволяет из программы, написанной на языке Python, взаимодействовать с наиболее распространёнными СУБД, такими как MSSQLServer, MySQL, Oracle, PostgreSQL.

Библиотека SQLAlchemy (версия 1.0.6-23), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, также предназначена для организации взаимодействия с БД из программ на Python, но с использованием технологии объектно-реляционного преобразования ORM (Object-Relational Mapping). Библиотека SQLAlchemy также поддерживает подключение и взаимодействие со всеми наиболее распространёнными СУБД, такими как MSSQLServer, MySQL, Oracle, PostgreSQL, SQLite [3].

Основной средой разработки программного научного и инженерного программного обеспечения на языке Python в составе дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 является кроссплатформенная среда разработки Spyder (версия 2.3.5.2-17). Среда разработки Spyder имеет удобный настраиваемый интерфейс разработчика, редактор кода Python с подсветкой синтаксиса и динамическим автодополнением кода, с поддержкой одновременного использования множества консолей Python [4].

Также в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 входит вторая среда разработки IDLE (Integrated Development and Learning Environment) - интегрированная среда разработки и обучения на языке Python.

Для возможности управления составом используемых библиотек в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 входит менеджер библиотек PIP (Python Package Index). С помощью менеджера PIP можно устанавливать дополнительные библиотеки языка Python, не входящие изначально в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, а также управлять составом уже подключённых дополнительных библиотек языка Python и при необходимости обновлять их.

Также в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0 входит ряд дополнительных библиотек языка Python, предназначенных для упрощения и расширения возможностей разработки программного обеспечения на Python.

Так библиотека PyQt (версия 4.11.3-5), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для разработки визуального пользовательского интерфейса в программах на Python. Библиотека PyQt является набором расширений среды разработки Qt, выполненных в виде библиотеки для языка Python. Для разработки графического интерфейса пользователя с помощью библиотеки PyQt используется специальное приложение QtDesigner, в котором осуществляется построение визуальной пользовательской формы программы, а также расположение и настройка компонент пользовательской формы. Также следует отметить, что графики визуализации результатов научных исследований, построенные с использованием библиотеки Matplotlib, могут быть встроены в пользовательский интерфейс программы, написанный с использованием библиотеки PyQt.

Библиотека Cython (версия 0.22.1-16), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для написания модулей на языке C++ для программ на Python, поддерживающих прямой вызов функций и методов языка программирования C++.

Библиотека Cx_Freeze (версия 4.3.4-4), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0., предназначена для создания исполняемых файлов *.exe в программах, написанных на языке Python.

Библиотека ReportLab (версия 3.2.0-5), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для создания отчетов в формате документов Adobe с расширением *.pdf, в которых разработчик может сохранить результаты вычислений и графики, полученные в программе на Python.

Библиотека PyTest (версия 2.7.2-18), входящая в состав дистрибутива Python(x,y) 2.7.10.0, предназначена для тестирования на ошибки разработанного инженерного и научного программного обеспечения на языке Python.

Помимо рассмотренных дополнительных библиотек языка Python в состав дистрибутива Python(x,y) входят следующие библиотеки: Fabric, Paramiko, Setuptools, Pyreadline, PyICU, Mahotas, Pygments, Openpyxl, PyOpenSSL, Pylint, Netcdf4, Sphinx, Psutil, PyTables, Rst2pdf, PycURL, Tornado, Virtualenv, Lxml, Libnacl, Pyzmq, Urllib3, Requests, PyQwt, OpenCV, Numexpr, Pycares, Pycparser, Gevent, Html5lib, Vitables, Simplejson, ITK, Yappi, Pyasn1, GDAL.

Таким образом, в рамках настоящей статьи рассмотрен дистрибутив Python(x,y) языка программирования Python. Данный дистрибутив предназначен для научных и инженерных вычислений на языке Python, прост в установке и настройке, предоставляет разработчику большой набор уже включенных в состав дистрибутива дополнительных библиотек языка программирования Python и средства разработки программного обеспечения на языке Python.

Необходимо упомянуть и недостатки рассмотренного дистрибутива Python(x,y) – дистрибутив поддерживает только версию языка программирования Python 2, но не имеет поддержки более современных версий языка программирования Python 3.

Список литературы

1. Рейтинг языков программирования на GitHub [электронный ресурс] Режим доступа: <https://pypl.github.io/PYPL.html> (дата обращения 27.06.2022).
2. Официальный сайт дистрибутива Python(x,y) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://python-xy.github.io> (дата обращения 27.06.2022).
3. Официальный сайт библиотеки SQLAlchemy [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.sqlalchemy.org/> (дата обращения 27.06.2022).
4. Официальный сайт среды разработки Spyder [Электронный ресурс] <https://www.spyder-ide.org/> (дата обращения 27.06.2022).
5. *Шолле Франсуа*, Глубокое обучение на Python, СПб.: Питер, 2018. — 400 с.

2.3.1.

¹Н.В. Пашинова, ¹С.Б. Цыдыпова, ²Г.Ж. Хандакова¹Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Институт землеустройства, кадастров и мелиорации,²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
Улан-Удэ, nadya233.84@mail.ru, scydyrova@mail.ru, dondokovag@mail.ru**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ НА ОРОШЕНИЕ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ**

В работе представлены результаты определения влажности и плотности грунта и его влияния на орошаемость земель. В статье описаны самые распространенные методы для определения влажности и плотности грунта. Величина оросительной нормы зависит от климатических и погодных условий, свойств почвы, особенностей растений и технологии их возделывания.

Ключевые слова: *грунт, естественная влажность грунта, песчаный грунт, глинистый грунт, орошение.*

Необходимость определения влажности и плотности грунта нужна для определения количества и объемов орошения сельскохозяйственных культур. Для определения этих показателей мы исследовали разные методы, определить естественную влажность грунта можно несколькими способами.

Первый метод определения естественной влажности грунта с использованием сушильного шкафа, согласно ГОСТ взвешиваем грунт и помещаем в сушильный шкаф в течение 4 часов, далее по известным формулам рассчитываем влажность грунта.

Вторым методом определения естественной влажности грунта является, метод с использованием современных анализаторов влажности.

Третий метод определения естественной влажности грунта, является метод высушивание с помощью микроволновой печи, оно тоже относится к современным методам определения естественной влажности.

В наших опытах мы определили естественную влажность грунта с помощью сушильного шкафа [1]. Пробы грунтов мы взяли из Учебного полигона мелиорация с. Сужа, который располагается в 14 километрах к юго-западу от центра г. Улан-Удэ, а так же грунт, взятый в окрестностях БГСХА.

Основным лабораторным оборудованием для определения влажности грунта является сушильный шкаф, это электрический прибор, который снабжен контактным термометром. Термометр настроен на 130°C. Сам прибор представляет собой цилиндрический корпус внутри которого, располагается поворотный стол с ячейками. В верхней части имеется рукоятка при помощи которого, можно перемещать этот стол. В нижней части находятся тумблеры для включения сушильного шкафа. Прежде чем приступить к подборке проб необходимо включить сушильный шкаф, чтобы температура в сушильном шкафу достигла 130°C.

Для определения влажности грунта из средней пробы берется навеска грунта из глубины почвы 30 см. массой 100 грамм, для этого мы взвешиваем массу пустой бюксы, записываем номер бюксы и его вес в журнал и взвешиваем пробу грунта весом 100 грамм. После взвешивания закрываем бюкс крышечкой, чтобы влага не испарилась, таким же образом проводим подготовку и взвешивание второй пробы.

Взвешенные и пронумерованные бюксы помещаем в предварительно нагретый до 130°C сушильный шкаф. Помещаем бюксы с открытыми крышками в сушильный шкаф при помощи щипцов для тиглей, потому что температура в сушильном шкафу 130°C.

После истечения 4 часов, охлаждаем горячие бюксы в эксикаторе с известью, для того чтобы не образовался в бюксах конденсат и определяем усушку, как разницу массы до и после сушки. По известной формуле определяем влажность.

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} = \frac{m - m_s}{m_s}$$

где: m_w – масса влаги, гр.;

m_s – масса сухого грунта, гр.;

m – масса влажного грунта, гр.

Результаты определения естественной влажности грунта занесены в таблицу 1.

Среднее арифметическое значение естественной влажности пробы грунта взятого в окрестностях БГСХА, $\omega_{cp}=31,43\%$.

Среднее арифметическое значение естественной влажности пробы грунта взятого Учебного полигона мелиорация с Сужа, $\omega_{cp}=17,63\%$.

Для определения количества необходимой для орошения земель сельскохозяйственного назначения недостаточно одной влажности грунта, необходимо еще определить плотность грунта.

Плотность глин доказано, что выше плотности песка в одних и тех же объемах, образующих грунт. Плотность частиц глинистого грунта всегда выше плотности частиц песчаного грунта, при этом пористость грунта не влияет на плотность его частиц.

Характеристикой грунта являются различные физико-механические свойства, среди них плотность является одной из важнейших. Определив плотность грунта мы, можем получить подробную информацию об его состоянии.

Плотность грунта определяется разными методами, одним из распространенных методов, является определение плотности грунта методом режущего кольца, которым мы и воспользовались [2,3].

Далее определили плотность грунта образца взятого в окрестностях БГСХА p_1 по формуле:

$$p = \frac{m_3 - m_2 - m_1}{V} \text{ [кг/м}^3\text{]}$$

где: m_1 – масса пластинки, кг;

m_2 – масса режущего кольца, кг;

m_3 – масса образца грунта с кольцом и пластинкой, кг;

V – объем режущего кольца, м³. [2].

Таким же методом определили плотность грунтов взятых из Учебного полигона мелиорация с Сужа p_2 .

Результаты определения плотности грунта занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты определения влажности и плотности грунтов

№	Грунт взятый из Учебного полигона мелиорация с Сужа		Грунт взятый в окрестностях БГСХА	
	Влажность, %.	Плотность, [кг/м ³]	Влажность, %.	Плотность, [кг/м ³]
1	28	1355,8	16,27	1502
2	20	1012	15	1024

Результаты определения естественной влажности грунта, показывают, что влажность грунта взятого из Учебного полигона мелиорация с Сужа больше потому, что там грунт глинистый, а в окрестностях БГСХА песчаный.

Существуют нормы полива, с помощью которых можно определить количество воды необходимой для орошения на определенной площади земли. Определяемые нами в лабораторных условиях влажность и плотность грунта, будут необходимы для определения нормы полива для этих конкретных земель.

В настоящее время стратегические планы Российской Федерации направлена на развитие сельского хозяйства. Однако данное развитие невозможно без учета качественных и количественных характеристик земель [4].

В этой связи в экстремальных природно-климатических зонах важным условием ведения эффективного сельского хозяйства, растениеводства является мелиорация, она направлена не просто на коренное улучшение земель, но и природообустроительную стратегию, где водная мелиорация выполняет важные задачи по регулированию гидротермического режима почвенных систем [5].

Определяя влажность и плотность почвы, сельскохозяйственное производство заранее застраховывается, для получения больших объемов урожая и не значительных потерь в этой области.

Список литературы

1. Определение влажности грунта в лабораторных условиях / Н. В. Пашинова, Э. Б. Буянтуев, С. Б. Цыдыпова, Г. Ж. Хандакова // *Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции*, Петрозаводск, 07 июня 2021 года. – г. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 275-280.
2. *Пашинова Н.В.* Анализ результатов определения плотности грунта методом режущего кольца / Н. В. Пашинова, Э. А. Убушеева, Е. И. Попова // *Лучшая студенческая статья 2020: Сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса*. В 5-ти частях, Петрозаводск, 29 ноября 2020 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. – С. 249-252.
3. Влияние влажности грунта на его плотность / Н. В. Пашинова, С. Б. Цыдыпова, Э. Б. Тыпшеев, А. А. Шырбан // *Образование и наука: Материалы Национальной научно-практической конференции*, Улан-Удэ, 12–16 апреля 2021 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2021. – С. 17-23.
4. *Цыдыпова С.Б.* Современное состояние земель сельскохозяйственного назначения с позиции агрохимических показателей Иволгинского района [Текст] / Титова Т.И. // *Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов*. Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию юбилею кафедры землепользования и земельного кадастра Бурятского государственного университета: сб. статей. – Улан-Удэ 2018. С. 250-254.
5. *Ильин Ю.М.* История мелиорации байкальского региона / Семенова М.В. // *Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления*. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации: сб. статей. – Улан-Удэ 2015. С. 225-228.

2.3.1.

В.С. Соколов

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ,
кафедра конструирования и технологии производства электронных средств,
Казань, Vssokolov@kai.ru

ЗОНДИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИМ ДВУХЧАСТОТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНИКА

Модулятор Маха-Цендера (ММЦ) может обеспечить модуляцию оптического излучения с высоким коэффициентом экстинкции (КЭ), которое можно использовать для генерации спектрально чистого оптического двухчастотного излучения (ОДИ). Частотная характеристика фотодетекторов может быть точно измерена по ОДИ, сканируя частоту радиосигнала, подаваемого на оптический модулятор, для его генерации. Для генерации спектрально чистого ОДИ требуется модуляция с высоким КЭ. Когда КЭ достаточно велик, спектральный профиль ОДИ не зависит от частотной характеристики модулятора. Таким образом, контролируя или стабилизируя мощности ОДИ мы можем измерить АЧХ оптических приемников и их фотоприемников (ФП). ФП, АЧХ которых откалибрована ОДИ, в свою очередь могут использоваться для определения характеристик оптических передатчиков. Предложен новый метод модуляции оптического излучения с высоким КЭ – тандемная амплитудно-фазовая модуляция.

Ключевые слова: фотоприемник, амплитудно-частотная характеристика, источник оптического спектрально чистого двухчастотного излучения, высокий коэффициент экстинкции, тандемная амплитудно-фазовая модуляция.

Введение. Как показано на рис. 1, отклик ФП может быть измерен с помощью ОДИ, генерируемого ММЦ, работающим в «нулевой» точке, точке минимальной передачи его модуляционной характеристики, где компоненты верхней боковой полосы (ВБП) и нижней боковой полосы (НБП) эффективно получены с большим подавлением несущей и $KЭ=0,56$. Оптическая мощность ВБП и НБП на выходе порта ММЦ зависит от эффективности модуляции ММЦ (коэффициента модуляции) и от частотной характеристики ММЦ.

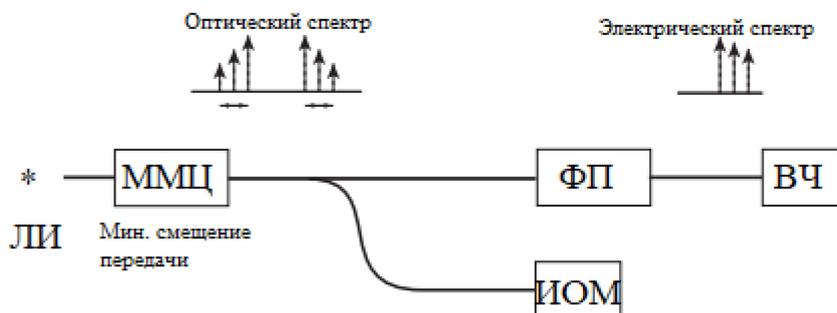


Рис. 1 – Измерение фотодетектора оптическим двухтональным сигналом:
ЛИ – лазерный источник, ММЦ – модулятор Маха-Цендера; ФП – фотоприемник;
ВЧ -высокочастотный измеритель мощности;
ИОМ – измеритель оптической мощности

Как правило, амплитудно-модулированные излучения имеют ВБП и НБП в дополнение к несущей компоненте, которая соответствует входному оптическому излучению. Интенсивность ВБП или НБП по отношению к несущей отражает эффективность модуляции.

Амплитуда БП (если не учитывать их третью и выше гармоники) примерно пропорциональна амплитуде и соответствует по частоте радиосигналу, подаваемому на ММЦ как модулирующему, в то время как несущая практически остается неизменной при слабом сигнале. С другой стороны, ММЦ в «нулевой» рабочей точке подавляет несущую и генерирует одинаковые, сбалансированные по мощности ВБП и НБП.

АЧХ ФП не зависит от отклика ММЦ, потому что оптический сигнал имеет только две спектральные составляющие: ВБП и НБП. Разностная оптическая частота между ВБП и НБП равна удвоенной частоте радиосигнала модуляции, подаваемого на ММЦ.

Измерение эффективности преобразования ФП \mathfrak{R} . Эффективность преобразования ФП \mathfrak{R} может быть рассчитана по формуле отношения мощностей оптической на входе (P_{OPT}) и радиочастотной на выходе ФП (P_{RF}):

$$\mathfrak{R} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{Z_L}} \times \frac{\sqrt{P_{RF}}}{P_{OPT}}, \quad (1)$$

где Z_L – сопротивление нагрузки электрического выхода ФП. Когда Z_L составляет 50 Ом:

$$\mathfrak{R} = \frac{\sqrt{P_{RF}}}{5 \times P_{OPT}}, \quad (2)$$

где радиочастота RF вдвое больше частоты модулирующего сигнала, а ширина исследуемой АЧХ ФП, также в два раза больше максимальной частоты радиосигнала, модулирующего ММЦ.

Когда КЭ недостаточно велик, измерение оптической мощности будет иметь ошибку за счет наличия остаточной, не до конца подавленной несущей и появления составляющей на частоте $RF/2$. Высокий КЭ важен для обеспечения точного измерения эффективности преобразования ФП. Путем изменения частоты сигнала модуляции, подаваемого на ММЦ, мы можем измерить АЧХ ФП (пример показан на рис. 2).

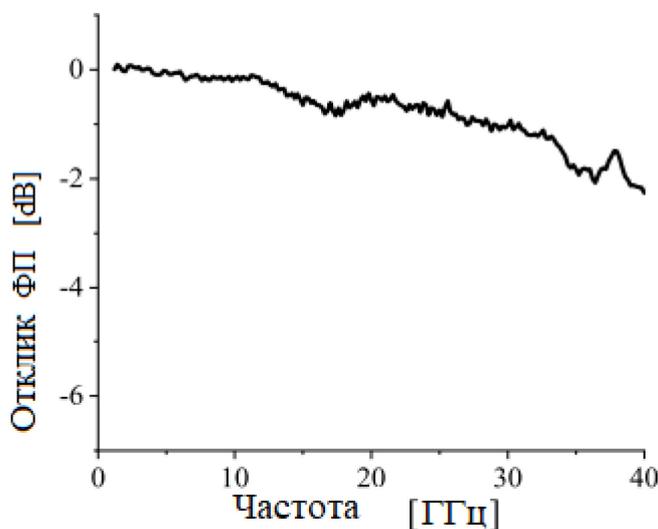


Рис. 2 – Измеренная частотная характеристика ФП

Когда коэффициент подавления нежелательных боковых составляющих и оптической несущей достаточно велик, АЧХ ММЦ не влияет на результаты измерений [1, 2]. Таким образом, мы можем откалибровать частотную характеристику ФП.

Тандемная амплитудно-фазовая модуляция для повышения КЭ. На рис. 3 показана структурная схема тандемного амплитудно-фазового модулятора (ТАФМ) для формирования спектрально чистого ОДИ. Используя амплитудный ММЦ, оптическая несущая с частотой ω_0 модулируется радиочастотным сигналом ω_{RF} в квадратурной рабочей точке, а затем коммутируется по фазе на π в фазовом модуляторе (ФМ) в момент прохождения огибающей полученного АМ-излучения минимума (метод Ильина-Морозова [3, 4]).

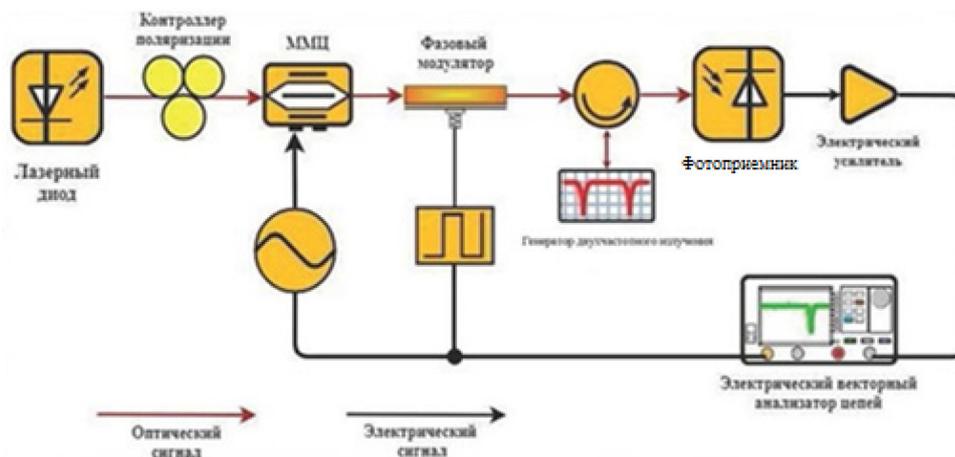


Рис. 3 – Структурная схема ТАФМ

Аналитическая запись преобразования несущей в ОДИ с помощью ТАФМ изложено в [5, 6]. Опишем модулирующее напряжение как $S(t) = S_0 \cos(\omega_{RF}t + \pi)$. Зададим рабочую точку на середине линейного участка рабочей характеристики ММЦ, что соответствует $\Gamma = \pi/2$, тогда излучение на его выходе:

$$E_{AM}(t) = E_0 \sin[\Gamma_{=} + \Gamma_0 \cos(\omega_{RF}t + \pi)]/2 \cos \omega_0 t, \tag{3}$$

Разложим выражение (3) по составляющим

$$E_{AM}(t) = \frac{E_0}{\sqrt{2}} [J_0(\frac{\Gamma_0}{2}) + 2J_1(\frac{\Gamma_0}{2}) \cos \omega_{RF}t - 2J_2(\frac{\Gamma_0}{2}) \cos 2\omega_{RF}t] \cos \omega_0 t, \tag{4}$$

где: $2J_n(\Gamma_0/2)/J_0(\Gamma_0/2) = m_n$ - определяет парциальный коэффициент АМ.

Проведем фазовую манипуляцию с девиацией π в момент прохождения огибающей (4) минимума, тогда напряженность электрического поля оптического излучения на выходе ФМ опишется [7]:

$$E_{A\Phi M}(t) = E_0 \sin[\Gamma_{=} + \Gamma_0 (\cos \omega_{RF}t + \pi)/2] \{ \cos(\omega_0 t + \theta) \}, \tag{5}$$

где $\theta = 0$ и $\theta = \pi$ для разных периодов АМ-колебания.

Согласно требованиям метода [8], фазовые соотношения сигналов $U_m(t)$ и $\varphi(t)$ подобраны таким образом, что коммутация фазы осуществляется по минимуму функции $U_m(t)$ (рис. 4).

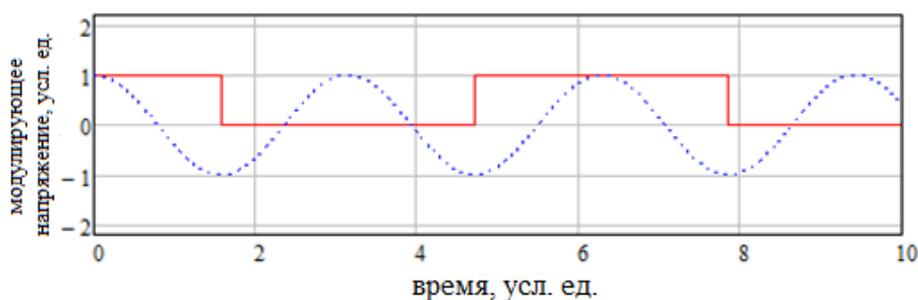


Рис. 4 – Модулирующие сигналы по фазе (для ФМ – меандр) и амплитуде (для ММЦ косинусоида)

Построим спектр ОДИ, описываемого выражением (5), на рис. 5., при этом КЭ=0,64.

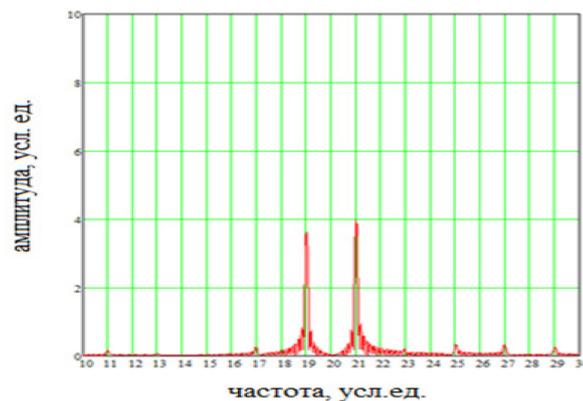


Рис. 5. – Спектр сигнала с фазовой манипуляцией

Выводы

Для исследования АЧХ ФП точная и высокоскоростная модуляция для получения ОДИ может быть достигнута за счет применения ТАФМ. При этом коэффициент ослабления за счет коммутации фазы может быть больше, чем 100 дБ, в сравнении со сбалансированным ММЦ – 50 дБ [1], и обычным ММЦ – 20 дБ. КЭ для ТАФМ в 1,15 раза больше, чем в [1]. Таким образом, эффективность преобразования фотоприемника \mathfrak{R} можно откалибровать с более высокой точностью и разрешением [9].

Список литературы

1. *Kawanishi T.* Precise optical modulation and its application to optoelectronic device measurement // *Photonics*. 2021. V. 8. P. 160.
2. *Enokihara A., Kawai T. and Kawanishi T.* Optical two-tone generation and SSB modulation using electro-optic modulator with suppressing redundant spectrum components // *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*. 2011. V. 3, no 3. pp. 295–300.
3. *Айбатов Д.Л., Морозов О.Г., Садеев Т.С.* Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе // *Нелинейный мир*. 2010. Т. 8. № 5. С. 302-309.
4. *Морозов О.Г. и др.* Определение характеристик спектра усиления Манделъштама-Бриллюэна с помощью двухчастотного зондирующего излучения // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2012. Т. 15. № 3. С. 95-100.
5. *Sadeev T.S., Morozov O.G.* Investigation and analysis of electro-optical devices in implementation of microwave photonic filters // *Proc. of SPIE*. 2012. V. 8410. P. 841007.
6. *Morozov O.G. et al.* Two-frequency analysis of fiber-optic structures // *Proc. of SPIE*. 2006. V. 6277. P. 62770E.
7. *Морозов О.Г. и др.* Амплитудно-фазовые методы формирования зондирующих излучений для систем анализа волоконно-оптических структур // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2007. Т. 10. № 3. С. 119-124.
8. *Морозов О.Г.* Амплитудно-фазовое преобразование частоты в системах временной и частотной рефлектометрии волоконно-оптических информационных и измерительных сетей // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2004. Т. 7. № 1. С. 63.
9. *Василец А.А. и др.* Симметричный векторный анализатор для характеристики спектральных параметров оптических высокочастотных структур // *Фотон-экспресс*. 2020. № 7 (167). С. 15-21.

2.3.1.

Д.И. Тряков, В.И. Полуничев д-р техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики им. Академика Ф.М. Митенкова,
кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»,
Нижний Новгород, dimatrkv@inbox.ru

ГАЗОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ СУДОВЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА

В данной статье выполнен анализ процессов газопереноса и газовыделения в оборудовании первого контура реакторной установки (РУ) с газовой системой компенсации давления. Рассмотрены процессы растворимости азота в воде первого контура РУ. Количественно оценен объем выделившегося в контур газа.

Ключевые слова: расхолаживание РУ, газовая система компенсации давления, равновесная концентрация газа, газовыделение, газоперенос.

В отечественных судовых реакторных установках используется газовая система компенсации давления в первом контуре [1]. Рабочим газом является азот, который при работе установки растворяется в воде компенсатора. Повышение концентрации растворенного газа в воде компенсатора описывается уравнением [2]:

$$C_{\text{кд}} = C_{\text{кд}}^{\text{н}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\alpha S}{V_{\text{кд}}} t}\right), \quad (1)$$

где $C_{\text{кд}}^{\text{н}} = K \cdot P_{\text{г}}$ – равновесная концентрация азота в массе воды в КД; K – коэффициент Генри; $P_{\text{г}}$ – парциальное давление газа; S – площадь поверхности раздела фаз в КД; α – коэффициент массообмена между водной и газовой фазой КД; $V_{\text{кд}}$ – объем воды компенсаторов давления РУ.

Время выравнивания концентраций растворенного газа в теплоносителе 1 контура зависит от интенсивности массообмена между контуром и компенсатором и описывается уравнением [3]:

$$G_0 \cdot \frac{dC}{dt} = \beta \cdot (C_{\text{к}} - C), \quad (2)$$

где G_0 – масса воды в контуре (без КД); C – концентрация газа в воде первого контура; β – коэффициент массообмена между контуром и КД; $C_{\text{к}}$ – концентрация азота в воде КД.

В данной работе рассматриваются процессы выделения газа, растворенного в теплоносителе в режимах нормального и экстренного расхолаживания в аварийных ситуациях, возможного скопления в оборудовании первого контура (реактор, парогенератор, приводы СУЗ, ЦНПК) и влияние на надежность его работы. При анализе предполагается, что перед расхолаживанием в первом контуре установилась равновесная концентрация растворенного газа. В процессе расхолаживания в контуре снижается температура и давление.

Масса вытесненного из КД в контур теплоносителя можно оценить из соотношения:

$$\Delta G = G_{\text{т}}^{\text{х}} - G_{\text{т}}, \quad (3)$$

где $G_{\text{т}}^{\text{х}}$ – масса теплоносителя в контуре после расхолаживания; $G_{\text{т}}$ – текущая масса теплоносителя в контуре при расхолаживании.

Текущее изменение объема газа в КД:

$$\Delta V_{\text{г}}^{\text{кд}} = \Delta G \cdot \vartheta_{\text{кд}}, \quad (4)$$

где $\vartheta_{\text{кд}}$ – удельный объем воды при температуре в КД.

Текущее давление в контуре в процессе расхолаживания:

$$P_{1\text{к}} = P_{1\text{к}}^0 \cdot \frac{V_{\text{г}}^0}{V_{\text{г}}^0 + \Delta V_{\text{г}}}, \quad (5)$$

где $P_{1к}^0$ – номинальное давление в контуре; V_r^0 – объем газа в КД в номинальном режиме. Текущая концентрация газа в воде КД:

$$C_{кд} = K(T_{кд}) \cdot (P_{1к} - P_s(T_{кд})), \quad (6)$$

где $P_s(T_{кд})$ – давление насыщения при температуре воды в КД.

Текущая концентрация газа в воде КД линейно зависит от давления при постоянной температуре газа. Предельная текущая концентрация газа в исходной массе теплоносителя первого контура в процессе расхолаживания:

$$C_{1к} = K(T_{1к}) \cdot (P_{1к} - P_s(T_{1к})), \quad (7)$$

где $K(T_{1к})$ – коэф-т Генри при текущей температуре теплоносителя первого контура.

Зависимость предельной концентрации газа (концентрации насыщения) в теплоносителе первого контура от его средней температуры приведена на рисунке 1. Расчет выполнен при следующих исходных данных: $P_0 = 16,2$ МПа; $T_{вх} = 298$ °С; $T_{вых} = 325$ °С; $T_{вых} = 311,5$ °С; $V_{1к} = 11,44$ м³.

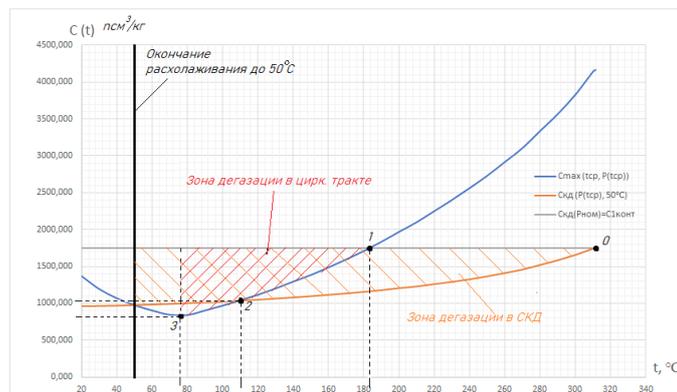


Рис. 1 – Зависимость предельной концентрации газа в теплоносителе первого контура от средней температуры первого контура в процессе расхолаживания

Объем газа, выделившийся из исходной массы воды в контуре:

$$V_{Г1к} = \Delta C_{1к} \cdot G, \quad (8)$$

где $\Delta C_{1к} = C_{1к}^0 - C_{1к}$ – изменение предельной концентрации газа в исходной массе воды контуре; G – масса воды в контуре при номинальных параметрах.

Растворение газа в теплоносителе в определенных диапазонах температур и давлений не учитывается из-за его малой скорости и относительно малого времени расхолаживания.

Объем выделившегося газа из массы воды, поступившей из КД:

$$V_{Г.кд \rightarrow р} = \Delta C_{кд \rightarrow р} \cdot \Delta G, \quad (9)$$

где $\Delta C_{кд \rightarrow р} = C_{кд.ср} - C_{1к}$ – изменение предельной концентрации газа в массе воды, поступившей из КД в реактор при расхолаживании;

Текущая концентрация газа в воде КД линейно зависит от давления, поэтому средняя концентрация газа в воде, поступающей в реактор:

$$C_{кд.ср} = \frac{(C_{кд}^o - C_{кд})}{2}, \quad (10)$$

Из рисунка 1 видно, что процесс выделения газа в циркуляционном тракте (точка 1) при расхолаживании начнется при достижении температуры $t_{ср} = 184$ °С. Минимальная концентрация растворенного газа будет достигнута при $t_{ср} = 76$ °С (точка 3). Объем газа, выделившегося из теплоносителя цирк. тракта (на участке 1-3), изначально находящегося в границах циркуляционного тракта составит:

$$\Delta V^{ц.т.} = G(T_{ср}^0) \cdot (C_{кд}(P_0, T_{кд}) - C(P(t_{ср})t_{ср})) \quad (11)$$

Процесс выделения газа в КД начнется сразу после начала расхолаживания установки (точка 0).

Масса теплоносителя, вытесненного из СКД на интервале температур 311,5 – 110 °С:

$$\Delta G_{0-2} = G_{СКД}^{вода}(311,5^\circ\text{C}) - G_{СКД}^{вода}(110^\circ\text{C}) = 2575,2 \text{ кг} \quad (12)$$

Объем унесенного в циркуляционный тракт газа на интервале температур 311,5 – 110 °С:

$$\Delta V_{0-2}^{ц.т.} = \Delta G_{0-2} \cdot (C_{КД}(P_0, T_{КД})) - C_{КД}(P_I(230^\circ\text{C}), 50^\circ\text{C}) = 1,17 \text{ нм}^3 \quad (13)$$

Из графика видно, что на интервале температур теплоносителя в циркуляционном тракте от 110°С до 50°С максимальная растворимость газа в воде циркуляционного тракта становится ниже, чем максимальная растворимость при параметрах в СКД. При этом, на данном температурном интервале растворимость газа при параметрах СКД практически не меняется. Следовательно, консервативно можем считать, что на участке 2–3 газовыделение в СКД практически прекратится. Масса теплоносителя, перенесенного из СКД на участке 2 – 3 будет составлять:

$$\Delta G_{2-3} = G_{СКД}^{вода}(110^\circ\text{C}) - G_{СКД}^{вода}(76^\circ\text{C}) = 247,3 \text{ кг} \quad (14)$$

Объем поступившего в циркул. тракт газа на участке 2–3 составит:

$$\Delta V_{2-3}^{ц.т.} = \Delta G_{2-3} \cdot (C_{КД}(P_I(110^\circ\text{C}), 50^\circ\text{C}) - C(94 \text{ бар}, 76^\circ\text{C})) = 0,048 \text{ нм}^3 \quad (15)$$

Приведенный к норм. усл. объем газа, выделившегося в циркуляционном тракте:

$$\Delta V^{ц.т.} = \Delta V_{1-3}^{ц.т.} + \Delta V_{0-2}^{ц.т.} + \Delta V_{2-3}^{ц.т.} = 7,498 \text{ нм}^3 \quad (16)$$

После выделения газ будет скапливаться в локальных верхних точках циркуляционного тракта: ГЦН, под крышкой реактора и в приводах СУЗ. В связи с этим, становится важным контролировать уровень теплоносителя в автономном контуре ГЦН, поскольку в определенный момент из-за выделения большого объема газа уровень теплоносителя в верхней полости ЦНПК может понизиться и привести к нарушению его работы.

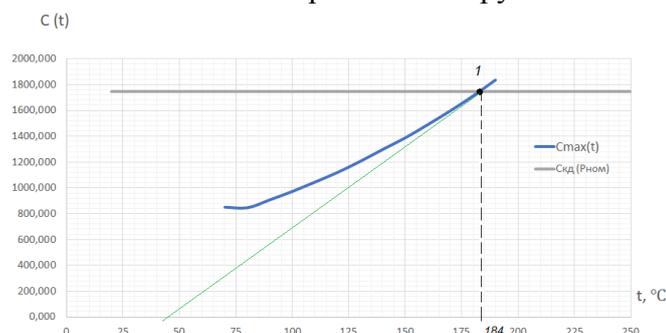


Рис. 2 – Зависимость изменения концентрации газа в теплоносителе циркуляционного тракта от средней температуры в процессе расхолаживания на участке начала газовыделения

Наиболее опасный момент времени для работы ГЦН в процессе расхолаживания, является максимальная скорость выделения газа. Графически скорость изменения концентрации можно проиллюстрировать углом наклона касательной к графику зависимости максимальной концентрации растворенного газа. Из рисунка 3 следует, что наибольший угол с осью температур будет иметь касательная к графику максимальной концентрации газа в точке 1, а следовательно, и скорость газовыделения в этой точке будет максимальной. Таким образом, наиболее опасным моментом в процессе расхолаживания является момент достижения температуры в контуре 184°С. Учитывая принятую скорость расхолаживания, равную 20°С/ч, наиболее вероятное время накопления газа в верхней полости ГЦН внимательно необходимо следить за уровнем в автономном контуре ГЦН в момент времени начинается с 380 минуты от начала расхолаживания.

Список литературы

1. Филимонов А.Ф., Полуничев В.И., Помысухина А.Е. Газовыделение и газоперенос в оборудовании первого контура реакторной установки с газовой системой компенсации давления. «Труды НГТУ им Р.Е. Алексеева», №3 (126), 2019, с. 101-109.
2. Касперович А.И., Бычков Н.В., Ширяев В.К. «Атомная энергия», т. 36, вып. 5, 1974, С.387-389.
3. Герасимов В.В., Касперович А.И., Мартынова О.И. Водный режим атомных электростанций. М.: Атомиздат, 1976, 400 с.

2.3.1.

И.В. Усовик канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический институт,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
usovikiv@mail.ru

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОГРАНИЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Космический мусор с каждым годом представляет все большую угрозу для функционирующих космических аппаратов. Для решения проблем космического мусора, и принятия административных решений необходимо оценивать влияние различных мер ограничения его образования и активного удаления на состояние техногенного засорения околоземного космического пространства. В статье представлен обзор перспективных методов ограничения образования космического мусора и разработанные автором методики, позволяющие оценивать вклад различных мер и источников образования космического мусора на состояние техногенного засорения.

Ключевые слова: *моделирование, космический мусор, ограничение техногенного засорения околоземного космического пространства, активное удаление космического мусора.*

Введение

Разработанная А.И. Назаренко к 2010 г. модель для прогнозирования и анализа космического мусора (SDPA) позволяла решать широкий круг прикладных задач, связанных с техногенным засорением околоземного космического пространства (ОКП) [1]. Особенностью модели является статистический учет одновременно всех источников засорения. Данный подход был актуален до тех пор, пока на повестке дня не встал вопрос об активном удалении космического мусора (КМ), а после и о запуске большого количества малых космических аппаратов (КА) и развертывании больших орбитальных группировок (ОГ). Для решения задач прогнозирования техногенного засорения с учетом этих и других факторов необходимо было разработать ряд методик, которые позволяли бы существенно расширить функционал модели SDPA.

1. Перспективные методы ограничения техногенного засорения околоземного космического пространства

Основными международными документами, задающими требования в области ограничения техногенного засорения ОКП, являются [2]:

- Руководящие принципы ООН по предупреждению образования КМ;
- Руководящие принципы Межагентского координационного комитета по космическому мусору по предупреждению образования КМ;
- Стандарт ISO 24113:2019 «Космические системы. Требования к предупреждению образования и ослаблению воздействия КМ»;
- МСЭ ITU-R S.1003 «Защита геостационарной орбиты как окружающей среды» и ряд других.

В Российской Федерации основным документом по ограничению техногенного засорения является национальный стандарт ГОСТ Р 52925-2018. В нем сформулированы требования по уводу космических средств (КСр) по истечении срока активного существования (САС) (п. 6.4), предотвращению возможных разрушений (п. 6.2.3), предотвращению образования КМ в процессе проведения штатных операций (п. 6.1) и ряду других. Соблюдение требований нормативно-технических документов является основой ограничения

техногенного засорения ОКП. Методы и способы ограничения техногенного засорения ОКП подразделяются на:

1. *Предотвращение образования КМ во время штатного функционирования.* Способы, применяемые для реализации данного метода, делятся на 3 подгруппы в соответствии с этапом функционирования КСр:

- выведение; - функционирование; - вывод из эксплуатации.

Способы, применяемые на этапе выведения:

а. Анализ траектории выведения, при планировании запуска КСр следует проводить оценку риска столкновений с каталогизированными космическими объектами (КО) и, по возможности, выбор временных интервалов запуска с целью минимизации риска столкновений. В соответствии с оценками по модели КМ, задаваемой ГОСТ Р 25645.167-2022, вероятность столкновения с КМ размером более 1 см, который является критическим в случае столкновения [1, 2], на этапе выведения составляет от 10^{-5} до 10^{-7} . Априорно по ГОСТ вероятность столкновения с каталогизированными КО на этапе запуска составляет от 10^{-7} до 10^{-8} .

б. Выведение на менее засоренные орбиты, в соответствии с ГОСТ Р 25625.167-2022 самыми засоренными орбитами можно считать околокруговые солнечносинхронные орбиты в диапазоне высот 800-900 км, для них оценка составляет 1 столкновение с КМ >1 см за 8 лет для КА площадью сечения 25 м^2 ; наибольшая концентрация каталогизированных КО находится в области высот системы Starlink ~ 550 км, однако все они могут уклониться от столкновения; при разработке новых КА, особенно больших ОГ, следует учитывать возможность их развертывания на менее засоренных орбитах. Так, например, компания Planet запускает свои КА Dove на высоты от 400 до 500 км.

в. Применение КСр, в процессе функционирования которых не образуются фрагменты КМ, например, средства выведения, функционирование которых не сопровождается выбросом в ОКП операционных элементов (пружин, толкателей, частей пироболтов и др.).

г. Использование защищенных пиротехнических элементов для исключения их срабатывания под действием ударов КМ, что ставит под угрозу выведение и приводит к невозможности функционирования КА из-за отделения на нерабочей орбите.

Способы, применяемые на этапе эксплуатации:

а. Проведение маневров уклонения от столкновений, маневр проводится функционирующим КА во избежание столкновения с КО. Если прогнозируется опасное сближение или столкновение двух нефункционирующих КО, возможно использование специальных КА орбитального обслуживания для изменения орбиты одного объекта.

б. Проведение постоянного непрерывного контроля технического состояния КА для выявления и прогнозирования событий, которые могут привести к их разрушениям или потере управляемости.

в. Применение КСр, в процессе функционирования которых не образуются фрагменты КМ. Например, тросовые системы, отделяющиеся после их использования и сгорающие в атмосфере.

Способы, применяемые на этапе выведения из эксплуатации:

а. Исключение преднамеренного разрушения.

б. Увод по истечении срока активного функционирования из зон рабочих орбит. Реализовать данный метод можно двумя способами: за счет использования собственных энергетических ресурсов (активный) или с использованием специальных устройств, которые монтируются в составе конструкции КА или средств выведения (пассивный способ).

в. Проведение пассивации после окончания САС, что исключает самопроизвольные взрывы нефункционирующих КСр. Пассивация включает: удаление остатков топлива из баков, остатков топлива и газов наддува из всех полостей двигательной установки (ДУ) путем дожигания или дренажа для предотвращения случайных разрушений вследствие повышения давления или протекания химических реакций при воздействии факторов

космического пространства; разрядку батарей и размыкание зарядных линий; стравливание газов из баллонов высокого давления до уровня давления, гарантирующего отсутствие возможности любых разрывов и разрушений; разгрузку (прекращение вращения) маховиков, гироскопов и других аналогичных механических устройств.

Для увода КА с помощью собственной ДУ в зависимости от требуемой продолжительности увода могут применяться различные типы двигателей. Так, например, для быстрого увода КА с орбиты могут применяться жидкостные (ЖРД) или твердотопливные ракетные двигатели (РДТТ). При этом КА будет уведен с орбиты за достаточно короткий промежуток времени, но для этого требуется большая масса рабочего тела. Для продолжительного увода КА могут применяться электроракетные двигатели (ЭРД), при этом масса рабочего тела будет меньше.

Для увода с низких околоземных орбит (НОО) пассивным способом применяются аэродинамические устройства, принцип действия которых основан на увеличении площади поперечного сечения КА, что приводит к увеличению силы аэродинамического сопротивления. Конструктивно устройства увода могут быть выполнены как в виде объемной конструкции - в форме шара, тора, цилиндра, пирамиды, так и плоской - в форме диска, зонта, парашюта, квадрата, комбинации различных надувных форм и др. Ниже приведены некоторые примеры аэродинамических устройств.

– Газонаполненные конструкции. При их использовании не требуется сложная система развертывания и система ориентации. К недостаткам надувных устройств относится возможность прорыва оболочки при столкновении с мелкими фрагментами КМ.

– Аэродинамические парусные устройства плоской конфигурации. При столкновении с фрагментом КМ хотя и образуется отверстие в поверхности устройства, но оно продолжит функционировать. Недостатки: сложность системы развертывания и её повышенная масса.

– Стационарные магнитные устройства, которые выполнены в виде устройств для генерирования магнитного поля, размещенных на борту КА. При их использовании не требуются системы развертывания и ориентации, они более устойчивы к столкновениям с частицами КМ;

– Электродинамические тросовые системы. По окончании САС с борта КА разворачивается трос или лента. Под действием тока, текущего в тросе, возникает сила Ампера, направленная против движения КА. Достоинством данных систем является небольшая масса и простота использования, а к недостаткам проблематичность развертывания троса.

2. Предотвращение возможных разрушений.

Случаи фрагментации КО можно подразделить в соответствии с [3]. Столкновения и взрывы на орбите могут привести к образованию от сотен до нескольких тысяч новых КО. Применение метода предотвращения возможных разрушений направлено на снижение и, в дальнейшем, полное исключение появления новых фрагментов КМ в результате разрушений.

Реализовать данный метод можно следующими способами.

– Улучшение заметности и идентификации малых КА (МКА) с использованием дополнительных технологий. Проблема заметности и идентификации МКА, особенно их больших группировок, все чаще поднимается в последнее время.

– Защита КА от пробития КМ. Защиту можно обеспечить утолщением самого корпуса КА или использованием более стойких к пробитию материалов и покрытий, либо использовать защитные экраны;

– Повышение технических характеристик наземных средств наблюдения и использование средств наблюдения и регистрации КМ на орбите обеспечит оперативное предупреждение об опасных сближениях.

Последние исследования в области оценки долговременной эволюции КМ, говорят о недостаточности применения указанных выше методов в долгосрочной перспективе, потому что текущее состояние техногенного засорения ОКП достигло уровня, когда взаимные столкновения могут инициировать процесс саморазмножения КМ, широко известный как

"синдром Кесслера", даже с учетом реализации всех мер по ограничению техногенного засорения. Поэтому, многие специалисты в мире приходят к выводу о необходимости «очистки» ОКП.

Взаимодействие с уже находящимися в ОКП КО можно осуществлять при использовании специально разрабатываемых космических технологий, что по сути представляет собой реализацию орбитального обслуживания (ОО) и называется в англоязычной литературе активным удалением КМ. Методы и способы активного удаления КМ разделяются на следующие основные группы.

1. *Увод объектов КМ*, является самым эффективным методом по сравнению с другими из-за целенаправленного взаимодействия с КМ. Увод на орбиты захоронения можно осуществлять следующими способами:

– Увод без механической стыковки, с использованием:

а. Системы инъекции ионного пучка (СИИП). Технология Ion Beam Shepherd заключается в использовании квазинейтрального плазменного пучка по направлению к целевому объекту, вследствие чего из-за силы, создаваемой импульсом сталкивающихся ионов, меняется траектория движения объекта. На данный момент разработки данной технологии активно ведутся в НИИ ПМЭ МАИ. Электростатического буксира. Рассматриваются различные варианты электростатического буксира (Electrostatic Tractor), который использует электронный луч для зарядки себя положительно, а целевого объекта - отрицательно. В результате появляется кулоновская сила, которая взаимно притягивает КА.

в. Лазерных установок наземного или космического базирования.

г. Технологий распыления облака частиц, которые воздействуют на КМ и снижают высоту орбиты. Например, частиц оксидов азота I, III, IV, V - N_2O , N_2O_3 , NO_2 , и др. оказывающих ударно-кинетическое воздействие на объекты КМ или газообразное сферическое облако, которое может включать металлические добавки, тяжелые молекулы с низким показателем адиабаты, высокомолекулярные элементы и галогены, подобные проекты находятся на стадии исследований и могут представлять угрозу для КА;

д. Конструкций для увода мелких объектов и частиц КМ. Например, пространственная область, сформированная периферийной поверхностью трубчатого тела, и обладающая большей силой сопротивления и плотности, чем атмосфера на помещаемой орбите. Частицы КМ проходят сквозь трубчатое тело через открытые торцы и задерживаются в нем, после чего сходят с орбиты, подобные проекты угрожают не маневрирующим КА.

– увод с механической стыковкой при использовании:

а. устройства захвата с гарпуном. Airbus разработали систему гарпуна для миссии RemoveDebris, которая была успешно протестирована на орбите 8 февраля 2019 года [4]. Прототипы таких систем активно разрабатываются.

б. Устройства захвата с сетью. КА RemoveDebris также протестировал использование сети для захвата миниатюрного спутника, который выпустил сам [4]. Сети могут состоять из разных материалов, быть разной конфигурации и размера.

в. Роботизированного манипулятора. В 2025 году планируется миссия ClearSpace-1 [5]. Разрабатывается КА с четырьмя шарнирно-сочлененными роботизированными манипуляторами, который позволит безопасно удалить конструкцию Vespa для ракеты Vega, выведенной в 2013 г;

г. Альтернативных вариантов захвата. Например, в Университете Кейптауна (Южная Африка) разработан прототип технологии захвата под названием MEDUSA, использующий сплав с эффектом запоминания формы объекта, что обеспечивает два функциональных режима - захват и выпуск для многократных попыток захвата цели [6].

2. *Продление ресурса КА* обеспечивает долгосрочную устойчивость космической деятельности с помощью следующих способов реализации:

- Ремонт или модернизация оборудования КА. В процессе функционирования КА могут возникнуть непредвиденные поломки, ошибки в программном обеспечении, потеря стабилизации и ориентации. Обслуживание спутника исключают необходимость запуска

нового КА.

- Дозаправка, продлевает срок службы КА.

- Поддержание орбиты КА. Компания Orbital ATK разрабатывает КА по программе Mission Extension Vehicle - MEV, которые имеют надежную систему стыковки и пристыковываются к соплу апогейного двигателя обслуживаемого КА. После этого КА MEV выполняет функции по поддержанию орбиты и ориентации обслуживаемого КА [7].

Основным результатом продления САС КА, который отразится на техногенном засорении ОКП, является исключение необходимости запуска новых КА взамен вышедших из строя. Нефункциональный (или КА с истекающим САС) можно дозаправить, отремонтировать (в том числе с помощью повторного использования частей КМ), вывести на рабочую орбиту и поддерживать ее (как в миссиях MEV), что фактически позволяет перевести КО из статуса КМ в статус функционирующего КА, эксплуатировать его и получать соответствующие услуги. По сути это и есть снижение количества существующих объектов КМ, на определенный срок, ведь в какой-то момент КА уже нельзя будет эксплуатировать даже после дозаправки или ремонта, и он все равно снова станет КМ.

3. *Утилизация КМ* позволяет его ликвидировать (полностью или частично):

– Полная утилизация КМ. Например, запатентованный в РКС КА с ловушкой для КМ и системой утилизации и переработки в топливо.

– Повторное использование КМ или его частей. В качестве примера можно рассмотреть одно из направлений программы DARPA под названием Phoenix - разработка технологии сборки КА на ГСО с повторным применением некоторых элементов. Например, батареи и электронику КА можно эксплуатировать в течение 10-18 лет, а антенну - более 100 лет.

4. *Группирование КМ на орбите.* Проблема засоренности ГСО не может быть решена только методом увода на орбиту захоронения. Два геосинхронных объекта при столкновении со скоростями до 1591 м/с полностью разрушатся, создавая поток КМ, который будет пересекать ГСО каждый день. Увод на орбиту захоронения только замедляет процесс засорения ГСО, но не решает проблему в целом. Компании Guest Associates и Hemsell Astronautics провели исследования по демонстрации захоронения отработавших КА в области ГСО [8]. Предлагается миссия под названием Necropolis, состоящая из двух КА: Hunter - для сбора и буксировки нефункционирующих спутников и космическая станция Terminus, расположенная в зоне захоронения, где удаляемые КА будут находиться на постоянном контролируемом хранении.

2. Методика учета реализации мер ограничения засорения ОКП и активного удаления

Статистическая модель КМ в области низких околоземных орбит (с высотой до 2000 км) использует допущение, что статистические распределения трех угловых элементов орбит (средней аномалии в начальный момент времени, долготы восходящего узла и аргумента перигея) являются равномерными. В качестве исходных данных модели выступают распределения трех элементов орбиты: высоты перигея, эксцентриситета и наклона, а также распределение баллистических коэффициентов КО. Особенностью статистической модели КМ [1] является то, что техногенное засорение полностью описывается статистическими распределениями. Однако, в качестве объектов для удаления выступает относительно малое, по сравнению с общей популяцией КМ, количество объектов, соответствующих определенным требованиям или критерию удаления. Поэтому целесообразным является выделение из общего множества объектов (X), рассматриваемых в исследовании, подмножества объектов (ADR), к которым может применяться операция активного удаления. Аналогичным образом из множества всех объектов можно выделить подмножество новых запускаемых объектов (NEW), к которым применяются меры по ограничению техногенного засорения. Таким образом, все множество объектов X будет состоять из трех подмножеств: D – космический мусор, ADR – объекты, к которым может быть применена операция активного удаления, NEW – новые запускаемые объекты, относительно которых рассматриваются меры по ограничению техногенного засорения, $X = D \cup ADR \cup NEW$. С использованием такого разделения всех объектов на подмножества,

к каждому из них можно применить отдельно либо подход со статистическим описанием, либо подход с "поштучным" описанием.

Множество X и подмножество D будем описывать с использованием модернизированных компонент статистической модели КМ и предусмотренных в ней распределений для решения задач оценки количества взаимных столкновений и последствий столкновений [9].

Подмножества ADR и NEW будем описывать дополнительно с использованием полной информации о каждом объекте, аналогично подходу с «поштучным» описанием объектов, для того чтобы учитывать активное удаление объектов КМ и меры по ограничению техногенного засорения в процессе моделирования.

Прогнозирование орбитальной эволюции объектов подмножества D будем осуществлять с использованием подхода, предложенного в статистической модели КМ.

Прогнозирование орбитальной эволюции объектов из подмножеств ADR и NEW будем осуществлять с использованием прогнозирования орбитальных элементов каждого объекта отдельно, т.е. каждый объект из данных подмножеств будет описываться отдельным набором параметров, чтобы его можно было убрать из статистических распределений, которыми описывается множество X .

Таким образом, суть методики заключается в разделении всего множества объектов на 3 группы таким образом, чтобы в процессе моделирования по времени использовать статистическую модель КМ и элементы "поштучного" моделирования для учета активного удаления и мер ограничения.

Результаты применения методики для различных сценариев, учитывающих соответствие различным параметрам соблюдения требований по ограничению техногенного засорения ОКП и активного удаления представлены на рисунках 1 и 2.

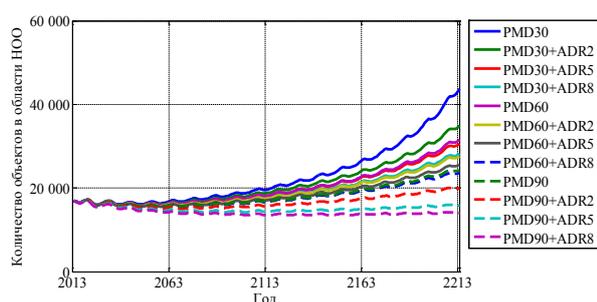


Рис. 1 – Прогноз техногенного засорения НОО при различных сценариях

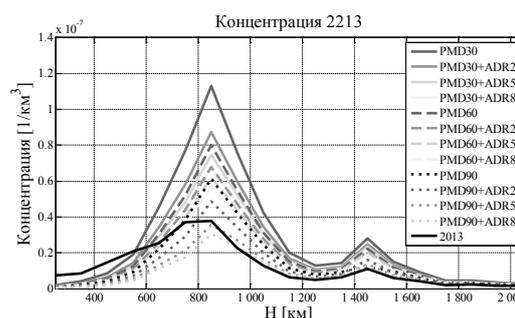


Рис. 2 – Зависимость концентрации от высоты в 2213 г для исследуемых сценариев

Представленные результаты показывают, что в зависимости от реализации всех вышеперечисленных мер, состояние техногенного засорения будет изменяться в разы.

3. Методика учета запуска большого количества малых космических аппаратов

В статье [10] представлены основы методики учета запуска большого количества МКА и предъявляемых к ним мер ограничения.

Методика представляет собой последовательность действий, выполняемых с заданными исходными данными и моделями для получения оценки влияния интенсивных запусков МКА и больших ОГ на техногенное засорение области НОО и частоты взаимных столкновений.

В качестве исходных данных выступают:

- текущее состояние техногенного засорения;
- сценарий прогнозирования.

Необходимые модели:

- модель прогнозирования орбитальной эволюции;
- модель оценки количества столкновений;
- модель оценки последствий столкновений.

В качестве выходных результатов применения методики выступают:

- оценка количества объектов размером более 10 см по высоте перигея;
- оценка количества столкновений в зависимости от времени и высоты.

Следует отметить, что решение задач долговременного прогнозирования техногенного засорения области НОО при различных сценариях было исследовано в предыдущих работах [1]. Отличительной особенностью данной работы является отдельный учет вклада МКА и больших ОГ при решении задачи прогнозирования техногенного засорения НОО.

Для оценки влияния интенсивных запусков малых КА и больших ОГ малых КА на техногенное засорение области НОО и частоты взаимных столкновений предлагается использовать следующую методику:

- провести прогноз техногенного засорения без учета МКА и больших ОГ;
- провести прогноз техногенного засорения с учетом МКА;
- провести прогноз техногенного засорения с учетом МКА и больших ОГ.

Разница в результатах прогноза будет показывать оценку влияния запуска МКА и больших ОГ на техногенное засорение в области НОО.

Результаты применения методики представлены на рисунках 3 и 4.

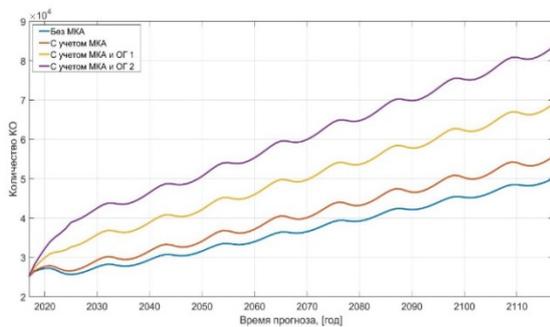


Рис. 3 – Изменение количества КО с перигеем в области НОО

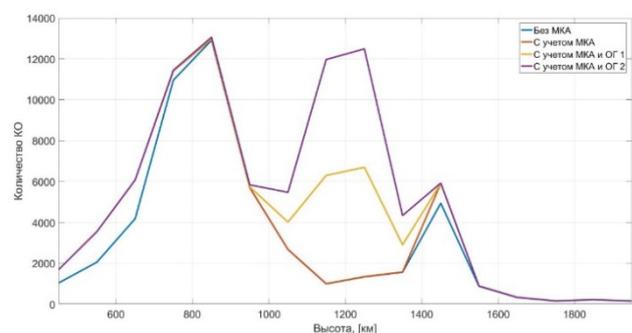


Рис. 4 – Количество объектов с перигеем в 100-км слое на 2117 г.

Как видно из представленных результатов, развертывание больших ОГ оказывает существенное влияние на техногенное засорение ОКП и может образовывать локальные по времени и пространству максимумы концентрации КО. Данный факт уже наблюдается, ОГ Starlink и OneWeb создают локальные максимумы концентрации каталогизированных КО в области НОО [3]. Развертывание МКА (типа Cubesat и аналогичных) приводит к незначительному увеличению концентрации КО в области малых высот, на которых они долго не существуют.

Заключение

Рассмотрены перспективные методы ограничения образования космического мусора и его активного удаления. Показана необходимость развития методов математического моделирования космического мусора для оценки влияния различных мер на состояние техногенного засорения ОКП. Описаны разработанные методики и примеры их реализации. Анализ результатов показывает, что текущий уровень техногенного засорения не будет снижаться, а конкретное состояние среды космического мусора будет зависеть от реализации мер ограничения образования и активного удаления.

*Работа выполнена при поддержке гранта президента МК-5287.2022.4
(соглашение от 12.05.2022 № 075-15-2022-724).*

Список литературы

1. *Назаренко А.И.* Моделирование космического мусора. – М.: ИКИ РАН, 2013. – 216 с.
2. Космический мусор. В 2 кн. Кн. 2. Предупреждение образования космического мусора / Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.Г. Райкунова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 188 с.
3. *Захарова А.П., Степанов Д.В., Степанов И.Б., Усовик И.В.* Анализ трафика запусков, разрушений космических объектов и сходов с орбиты в период 2010-2021 гг. как основных составляющих эволюции космического мусора//Космонавтика и ракетостроение.–2022.– Выпуск №2(125).–С.99-111
4. REMOVEDEBRIS. Mission overview [Электронный ресурс]. - University of Surrey, Guildford. - Режим доступа: <https://www.surrey.ac.uk/surrey-space-centre/missions/removedebris>. – Загл. с экрана. (30.03.2022).
5. Shaping Sustainability beyond Earth. [Электронный ресурс]. - ClearSpace SA, Switzerland. - Режим доступа: <https://clearspace.today/>. – Загл. с экрана. (31.03.2022)
6. *Wei-yu L. Feng, Samule Ginsberg, Peter Martinez and other.* MEDUSA – Mechanism for Entrapment of Debris Using Shape memory Alloy 7th European Conference on Space Debris. - Darmstadt, Germany, 18–21 April 2017. – 9 с.
7. MEV-1 and MEV-2 [Электронный ресурс]. - ESA Earth Observation Portal. -Режим доступа: <https://www.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/mev-1>. – Загл. с экрана. (30.03.2022).
8. *Roger Longstaff.* A mission to demonstrate the preservation of the geostationary orbit Alloy. 7th European Conference on Space Debris. - Darmstadt, Germany, 18–21 April 2017. – 10 с.
9. *Усовик И.В., Дарных В.В., Малышев В.В.* Методика оценки эволюции техногенного засорения низких околоземных орбит с учетом взаимных столкновений и активного удаления космического мусора. М.: Вестник московского авиационного института 2015, т.22, №3 с. 54-62.
10. *Дублева А.П., Степанов Д.В., Усовик И.В.* Оценка влияния запусков группировок малых КА на техногенное засорение низких околоземных орбит. Труды 7-й международной научно-технической конференции "К.Э. Циолковский - 160 лет со дня рождения. 2017, с. 101-105.

2.3.1.

Е.Г. Царькова

Тверской государственный университет,
математический факультет,
Тверь, university69@mail.ru,
Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1,
Москва

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе рассматриваются методы расчета показателя функциональной надежности автоматизированной системы специального назначения. Работа системы исследуется с позиций теории массового обслуживания; приведены результаты расчета вероятности безотказной работы при различных режимах обслуживания заявок. Рассматривается подход к построению оптимальной стратегии управления работоспособностью автоматизированных систем, обеспечивающей сохранение показателя их функциональной надежности не ниже заданного уровня, с учетом наличия ограничений на используемые ресурсы.

Ключевые слова: *автоматизированная система специального назначения, надежность, система массового обслуживания, математическое моделирование, схема Эйлера, оптимальное управление, уголовно-исполнительная система.*

В настоящее время в практическую деятельность уголовно-исполнительной системы (далее - УИС) все активнее внедряются территориально-распределенные автоматизированные системы специального назначения (далее - АССН), служащие средством автоматизации практической работы сотрудников, направленную, в том числе, на обеспечение безопасности охраняемых объектов. В связи с высоким уровнем террористических угроз, необходимостью совершенствования мер по снижению криминогенных угроз на территории исправительных учреждений вопросы обеспечения функциональной надежности АССН, рассматриваемой как способность системы сохранять работоспособность при выполнении возложенных на нее функций, включая надежность программного обеспечения и технического оборудования, приобретают все большую актуальность [1]. Эффективным подходом к оценке надежности АССН является разработка компьютерных моделей, обеспечивающих возможность анализа и прогнозирования безотказной работы АССН при различных параметрах системы. Использование таких моделей в практической деятельности органов и учреждений УИС целесообразно как на стадии проектирования и эксплуатации сложных технических систем, так и при определении путей их совершенствования на этапе модернизации. Рассматривается АССН с состояниями: E_0 (АССН, включая программную и техническую составляющие, работоспособна), E_1 (состояние отказа и восстановления программной составляющей АССН, с интенсивностями отказов и восстановления λ_1, μ_1 , соответственно), E_2 (состояния отказа и восстановления технической составляющей АССН с интенсивностями λ_2, μ_2), E_3 (состояния отказа и восстановления и программной, и технической составляющих АССН с интенсивностями λ_3, μ_3 , соответственно). В результате получаем систему массового обслуживания, работа которой описывается графом, приведенном на рис. 1.

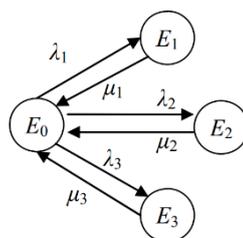


Рис.1 – Граф состояний АСЧН

Пусть $P_0(t), P_1(t), P_2(t), P_3(t)$ – вероятности нахождения системы в состояниях E_0, E_1, E_2, E_3 в момент времени t , соответственно. Согласно приведенному на рис. 1 графу состояний динамика системы описывается системой дифференциальных уравнений следующего вида [2]:

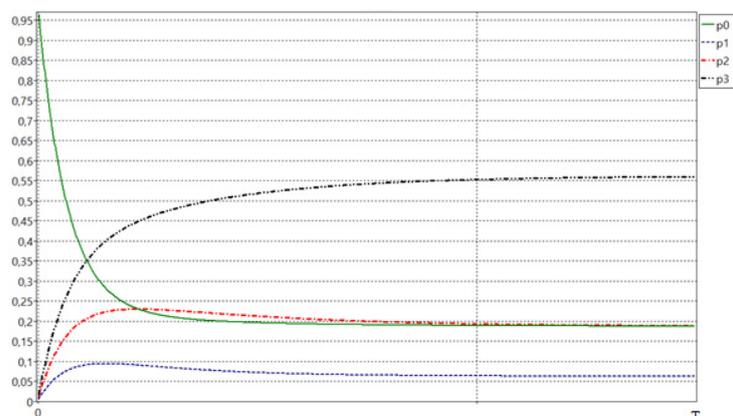
$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t) + \mu_3 P_3(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_1 P_0(t) - \mu_1 P_1(t), \quad \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_2 P_0(t) - \mu_2 P_2(t), \quad \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_3 P_0(t) - \mu_3 P_3(t), \end{aligned} \quad (1)$$

$$P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 1, \quad t \in [0, T], \quad P_0(0) = 1, \quad P_1(0) = 0, \quad P_2(0) = 0, \quad P_3(0) = 0.$$

В рассматриваемом случае вероятность безотказного функционирования системы определяется как значение функции $P_0(t)$. Для расчета $P_0(t)$ при различных параметрах работы системы построим компьютерную модель ее надежности. Вводим на отрезке $[0, T]$ равномерную сетку с шагом $\Delta t = T/q : \{t_i = \Delta t \cdot i, 0 \leq i \leq q\}$, обозначая $P_j(t_i) = P_j^i, j = \overline{0, 3}, i = \overline{0, q}$. Аппроксимируем производные с использованием формул Эйлера 1-го порядка точности: $\dot{P}_j(t^i) \approx \frac{P_j^{i+1} - P_j^i}{\Delta t}, j = \overline{0, 2}, i = \overline{0, q-1}, P_1^0 = 1, P_j^0 = 0, j = \overline{1, 3}$. Получаем следующие расчетные формулы для построения траекторий:

$$\begin{aligned} P_0^{i+1} &= P_0^i + (-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)P_0^i + \mu_1 P_1^i + \mu_2 P_2^i + \mu_3 P_3^i) \Delta t, \\ P_1^{i+1} &= P_1^i + (\lambda_1 P_0^i - \mu_1 P_1^i) \Delta t, \quad P_2^{i+1} = P_2^i + (\lambda_2 P_0^i - \mu_2 P_2^i) \Delta t, \\ P_3^{i+1} &= P_3^i + (\lambda_3 P_0^i - \mu_3 P_3^i) \Delta t, \quad P_0^i + P_1^i + P_2^i + P_3^i = 1, \quad i = \overline{0, q-1}, \\ P_0^0 &= 1, \quad P_1^0 = 0, \quad P_2^0 = 0, \quad P_3^0 = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

На рис. 2 приведены графики зависимости вероятностей состояний системы от времени при следующих значениях параметров: $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 2, \lambda_3 = 2, \mu_1 = 3, \mu_2 = 2, \mu_3 = 1, T = 3$. Траектории построены с использованием программного средства, реализованного в среде IDE Lazarus [3].

Рис. 2 – Графики $P_0(t), P_1(t), P_2(t), P_3(t)$

На рис. 3 приведены графики траекторий, полученные при периодическом изменении дисциплины обслуживания заявок: $\mu_1 = 0,5, \mu_2 = 0,5, \mu_3 = 0,5$ (на интервале $(t_1, t_2]$), $\mu_1 = 1, \mu_2 = 1, \mu_3 = 1$ (на интервале $(t_2, t_3]$).

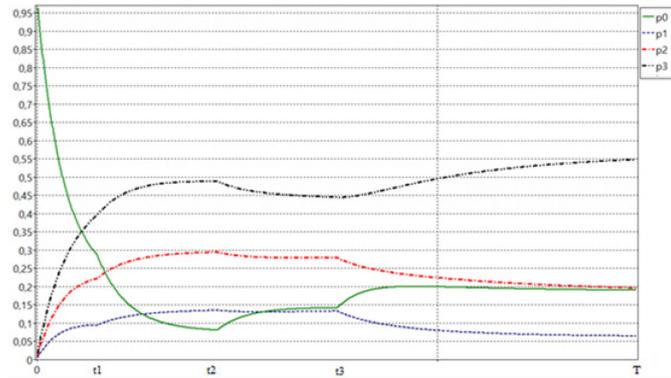


Рис. 3 – Графики $P_0(t), P_1(t), P_2(t), P_3(t)$

При периодическом увеличении интенсивности обслуживания получаем выигрыш в значениях финальной вероятности безотказной работы, однако возрастают затраты на обслуживание (так, при увеличении $P_0(t)$ на 1% затраты на обслуживание заявок возрастает на 4%). Таким образом, целесообразно осуществлять поиск Парето-оптимальной стратегии управления обслуживанием заявок, обеспечивающей вероятность безотказной работы системы на уровне, не ниже заданного, с учетом требования минимизации затрат на обслуживание:

$$P_0(t) \geq a, t \in [0, T]. \tag{3}$$

Рассмотрим задачу минимизации затрат по обеспечению требуемого уровня функциональной надежности с применением инструментария оптимального управления [5, 6]. Пусть $\alpha_i > 0, i = \overline{1,3}$ – затраты на восстановление при нахождении системы в состояниях E_i , соответственно. Введем обозначения: $x_j(t) = P_j(t), j = \overline{0,3}, t \in [0, T]$. Для учета (3) при решении рассматриваемой задачи применяем метод внешних штрафных функций с коэффициентом M и квадратичной штрафной функцией. Получаем следующую задачу оптимального управления. Требуется минимизировать функционал:

$$I(u) = \int_0^T \left((\alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t) + \alpha_3 x_3(t)) + M_1 \max^2 \{a - x_1(t); 0\} \right) dt \rightarrow \min \tag{4}$$

с учетом динамических ограничений:

$$\dot{x}_0 = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)x_0(t) + u_1(t)x_1(t) + u_2(t)x_2(t) + u_3(t)x_3(t), \dot{x}_1(t) = \lambda_1 x_0(t) - u_1(t)x_1(t),$$

$$\dot{x}_2(t) = \lambda_2 x_0(t) - u_2(t)x_2(t), \dot{x}_3(t) = \lambda_3 x_0(t) - \mu_3 x_3(t), t \in [0, T],$$

ограничений на управления: $0 \leq u_1(t) \leq Y_1, 0 \leq u_2(t) \leq Y_2, 0 \leq u_3(t) \leq Y_3, t \in [0, T]$,

с начальными условиями: $x_0(0) = 1, x_1(0) = x_2(0) = x_3(0) = 0$.

Применение методов быстрого дифференцирования, численных алгоритмов оптимизации позволяет строить приближенное оптимальное решение задачи обеспечения требуемой надежности АССН в условиях ограниченных ресурсов.

Список литературы

1. ГОСТ 24.701-86 Надежность автоматизированных систем управления. Общие положения. М.: Изд-во стандартов, 1986. 17 с.
2. Сумин В.И., Чураков Д.Ю., Царькова Е.Г. Разработка моделей и алгоритмов информационных структур и процессов объектов особой важности // Промышленные АСУ и контроллеры, 2019, № 4. С. 30-39.
3. *Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A.* Optimal management of website under adverse impacts conditions. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems. 2020. С. 012113.
4. Рыков В.В. Управляемые системы массового обслуживания // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. 1975. Т. 12. С. 43-153.
5. Андреева Е.А., Цирулева В.М. Вариационное исчисление и методы оптимизации. М.: Высшая школа, 2006. 584 с.
6. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. М.: Наука, 1982. 432 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ — 2.3.3.**

2.3.3.

**Г.А. Гареева канд. педагог. наук, А.С. Девятьяров,
И.Ф. Зиннуров, М.В. Чуприков, И.С. Чернядьев**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра информационных систем,
Набережные Челны, excellent-it@yandex.ru, gagareeva1977@mail.ru,
malaktavus@gmail.com, 1012max98@gmail.com, ilya-revolutionary@yandex.ru

**СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СКРИПТА
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ СТАТУСА РЕЗЕРВНОГО КОПИРОВАНИЯ
НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИНАХ**

В данной статье описывается процесс создания и реализации сценария для автоматической проверки состояния резервного копирования на производственных машинах. Весь процесс создания реализован на языке программирования PowerShell в качестве основы скрипта, HTML – в качестве языка разметки для отчёта пользователя.

Функционал скрипта проверяет файлы резервного копирования на наличие или их отсутствия по определенным дням недели, которые прописываются в самом скрипте, после проверки файлов идёт создание и генерация по результатам проверки в HTML страницу, она исполняет роль в качестве отчета для пользователя.

Ключевые слова: *скрипт, проверка, PowerShell, автоматизация, резервное копирование, пользователь.*

В настоящее время в большинстве производственных процессов предприятия используются различные сценария или скрипты, которые могут быть написаны на разных языках программирования и выполнять определенные задачи, упрощающие производственный процесс. Создание и разработка скрипта – это заранее обдуманное действие, которые прописываются в скрипте, а затем выполняются автоматически и выполняют задачу без посторонней помощи.

Автоматизация проверки файлов резервных копий – актуальная задача, для решения которой следует использовать скрипт, умеющий отслеживать файлы резервных копий и предупреждать пользователя об их отсутствии отчетом.

Скрипт – это набор команд, то есть строки кода, которые вместе выполняют определенную задачу. Их чаще используют для написания той части, которую посетитель не видит – бэкенд (backend), например, для сбора информации в базах данных, проверки правильности заполнения форм и выполнения других сложных задач. Второй вариант использования скриптов в большинстве случаев отвечает за визуальную часть, то есть различные анимации, плавные переходы и прочие действия – фронтенд (frontend) [1].

Наиболее популярным языком скриптов является PowerShell, который обычно используется для автоматизации процессов управления системами. Изначально эта оболочка предназначалась для автоматизации задач администрирования, но на данный момент она стала кроссплатформенной и может использоваться для выполнения различных задач [5].

PowerShell поставляется с сотнями предопределенных команд. Команды PowerShell называются командлетами. Имя каждого командлета состоит из пары глагол-существительное. Например, Get-Process [5].

Это соглашение об именах облегчает понимание назначения командлета. Это также облегчает поиск нужной команды. При поиске нужного командлета можно фильтровать по глаголу или существительному.

Логику скрипта для автоматической проверки статуса резервного копирования на производственных машинах, можно рассмотреть на блок-схеме (рис.1).

Логика устроена следующим образом, сначала перебирает элементы до тех пор, пока не получит данные для формирования по ним отчета. Далее проверяет тип рабочей машины, после этого проверяет ее доступность в сети, в случае успеха проверяет день недели, так как резервное копирование происходит в определенные дни, и если машина не в сети, то это значит, что машина была отключена и резервная копия не была сделана.

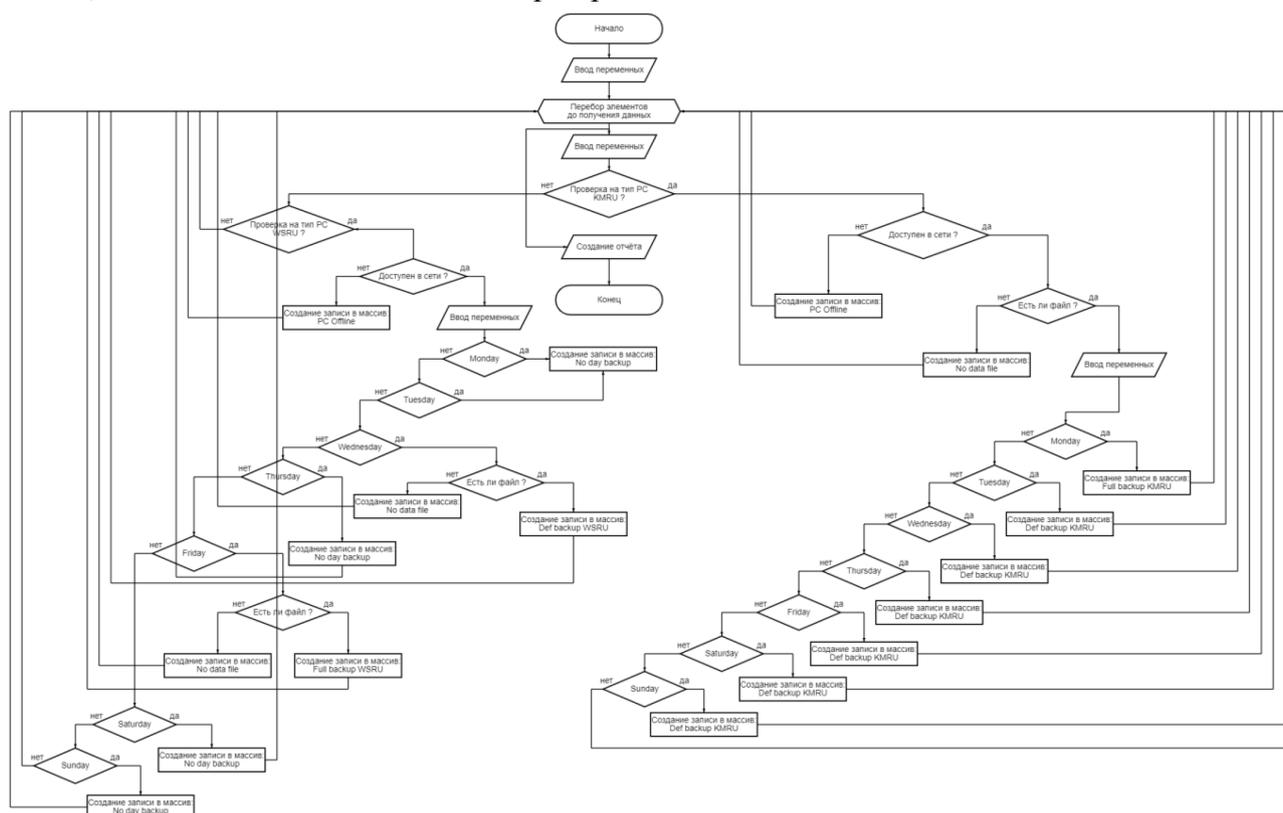


Рис. 1 – Блок-схема скрипта

Все данные по производственным машинам записываются по очереди в массив, по окончании перебора всех элементов из этого массива формируется отчет для пользователя с помощью современного языка разметки HTML скомпилированный внутри скрипта. Язык гипертекстовой разметки очень удобно интегрировать прямо в скрипт, написанный на PowerShell [3].

Разберем несколько ключевых элементов скрипта. На рисунке 2 представлен фрагмент его исходного кода.

```

1 $date = (Get-Date).Date
2 $arr = Get-Childitem C:\backup\ | Where-Object {$_.PSIsContainer} | ForEach-Object {$_.Name}
3 [string]$date_file = Get-Date -Format "dd-MM-yyyy"
4 [int]$dayOfWeek = [int](Get-Date).DayOfWeek
5 [int]$Monday = [DayOfWeek] "Monday"
6 [int]$Tuesday = [DayOfWeek] "Tuesday"
7 [int]$Wednesday = [DayOfWeek] "Wednesday"
8 [int]$Thursday = [DayOfWeek] "Thursday"
9 [int]$Friday = [DayOfWeek] "Friday"
10 [int]$Saturday = [DayOfWeek] "Saturday"
11 [int]$Sunday = [DayOfWeek] "Sunday"
12
13 $Main_array = @()
14
15 ForEach ($item in $arr)
16 {
17     $spath = "C:\backup\" + $item + "\"
18     $spisok_files = Get-Childitem $spath -Recurse -Include *krmru*.mring*, *krmru*.vbk*, *krmru*.vib*, *wsru*.vbk*, *wsru*.vib* |
19     Where-Object {$_.LastWriteTime -ge $date} | ForEach-Object {$_.Name + 't' + $_.LastWriteTime.ToString("dd-MM-yyyy HH:mm")}
20
21     if ($item -like "KMRU*") #Выборка типа машины ("KMRU" или "WSRU")
22     {
23         if (Test-Connection -ComputerName $item -Count 1 -ErrorAction SilentlyContinue) #проверка на доступность в сети
24         {
25             if (!(Test-Path $spath\$spisok_files)) #проверка на существование файлов бэкапа
26             {
27                 $split = $spisok_files -split 't'
28                 $1 = $split[0]
29                 $2 = $split[1]
30
31                 if ($dayOfWeek -eq $Monday) #Понедельник
32                 {
33                     $full_backup_krmru = "<tr><td bgcolor=#7CFC00>$item</td><td bgcolor=#7CFC00> $1 </td><td bgcolor=#7CFC00> $2 </td><td bgcolor=#7CFC00>Ok</td></tr>"
34                     $Main_array += $full_backup_krmru
35                 }
36                 elseif ($dayOfWeek -eq $Tuesday) #Вторник
37                 {
38                     $def_backup_krmru = "<tr><td bgcolor=#7CFC00>$item</td><td bgcolor=#7CFC00>дифференциальный</td><td bgcolor=#7CFC00> $1 </td><td bgcolor=#7CFC00> $2 </td><td bgcolor=#7CFC00>Ok</td></tr>"
39                     $Main_array += $def_backup_krmru
40                 }
41                 elseif ($dayOfWeek -eq $Wednesday) #Среда
42                 {
43                     $def_backup_krmru = "<tr><td bgcolor=#7CFC00>$item</td><td bgcolor=#7CFC00>дифференциальный</td><td bgcolor=#7CFC00> $1 </td><td bgcolor=#7CFC00> $2 </td><td bgcolor=#7CFC00>Ok</td></tr>"
44                     $Main_array += $def_backup_krmru
45                 }
46                 elseif ($dayOfWeek -eq $Thursday) #Четверг
47                 {
48                     $def_backup_krmru = "<tr><td bgcolor=#7CFC00>$item</td><td bgcolor=#7CFC00>дифференциальный</td><td bgcolor=#7CFC00> $1 </td><td bgcolor=#7CFC00> $2 </td><td bgcolor=#7CFC00>Ok</td></tr>"
49                     $Main_array += $def_backup_krmru
50                 }
51                 elseif ($dayOfWeek -eq $Friday) #Пятница
52                 {
53                     $def_backup_krmru = "<tr><td bgcolor=#7CFC00>$item</td><td bgcolor=#7CFC00>дифференциальный</td><td bgcolor=#7CFC00> $1 </td><td bgcolor=#7CFC00> $2 </td><td bgcolor=#7CFC00>Ok</td></tr>"
54                     $Main_array += $def_backup_krmru
55                 }
56             }
57         }
58     }
59 }

```

Рис. 2 – Исходный код скрипта

Для начала, получим список папок, где лежат данные (рис. 3).

```
$arr = Get-Childitem C:\backup\ | where-object {$_.PSIsContainer} | ForEach-Object {$_.Name}
```

Рис. 3 – Получение списка папок данных

Переменная \$arr получает имена всех папок из хранилища резервного копирования наших производственных машин. Командлет Get-ChildItem формирует список объектов (папок) с полным путем к ним, которые находятся в пределах одного уровня вложенности по отношению к заданной папке. Этот список, конвейером передается командлету Where-Object, который делает отбор только тип файла – папка. Далее по конвейеру командлет ForEach-Object, он оставляет только название папки от полного пути к ней [2, 4].

Следующим шагом производится перебор и поиск в этих папках с помощью цикла ForEach на предмет наличия в них файлов, с различными условиями для получения данных в массив о статусе выполнения резервного копирования (рис. 4).

После того, как все данные получены, осталось реализовать представление полученной информации, в этом помогает язык разметки HTML. Он формирует отчет о статусе выполнения резервного копирования, визуализирует информацию для пользователя (рис. 5, 6).

```

ForEach ($item in $arr)
{
    $spath = "C:\backup\" + $item + "\"
    $spisok_files = Get-Childitem $spath -Recurse -Include *krmru*.mring*, *krmru*.vbk*, *krmru*.vib*, *wsru*.vbk*, *wsru*.vib* |
    Where-Object {$_.LastWriteTime -ge $date} | ForEach-Object {$_.Name + 't' + $_.LastWriteTime.ToString("dd-MM-yyyy HH:mm")}

    if ($item -like "KMRU*") #Выборка типа машины ("KMRU" или "WSRU")
    {
        if (Test-Path $spath\$spisok_files) #проверка на существование файлов бэкапа
        {

```

Рис. 4 – Перебор и поиск файлов резервного копирования

Backup status on 17-06-2022.htm x +

Файл | file:///C:/Users/Александр/Desktop/Backup%20status%20on%2017-06-2022.html

Проверка производственного Backup RU1 на: 17-06-2022

Название PC	Тип Backup	Название файла	Дата/Время	Статус
KMRU1001	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1001_17_06_2022.mrimg	17-06-2022 09:00	Ок
KMRU1002	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1002_17_06_2022.mrimg	17-06-2022 09:00	Ок
KMRU1003	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1003_17_06_2022.mrimg	17-06-2022 09:00	Ок
KMRU1004	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1004_17_06_2022.mrimg	17-06-2022 09:00	Ок
KMRU1005	-----	-----	-----	Нет данных !
KMRU1006	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1006_17_06_2022.mrimg	17-06-2022 09:00	Ок
WSRU1001	Полный	Backup_FULL_WSRU1001_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1002	Полный	Backup_FULL_WSRU1002_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1003	Полный	Backup_FULL_WSRU1003_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1004	Полный	Backup_FULL_WSRU1004_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1005	Полный	Backup_FULL_WSRU1005_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1006	Полный	Backup_FULL_WSRU1006_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1007	Полный	Backup_FULL_WSRU1007_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1008	Полный	Backup_FULL_WSRU1008_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок
WSRU1009	-----	-----	-----	Нет данных !
WSRU1010	Полный	Backup_FULL_WSRU1010_17_06_2022.vbk	17-06-2022 12:00	Ок

Рис. 5 – Отчёт для пользователя

Backup status on 18-06-2022.htm x +

Файл | file:///C:/Users/Александр/Desktop/Backup%20status%20on%2018-06-2022.html

Проверка производственного Backup RU1 на: 18-06-2022

Название PC	Тип Backup	Название файла	Дата/Время	Статус
KMRU1001	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1001_18_06_2022.mrimg	18-06-2022 08:37	Ок
KMRU1002	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1002_18_06_2022.mrimg	18-06-2022 08:37	Ок
KMRU1003	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1003_18_06_2022.mrimg	18-06-2022 08:37	Ок
KMRU1004	-----	-----	-----	Нет данных !
KMRU1005	-----	-----	-----	Нет данных !
KMRU1006	Дифференциальный	Backup_Diff_KMRU1006_18_06_2022.mrimg	18-06-2022 08:37	Ок
WSRU1001	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1002	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1003	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1004	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1005	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1006	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1007	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1008	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1009	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !
WSRU1010	-----	-----	-----	В этот день нет резервного копирования !

Рис. 6 – Отчёт для пользователя

Первый столбец - это имя ПК, второй столбец - тип резервной копии, третий - имя файла, четвертый - дата/время выполнения резервного копирования, а последний пятый столбец - состояние выполнения.

Данный скрипт реально используется на предприятии, и он отлично справляется со своей задачей, ежедневно отчитывается о состоянии резервных копий, тем самым автоматизируя проверку, и сокращая время проверки резервных копий. В результате разработан скрипт, эффективно решающий поставленную задачу при минимальных затратах ресурсов, и автоматизирован данный процесс.

Список литературы

1. *Попов А.В.* Введение в Windows PowerShell / Microsoft Press. – БХВ-Петербург, 2012. – 464 с.
2. Библиотека TechNet «Active Directory Cmdlets in Windows PowerShell» URL: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/library/ee617195.aspx>
3. *Холмс Ли* Windows PowerShell. Карманный справочник; ЭКОМ Паблишерз - , 2013. - 160 с.
4. *Коробко И.В.* PowerShell как средство автоматического администрирования / ДМК-Пресс, 2017. – 224 с.
5. Общие сведения о PowerShell // Документация PowerShell URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/powershell/scripting/learn/tutorials/01-discoverpowershell?view=powershell-7.2>

2.3.3.

В.А. Левченко

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»,
1078244@bsu.edu.ru

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ НА БАЗЕ GPS/ГЛОНАСС

В статье рассматривается вычислительная система для определения местоположения объекта с помощью спутникового мониторинга в режиме реального времени с высокой точностью. Вычислительная система, предложенная авторами, основывается на определении тройных разностей фаз. Высокая точность координат обеспечивается путем ввода дополнительных данных, таких, как тропосферная и ионосферная модель. В настоящее время проходят испытания полученной системы.

Ключевые слова: *GPRS, ГЛОНАСС, ионосферная задержка, тропосферная задержка, фаза.*

Введение. В последнее время особое внимание уделяется повышению точности измерений, осуществляемых с использованием глобальных спутниковых систем, включая GPS. Популярные методы принятия решений [1-4] плохо подходят для решения проблем, связанных с точным спутниковым позиционированием, в котором требуется ввести все поддающиеся учету поправки. В реальных ситуациях, когда за расположением объекта необходимо наблюдать и отслеживать его состояние, а он находится в неопределенном месте, возникают трудности с выбором лучшего метода определения его расположения. Примерами таких объектов являются конфигурации сложных технических схем, транспортные средства, инженерные сооружения, электрические сети и тому подобные. Дополнительные трудности возникают с выбором алгоритма определения местоположения, средой расположения объекта, источниками помех и отсутствие единой координатной основы [5]. Сигналы, которые передают спутники, проходят через различные слои атмосферы Земли, при этом взаимодействуют с различными частицами. В результате сигнал меняет свою скорость. Самыми характерными областями распространения является ионосфера и тропосфера. Для снижения данных факторов с целью повышения точности и эффективности спутникового позиционирования, в опубликованной литературе сделаны выводы, что учет ионосферных и тропосферных задержек при особо точных глобальных навигационной спутниковой системы измерения является обязательным [6].

Необходимая точность позиционирования может быть достигнута с минимальными погрешностями следующими способами: использование тройных разностей фаз, введение в расчеты ионосферной и тропосферной поправки.

Техническое решение и математический метод повышения точности координат. Уравнение фазы со спутника на приемник можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \Phi_A^i(t) = & p_A^i(t, t - \tau_A^i) - I_A^i + T_A^i + \delta m_A^i + c[dt_A(t) - dt^i(t - \tau_A^i)] + \\ & + c[\delta_A^i(t) + \delta^i(t - \tau_Z^i)] + \lambda[\phi_A(t_0) - \phi^i(t_0)] + \lambda N_A^i + \varepsilon_A^i \end{aligned} \quad (1)$$

где $p_A^i(t, t - \tau_A^i)$ - геометрическая дальность, то есть истинное расстояние между приёмником в момент приёма сигнала и спутником в момент выхода сигнала;

I_A^i - ионосферная задержка;

T_A^i - тропосферная задержка;

δm_A^i - влияние многопутности на фазовые измерения;

dt_A, dt^i - поправки часов соответственно для пункта и для спутника;

δ_A, δ^i - запаздывания сигналов в цепях измерения фазы в приемнике и на спутнике;

ϕ_A, ϕ^i - начальные фазы генераторов спутника и приемника;

τ_A^i - время прохождения сигнала;

N_A^i - целочисленная начальная неоднозначность фазы, - длина несущей волны;

c - скорость света;

λ - длина несущей волны;

ε_A^i - шумы измерения фазы.

Для проведения высокоточных кинематических вычислений необходимо, чтобы связь приемника с видимыми спутниками не терялась. Данная способность необходима для сохранения целочисленной неоднозначности фазы для каждого спутника.

Для исключения разности ошибок получим разности между результатами измерений с двух пунктов и на двух спутниках и, относящихся к эпохам:

$$\Phi_{AB}^{ij} = p_{AB}^{ij} - I_{AB}^{ij} + T_{AB}^{ij} + \lambda N_{AB}^{ij} + \delta m_{AB}^{ij} + \varepsilon_{AB}^{ij} \quad (2)$$

Для определения вектора базовой линии, необходимо, чтобы фазовые неоднозначности были только целыми величинами, поэтому обработка отдельной базовой линии по фазовым данным будет строиться на решении по двойным разностям.

Уравнение поправок можно представить:

$$-dR_B(a_B^{ij}) + dR_A(a_A^{ij}) + \lambda \cdot dN_{AB}^{ij} + I_{AB}^{ij} = v_{AB}^{ij} \quad (3)$$

где dR_B, dR_A - векторы поправок;

I_{AB}^{ij} - свободный член,

v_{AB}^{ij} - невязка.

Свободный член рассчитывается по формуле:

$$I_{AB}^{ij} = (p_{AB}^{ij})^0 - I_{AB}^{ij} + T_{AB}^{ij} + \lambda(N_{AB}^{ij}) - \Phi_{AB}^{ij}(t_1, t_2) \quad (4)$$

С помощью истинной аномалии, а также уравнения Кеплера для эксцентрической аномалии необходимо определить координаты спутников на момент выхода сигнала. Полученные векторы положений спутников корректируются путем введения поправки, которая учитывает поворот Земли. Затем переходим к вычислению направляющих косинусов направлений на спутники с каждой станции и априорные геометрические дальности. Для этого необходимо образовать двойные разности в каждую эпоху фазы между спутниками и приемниками. Для решения этой задачи первоначально образуем уравнение одинарной разности между спутниками, наблюдавшимися с пункта:

$$\Phi_B^{ij} = p_B^{ij} - cdt^i + cdt^j - I_B^{ij} + T_{AB}^{ij} + d^j - d^i + \lambda N_B^{ij} + \lambda[\phi^j(t_0) - \phi^i(t_0)] + \varepsilon_B^{ij} \quad (5)$$

При вычитании из него разности уходят ошибки часов спутников, и мы получаем уравнение двойной разности:

$$\Phi_{AB}^i = p_{AB}^{ij} - I_{AB}^{ij} + T_{AB}^{ij} + \lambda N_{AB}^{ij} + \varepsilon_{AB}^{ij} \quad (6)$$

В циклах измерения необходимо, чтобы неоднозначности оставались целыми. Для этого в уравнение введем параметр неоднозначности

$$N_{AB}^{ij} = N_B^j - N_B^i - N_A^j - N_A^i \quad (7)$$

Для определения задержки сигналов навигационной спутниковой системы в ионосфере рассчитаем наклонную задержку для каждого спутника по формуле:

$$I_{накл}^i(i) = \int_{i-i_H}^i \Delta I_{накл}^j(i) di + I_{верт}(i_H^j) \cdot OF^j(\gamma^j(i_H)) \quad (8)$$

Исходными данными для расчета наклонной задержки сигнала в ионосфере являются, угол места спутника, псевдодальность, измеренная по фазе несущей сигнала, и наклонный фактор.

где i - текущий момент времени;

j - номер видимого в текущий момент навигационного космического аппарата, $j=1, 2, \dots, n$;

i_H - начальный момент времени слежения за сигналом j -го навигационного космического аппарата (далее – НКА);

$\Delta I_{obliq.}^j(i)$ - приращение наклонной задержки навигационного спутникового сигнала j -го спутника в ионосфере;

$I_{vert.}(i_H^j) \cdot OF^j(\gamma^j(i_H))$ - оценка значения ионосферной задержки сигнала, сформированная на начальном этапе слежения за сигналом j -го НКА с учетом значения угла места спутника и оценки вертикальной задержки сигналов навигационной спутниковой системы в ионосфере, сформированной к моменту начала слежения за сигналом j -го НКА;

$OF^j(\gamma^j(i_H))$ - наклонный фактор j -го НКА в начальный момент времени;

$\gamma^j(i_H)$ - угол места НКА в начальный момент времени, град.

Фазовая псевдодальность на двух частотах и наклонный фактор каждого j -го НКА описываются следующими выражениями:

$$L_1^j(i) = p^j(i) = N_1^j \lambda_1^j - I_{нккл.1}^j(i) + T^j(i) + c\tau(i) + s_1^j(i) \quad (9)$$

$$L_2^j(i) = p^j(i) = N_2^j \lambda_2^j - I_{облиq.2}^j(i) + T^j(i) + c\tau(i) + s_2^j(i) \quad (10)$$

$$OF^j(\gamma^j(i_H)) = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{R_e}{R_e + h} \cdot \cos(\gamma^j(i)) \right)^2}} \quad (11)$$

где $p^j(i)$ - дальность до j -ого НКА;

N_1^j, N_2^j - фазовая неоднозначность;

λ_1^j, λ_2^j - длина волны;

$I_1^j(i), I_2^j(i)$ - задержка сигнала j -го НКА в ионосфере;

$T^j(i)$ - задержка сигнала j -го НКА в тропосфере;

τ - время прохождения сигнала;

$s_1^j(i), s_2^j(i)$ - случайная погрешность;

c - скорость распространения радиоволн в вакууме;

$\gamma^j(i)$ - угол места j -го НКА;

R_e - радиус Земли;

h - средняя высота ионосферного слоя.

Вычисляем приращения фазовых псевдодальностей, измеренных на несущей частоте и приращение наклонного фактора:

$$\Delta L_1^j(i) = L_1^j(i) - L_1^j(i - M) \quad (12)$$

$$\Delta L_2^j(i) = L_2^j(i) - L_2^j(i - M) \quad (13)$$

$$\Delta OF^j(\gamma^j(i)) = OF^j(\gamma^j(i)) - OF^j(\gamma^j(i - M)) \quad (14)$$

Далее вычисляем приращение наклонной задержки и повторяем алгоритм пока условие не будет соответствовать следующему выражению:

$$\Delta I_{накл.}^j(i) = \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot (\Delta L_1^j(i) - \Delta L_2^j(i)) \quad (15)$$

Как только условие цикла станет ложным, переходим на выполнение следующего цикла, где переменная обнуляется и приступаем к проверке условия окончания цикла. Данный цикл отвечает за отбраковку спутников, по которым не было посчитано приращение наклонной

задержки. На следующем шаге переменная обнуляется и проверяем условие окончания цикла. Если текущий момент времени является начальным моментом времени слежения за сигналом, то рассчитывается оценка начального значения ионосферной задержки сигнала, в противном случае рассчитывается наклонная задержка сигнала в ионосфере:

$$C = I_{\text{верт.}}(i_H^j) \cdot OF^j(\gamma^j(i_H)) \quad (16)$$

$$I_{\text{накл.}}^j(i) = \int_{i=i_H}^i \Delta I_{\text{накл.}}^j(i) di + C \quad (17)$$

Тропосферная задержка можно вычислить следующим выражением:

$$N = (n-1) \cdot 10^6 = 77,689 \cdot \frac{P}{T} + 71,2952 \cdot \frac{e}{T} + 375463 \cdot \frac{e}{T^2} \quad (18)$$

где Z_w коэффициент сжимаемости водяного пара, близкий к единице.

Поскольку задержка в атмосфере сильно зависит от зенитного угла спутника, передающего радиосигналы, то в качестве универсальной характеристики воздействия нейтральной атмосферы служит задержка в зенитном направлении:

$$ZTD = 10^{-6} \cdot \int_{h_1}^{h_2} N \cdot dh \quad (19)$$

где h_1 высота приемника;

h_2 высота спутника.

Так как сигнал со спутников к приемникам передаются под некоторым углом, существует необходимость применения картирующей функции, которая позволяет данные погрешности сгладить:

$$STD = ZTD \cdot m(z) \quad (20)$$

где z - зенитный угол передающего радиосигнала спутника.

Зенитная тропосферная задержка определяется профилями метеорологических величин и выражается с помощью двух составляющих: гидростатическая (ZHD , м) и влажная (ZWD , м). При этом для них подбираются отдельные картирующие функции, в связи с этим наклонная тропосферная задержка будет вычисляться следующим образом:

$$STD = ZHD \cdot m_H(z) + ZWD \cdot m_W(z) \quad (21)$$

где $m_H(z)$ - гидростатическая картирующая функция;

$m_W(z)$ - влажная картирующая функция.

Чтобы моделировать тропосферные задержки, представим картирующие функции в виде непрерывного дробного разложения типа разложения Мартини:

$$m(z) = \frac{1 + \frac{a_1}{1 + \frac{a_2}{1 + \frac{a_3}{\dots}}}}{\cos(z) + \frac{a_1}{\cos(z) + \frac{a_2}{\cos(z) + \frac{a_3}{\dots}}}} \quad (22)$$

где a_i - коэффициенты, которые определяются по данным радиозондирования или по численным погодным полям.

Наиболее точная является картирующая функция Мендеса (FCULb) определяется следующим образом:

$$a_i = a_{i0} + (a_{i1} + a_{i2} \cdot B^2) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365,25} \cdot (DOY - 28)\right) + a_{i3} \cdot H + a_{i4} \cdot \cos(B) \quad (23)$$

где $a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}$ - постоянные эмпирические коэффициенты;

i - номер коэффициента;

DOY - номер дня в году;

B, H - широта и высота станции.

После того, как определим все неизвестные для уравнения двойной разности, мы их вычисляем в каждую 3-ю эпоху. Вычисляем весовую матрицу, при этом двойные разности считаем независимыми и без учета корреляции:

$$P = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \dots & & & \\ 0 & 0 & \dots & p_n \end{pmatrix} \quad (24)$$

Создаем матрицу коэффициентов, образуя уравнение наблюдений

$$A = \begin{bmatrix} a_X^{Sk}(t_1) & a_Y^{Sk}(t_1) & a_Z^{Sk}(t_1) & 1 & 0 & 0 \\ a_X^{Sl}(t_1) & a_Y^{Sl}(t_1) & a_Z^{Sl}(t_1) & 0 & 1 & 0 \\ a_X^{Sm}(t_1) & a_Y^{Sm}(t_1) & a_Z^{Sm}(t_1) & 0 & 0 & 1 \\ a_X^{Sk}(t_2) & a_Y^{Sk}(t_2) & a_Z^{Sk}(t_2) & 1 & 0 & 0 \\ a_X^{Sl}(t_2) & a_Y^{Sl}(t_2) & a_Z^{Sl}(t_2) & 0 & 1 & 0 \\ a_X^{Sm}(t_2) & a_Y^{Sm}(t_2) & a_Z^{Sm}(t_2) & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Матрица системы нормальных уравнений формируем в соответствии с формулой:

$$B = A^T P A \quad (26)$$

где A^T - матрица, транспонированная по отношению к матрице A ;

Вектор свободных членов системы нормальных уравнений формируют по формуле:

$$C = A^T P L \quad (27)$$

где L - вектор свободных членов уравнений погрешностей.

Решаем систему нормальных уравнений и вычисляем уравненные значения параметров.

Корни системы нормальных уравнений можно найти, обратив матрицу коэффициентов:

$$t = B^{-1} C \quad (28)$$

Систему нормальных уравнений решаем способом последовательного исключения неизвестных (методом Гаусса). Уравненные значения параметров выражаем суммой приближенных значений параметров t^0 и t . Уравненные параметры находим по формуле:

$$r = t^0 + t \quad (29)$$

Разработка и развитие технологий определения местоположения является приоритетным направлением. Различные методы и технологии определения координат открывают новые возможности для непрерывного точного позиционирования объектов.[7] Использование при расчетах ионосферной и тропосферной задержки сигнала спутника является наиболее целесообразным способом определения координат объекта, который позволяет наиболее точно определить местоположение объекта. Предложенный метод позволяет повысить точность определения местоположения объектов с точностью до мм. Сейчас ведутся испытания макетного образца, реализующего предложенный метод.

Список литературы

1. *Серапинас Б.Б.* Глобальные системы позиционирования [Текст]: учеб. изд. / Б.Б. Серапинас. – Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: ИКФ «Каталог», 2002. - 106 с. - ISBN 5-94349-032-9
2. *Власов И.Б.* Глобальные навигационные спутниковые системы [Текст] : учеб. Пособие / И.Б. Власов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 182 с.: ил. – ISBN 978-5-7038-3208-0
3. *Конин В.В.* Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения [Текст] / В.В. Конин. – К. : кафедра АНС, 2007. – 350 с. ; ил. – Библиограф, 337-341 с.
4. *Бессонов А.А.* Спутниковые навигационные системы [Текст] : учеб. пособие / А.А. Бессонов, В.Я. Мамаев, ГУАП. – Спб., 2006. – 36 с.: ил.
5. *Холмогоров А.А.* Исследование возможностей повышения точности позиционирования и информативности спутниковой радионавигационной аппаратуры [Текст] : дис. ... кан. техн. наук 01.04.03 : защищена 25.05.18 2: утв. 21.06.2018 / Холмогоров Андрей Александрович. – Иркутск, 2018. – 114 с.
6. *Косарев Н.С.* Методика контроля фазовых ГНСС измерений по эфемеридам спутников и координатам пункта наблюдений [Текст] : дис. ... кан. техн. наук 25.00.32. : защищена 05.05.2016: утв. 24.05.2016 / Косарев Николай Сергеевич. – Новосибирск, 2016. – 159 с.
7. *Шамраев А.А., Леченко В.А.* Удаленные методы мониторинга линий электропередач XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9. №2 (50) с. 4 170-173

2.3.3.

С.Р. Миронченков, Д.С. Рязанов, Ю.И. Аношкин канд. техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова,
кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»,
Нижний Новгород, serzant-nn@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ В ГРАФИТОВОЙ КЛАДКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА

В работе представлен аналитический метод обоснования работоспособности рабочего органа системы управления и защиты при деформации графитовой кладки. Были выведены методики определения максимальной теоретической деформации кладки и параметров рабочего органа, приводящих к его заклиниванию в канале.

Ключевые слова: ВТГР, деформация кладки, заклинивание рабочего органа.

В настоящее время атомная энергетика является важным компонентом в области выработки электроэнергии. Однако уже сейчас понятно, что область ее применения будет значительно расширяться.

В последние 10 лет начало активно развиваться направление высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР), которые смогут производить не только электроэнергию, но и высокопотенциальную тепловую энергию для энерготехнологических целей, таких как, химическое и металлургическое производство, а также получение водорода посредством паровой конверсии метана. Именно производство водорода является приоритетной задачей при создании ВТГР [1,2]. Но несмотря на все перспективы газоохлаждаемых реакторов, они являются довольно сложными с инженерной точки зрения и имеют ряд существенных проблем, связанных с наличием графита в качестве основного материала активной зоны и отражателя [3]. В ВТГР, как и в РБМК (реактор большой мощности канальный) основной проблемой является деформация графитовых блоков в результате воздействия на них потока нейтронов и высоких температур [4], вследствие чего возникает искривление канала рабочего органа (РО) системы управления и защиты (СУЗ). Это может привести к заклиниванию РО, что в свою очередь может привести к тяжелой аварии.

Учитывая отсутствие опыта эксплуатации РО, необходимо разработать методику, позволяющую определить параметры РО приводящих к заклиниванию, с учетом его конструктивных особенностей и графитовой кладки ВТГР.

Первым шагом является определение максимального угла наклона графитовых блоков друг относительно друга.

Наихудшим случаем при изготовлении элементов графитовой кладки является отклонение размеров штифта и отверстия под штифт в ТВС от номинальных, т.е. считается, что штифт был выполнен с максимальным отклонением по допуску в минус, а по отверстию в ТВС – в плюс. После этого колонна сдвигается в одну из сторон перпендикулярную грани ТВС, в результате чего между боковыми поверхностями штифта и отверстия образуется зазор. Далее колонна наклоняется в одну из шести сторон и определяется точка зацепления, а по ней угол наклона. Затем находится расстояние от точки вращения до поверхности штифта и определяется точка зацепления. Для каждого из направлений определяются 4 точки зацепления и соответствующие им углы наклона, и выбирается точка с минимальным углом, после чего из значений для каждой грани выбирается наибольший угол, как наихудший случай.

$$\begin{cases} R^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (R - \delta)^2 \\ \left(\frac{l}{2}\right)^2 = R^2 - (R - \Delta)^2, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\delta = d_k - \frac{d_{ст} + d_{ш}}{2}. \quad (5)$$

Таким образом, максимальная длина звена будет определяться соотношением

$$L = 2 \cdot \sqrt{\delta \cdot \left(\frac{l^2 + 4 \cdot \Delta^2}{4 \cdot \Delta} - \delta\right)}. \quad (6)$$

Далее рассчитывается необходимый угол раскрытия в шарнирах, соединяющих звенья и обеспечивающих прохождение стержня в канале по рис. 4. Условием заклинивания звеньев является касание в четырех точках канала.

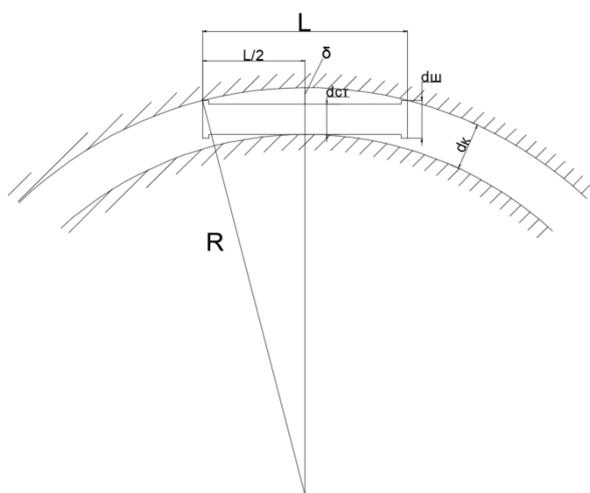


Рис. 3 – Расчетная схема заклинивания звена стержня в искривленном канале

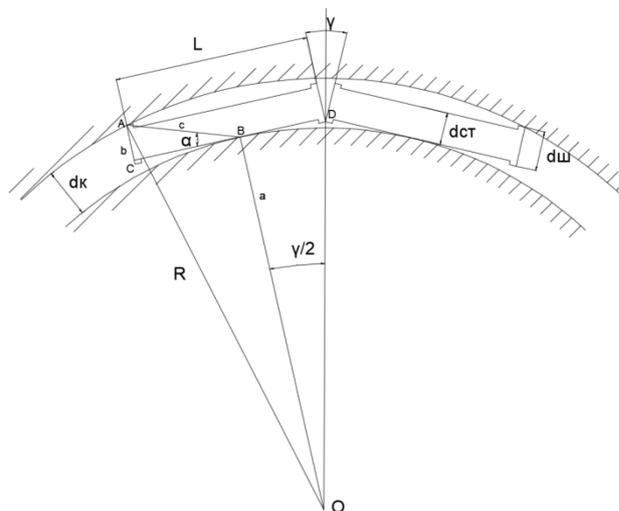


Рис. 4 – Расчетная схема заклинивания звеньев стержня в искривленном канале

Из треугольника АВО на рис. 4 можно записать уравнение

$$R^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \angle B = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \sin \alpha = a^2 + c^2 + 2 \cdot a \cdot b. \quad (7)$$

После преобразования сторон треугольника через геометрические параметры стержня и канала уравнение принимает вид:

$$R^2 = (R - d_k)^2 + \left\{ \left[L_{зв} - (R - d_k) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right]^2 + \left(\frac{d_{ст} + d_{ш}}{2} \right)^2 \right\} + 2 \cdot (R - d_k) \cdot \frac{d_{ст} + d_{ш}}{2}. \quad (8)$$

из которого следует, что

$$\gamma = 2 \cdot \arctg \left[\frac{L - \sqrt{R^2 - (R - d_k)^2 - \left(\frac{d_{ст} + d_{ш}}{2} \right)^2} - 2 \cdot (R - d_k) \cdot \frac{d_{ст} + d_{ш}}{2}}{R - d_k} \right]. \quad (9)$$

Таким образом из уравнений 6 и 9 находятся соотношения для определения максимальной длины звена и минимального угла раскрытия шарнирного соединения, при которых РО заклинивается в канале. Однако, упрощенная методика не может гарантировать проходимость РО в искривленном канале на 100%, поэтому необходимо рассматривать частные случаи отдельно для уточнения полученных результатов.

В качестве примера расчетов по данной методике приведен расчет угла раскрытия шарнира в зависимости от угла наклона колонны при фиксированной геометрии РО (см. табл. 1).

Таблица 1 – Зависимость от угла наклона колонны при фиксированной геометрии РО

Угол наклона колонны α , °	Угол раскрытия шарнира γ , °	Угол наклона колонны α , °	Угол раскрытия шарнира γ , °
0,5	-0,139	1,1	0,816
0,6	-0,004	1,2	0,997
0,7	0,144	1,3	1,184
0,8	0,302	1,4	1,374
0,9	0,467	1,5	1,567
1,0	0,638		

Из табл. 1 видно, что зависимость является линейной, однако при малых углах α значения угла γ отрицательные. Это означает, что при заданной конфигурации РО не будет заклиниваться даже при очень малых углах раскрытия шарнира ($\gamma \approx 0^\circ$).

Список литературы

1. История атомной энергетики Советского Союза и России. Под редакцией Сидоренко В.А. Выпуск 3. М., ИздАТ, 2003 – 192 с.
2. *Бедениг Д.* Газоохлаждаемые высокотемпературные реакторы. Пер. с нем. (ФРГ, 1972). Под ред. Ю.И. Митяева. М., Атомиздат, 1975, 224 с.
3. Ядерные энергетические установки с высокотемпературными модульными газоохлаждаемыми реакторами: монография / Н.Г. Кодочигов [и др.]; под общей ред. В.В. Петрунина; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Нижний Новгород, 2017. – 745 с.
4. *Гребенник В.Н., Кухаркин Н.Е., Пономарев-Степной Н.Н.* Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики. – М.: Энергоатомиздат, 2008.

2.3.3.

Н.П. Сметюх канд. техн. наук, В.А. Кучеренко

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, nadya.s.2011@yandex.ru

ДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДИАГНОСТИКИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Неопределенность исходных данных и результатов внешнего моделирования требует, чтобы для целей интроспективного анализа некоторые смежные области были представлены в шкалах, которые характеризуют возможные приемлемые значения каждого показателя. В этом определении неопределенности внешней среды будут отличаться только полнотой, видом и формой представления предварительной информации о характере распределения возможных значений внутри интервала.

Ключевые слова: *динамическая структура, диагностика, судовая энергетическая система, неопределенность, внешняя среда.*

Анализ исследований. Величины, не поддающиеся анализу и измерению со сколь угодно высокой точностью являются неопределенными. Результаты, полученные на имитационных моделях, которые связывают исходные данные с выходными переменными, имеют частичную неопределенность. Неопределенность показателей исходных данных и результатов моделирования внешней среды требует, чтобы, для целей интроспективного анализа, были представлены некоторые связанные области, на шкалах, характеризующих возможные допустимые значения каждого показателя внешней среды. Любой из показателей внешней среды, содержащих неопределенность, можно представить в виде интервала (интервального числа) $[D_l, D_r]$, задаваемого левым D_l и правым D_r точечными значениями на измерительной шкале. При таком определении, неопределенности внешней среды будут отличаться только полнотой, видом и формой представления априорной информации о характере распределения возможных значений внутри интервала. По этому признаку можно выделить три основных вида неопределенности параметров внешней среды: вероятностную, нечеткую, равновозможную. Рассмотрим выделенные виды неопределенности внешней среды с целью определения терминологии для последующего выбора методов принятия решений в условиях неопределенности. *Вероятностная неопределенность* является наиболее информативной [1-3]. Это связано с тем, что источником информации является статистически однородный, т.е. полученный в одинаковых условиях, ряд измерений события или явления. Содержательно вероятностная неопределенность характеризуется интервалом возможных значений и относительной вероятностью появления конкретного, принадлежащего некоторому подинтервалу значения. В этом случае эксперт, на основе своего опыта, т.е. результатов наблюдения, обработки и апробаций полученных результатов аналогичных ситуаций в прошлом, может восполнить недостающую информацию своими знаниями, декларируя закон распределения случайной величины и ее статистические параметры. В этом случае вероятностную неопределенность параметров внешней среды будем называть эвристической. Однако, в дальнейшем при формальной обработке не будем отличать ее от объективной. Еще раз подчеркнем, что класс вероятностной неопределенности можно корректно применять только для многократно повторяющихся наблюдаемых событий. Для формализации таких высказываний применяется аппарат нечетких множеств, для которых, в отличие от классических, характеристическая функция может принимать любое значение в интервале $[0, 1]$. Нечеткое множество описывается носителем нечеткого множества, который представляет собой интервал возможных значений лингвистической переменной и парой $(h, \mu(h))$,

где h – точечное значение элемента нечеткого множества, а $\mu(h)$ точечное значение функции принадлежности нечеткому множеству, которое количественно характеризует степень истинности конкретного утверждения типа « h приблизительно равно H ». Множество значений h , на котором $\mu(h) \neq 0$, определяет интервал возможных значений нечеткой переменной, т.е. носитель нечеткого множества. При этом вид функции принадлежности $\mu(h)$ и носитель нечеткого множества эвристически назначаются одним или группой экспертов и отражает соответственно их индивидуальное или согласованное коллективное субъективное мнение [3-5].

Проблема исследований. Состоит в исследовании динамической системы, генерирующая некоторый случайный процесс, в линейном представлении.

Цель и задачи исследований. Для решения проблемы сформулированной выше, необходимо разработать структуру диагностики судовой энергетической установки в условиях неопределенности внешней среды.

Модели и методы проведения исследований. Разработка методологии прогнозирования оценки структуры динамической системы диагностики судовой энергетической установки в условиях неопределенности внешней среды при неполной и нечеткой информации о входных воздействиях и использование информации о корреляционной функции выхода системы при ограничениях на дифференцируемость выходного процесса требует использования различных методов прогнозирования. исследования, связанные с решением задач идентификации динамических систем методами пространства состояний для детерминированных процессов довольно полно изложены в [1, 3]. В работах [2, 4, 5, 6] рассмотрены отдельные задачи идентификации процессов и систем, имеющих стохастический нестационарный характер. На основании рассмотренных методов в работах [1÷6], предпринята попытка исследования задачи идентификации при использовании дополнительной информации об аналитических свойствах сигналов и структурных свойствах матриц. Проблема исследований состоит в исследовании динамической системы, генерирующая некоторый случайный процесс, в линейном представлении. Эта система может быть задана пятью матрицами $F(t)$, $G(t)$, $C(t)$, Q , P_i , а также системой дифференциальных и алгебраических уравнений, и заданными начальными условиями:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = F(t)\vec{x}(t) + G(t)\vec{u}(t), T_i \leq t \quad (1)$$

$$\vec{y}(t) = C(t)\vec{x}(t), T_i \leq t \quad (2)$$

где $\vec{x}(t)$ – вектор состояния с размерностью $(n \times 1)$; $\vec{u}(t)$ – белый возбуждающий процесс с размерностью $(p \times 1)$; $\vec{y}(t)$ – наблюдаемый процесс с размерностью $(m \times 1)$.

Уравнение (1) является линейным уравнением состояния, а (2) – уравнением наблюдения. Матрицы $F(t)$, $G(t)$, $C(t)$ имеют соответственно размерности $(n \times n)$, $(n \times p)$, $(m \times n)$

Результаты исследований. Входной процесс $\vec{u}(t)$ (это могут быть шумы окружающей среды, тепловые шумы элементов самой системы) имеет ковариационную функцию вида (3)

$$E|\vec{u}(t)\vec{u}^T(\tau)| = Q\delta(t - \tau) \quad (3)$$

случайной величиной с ковариационной матрицей (4),

$$E|\vec{x}(T_i)\vec{x}^T(T_i)| = K_x(T_i, T_i) = P_i \quad (4)$$

E – оператор математического ожидания.

Многие результаты теории случайных процессов можно выразить через матрицу ковариационных функций (5).

$$K_y(t, \tau) = E|\vec{y}(t), \vec{y}^T(\tau)| \quad (5)$$

Определение ковариационной функции случайного выходного процесса $\vec{y}(t)$ по его описанию в переменных состояния приведем согласно [1, 4] без доказательства и используем для наших целей решения обратной задачи – нахождения переменных состояния по известной ковариационной матрице. Согласно (2) $\vec{y}(t)$ легко связать с ковариационной матрицей вектора состояния $\vec{x}(t)$:

$$K_y(t, \tau) = C(t)K_x(t, \tau)C^T(\tau) \quad (6)$$

Ковариационная матрица (4)

$$\dot{K}_x(t, \tau) = F(t)K_x(t, \tau) + K_x(t, \tau)F^T(t) + G(t)QG^T(t) \quad (7)$$

при начальном условии

$$K_x(T_i, T_i) = P_i \quad (8)$$

В силу некоррелированности $\vec{u}(t)$ и $\vec{x}(t)$ на интервале интегрирования дифференциального уравнения (7), получаем

$$K_x(t, \tau) = \begin{cases} O(t, \tau)K_x(\tau, \tau), & t \geq \tau \\ K_x(t, t)O^T(\tau, t), & \tau \geq t \end{cases} \quad (9)$$

где $O(t, \tau)$ – переходная матрица, получаемая из дифференциального уравнения [4-7]; $\dot{O}(t, t_0) = F(t)O(t, t_0)$, при начальном условии $O(t_0, t_0) = I$, I – единичная матрица.

Решение для вектора состояния $\vec{x}(t)$ в любой момент времени имеет вид $\vec{x}(t) = O(t, t_0)x(t_0)$. Свойство (9) справедливо для всех процессов, представляемых переменными состояниями в форме (1)(5). Для стационарного случая, если параметры системы, генерирующие процесс $\vec{y}(t)$ постоянны, то переходная матрица определяется экспоненциальным множителем [8].

$$O(t, \tau) = e^{F(t-\tau)} \quad (10)$$

Для того, чтобы матрица $Kx(t, t+\Delta t)$ была функцией только Δt , матрица $Kx(t, t)$ должна быть, согласно (9), равна постоянной величине P_∞ . Эта постоянная матрица является стационарным решением уравнения (7). Следовательно, можно моделировать отрезки стационарного процесса, используя системы с постоянными параметрами и устанавливая ковариационную матрицу начального состояния P_i равной P_∞ . Как показано в [4, 6] стационарное решение уравнения (7) имеет вид

$$P_\infty = \int_0^\infty e^{Ft} G Q e^{F^T t} dt = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} [Is - F]^{-1} G Q G^t [-Is - F^T]^{-1} ds.$$

Заключение. Уравнение Риккати методом подстановок можно свести к линейному дифференциальному уравнению, решение которого можно обратно трансформировать в решение уравнения Риккати, через решения которого можно определить основные матрицы динамической системы. На основании взаимно однозначных дифференцируемых преобразований вектора состояния примененная процедура позволяет свести задачу прогнозирования структуры динамической системы к задаче прогнозирования структуры с постоянными матрицами метода пространства состояний.

Список литературы

1. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления. – М.: Наука, 1970.
2. Ивановский А.Н., Зинченко Е.Г., Черный С.Г. Разработка способа автоматизированного определения осадки судна с использованием технологий машинного обучения // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № S2. С. 33-39.
3. Эйхгофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975.
4. Черный С.Г., Соболев А.С., Чернобай К.С., Зинченко А.А. Эффективный метод обнаружения гармоник для шунтирующего активного фильтра на основе импульсного преобразования // Судостроение. 2022. № 3 (862). С. 53-57.
5. Baggeroer A.B. State Variables, the Fredholm Theory, and Optimal Communications, Sc. D. Thesis, Department of Electrical Engineering, M.I.T., Jan, 1968.
6. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Физматгиз, 1961.
7. Черный С.Г., Жуков В.А., Соболев А.С., Зинченко А.А., Зинченко Е.Г. Обзор эффективных методов идентификации параметров электрической сети судов для повышения эксплуатационных качеств // Морская радиоэлектроника. 2022. № 1 (79). С. 42-47.

2.3.3.

А.В. Чупаев канд. техн. наук, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
кафедра Систем автоматизации и управления технологическими процессами,
sautp@yandex.ru, roman-grg@mail.ru, aprilrain91@yandex.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ БАГАЖА В АЭРОПОРТУ

В данной статье рассматривается проект, связанный с разработкой автоматизированной системы управления процессом сортировки багажа в аэропорту. В условиях интенсификации авиaperелетов возникают некоторые затруднения с обработкой багажа как гражданского, так и коммерческого из-за его численности. Поэтому перед руководством аэропортов возникают вопросы, связанные с перемещением и сортировкой грузов на территории терминала. В результате формируется потребность в современной автоматизированной системе, которая справлялась бы с возрастающей нагрузкой на службы аэропорта и увеличила бы пропускную способность аэроузла. Исходя из этого можно с уверенностью утверждать, что актуальность заявленной темы не вызывает сомнений. Для достижения поставленной цели был проведен анализ требований, которым должны отвечать современные системы подобного назначения и разработана система автоматизации объекта управления с размещенными на ней техническими средствами.

Ключевые слова: *сортировка багажа, автоматизированная система, аэропорт.*

В современном мире перевозка пассажиров является очень важным и сложным процессом. Ее выполняют при помощи различных видов транспорта: автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного. Самым быстрым способом перемещения между конкретными пунктами является авиационный транспорт [1]. Этим видом транспорта пользуется большое количество людей по всему миру. Перевозка подавляющего числа пассажиров сопряжена с транспортировкой их багажа. Одновременно на территории аэровокзала может ожидать вылета и прибывать большое количество людей. Их численность сильно зависит от статуса аэропорта. Практически каждый пассажир сдает или получает свой багаж, формы, размеры и вес которого могут быть различными. Также может быть различным и статус у багажа – локальный, трансферный и приоритетный. Цель багажной службы заключается в том, чтобы багаж прибыл одновременно с пассажиром в единый пункт назначения. Багаж отправленный отдельно от пассажира считается угрозой безопасности воздушного судна и является серьезным нарушением требований международной организации гражданской авиации. [2] Сопряженные рейсы отличаются более сложной процедурой транспортировки багажа, связанной с пересадкой пассажиров в транзитном аэропорту. Крупные аэропорты мира стараются максимально ускорить процесс обработки багажа для его доставки на борт самолета или наоборот для выдачи пассажирам в конечной точке их маршрута. Современные автоматизированные системы сортировки багажа должны отвечать актуальным требованиям, предъявляемым к подобного рода системам. В настоящее время разработка современных систем автоматизации процесса сортировки багажа – крайне важное и перспективное направление, так как количество рейсов и пассажиропоток непрерывно увеличиваются, соответственно багаж должен проходить процедуры обработки и досмотра достаточно быстро, чтобы не задерживать авиарейсы, поэтому актуальность выбранной темы не вызывает сомнений.

Назначение системы сортировки заключается в проведении полного цикла обработки багажа, начиная от приемки на стойке регистрации и заканчивая его загрузкой в контейнеры для отправки в самолет. Заказчиком таких систем является руководство аэропорта, в котором возникли проблемы с обработкой возрастающего количества грузов. Основным параметром эффективности автоматической системы сортировки багажа является ее пропускная способность, то есть количество обрабатываемых сумок в час. Соответственно, внедрение современной автоматической системы сортировки багажа дает возможность существенно увеличить пропускную способность багажной службы аэропорта и, как следствие, пассажиропоток.

Проанализировав потребности багажно-сортировочной службы аэропорта был определен ряд требований к предлагаемой автоматизированной системе сортировки багажа, а именно: надежность функционирования, безошибочность обработки идентификационного кода сумки (ИКС) и перемещения багажа по конвейерным лентам, обеспечение необходимой пропускной способности системы сортировки, снижение затрат на обработку единицы багажа, наличие возможности аварийного останова процесса сортировки в случае возникновения различных нештатных ситуаций.

Автоматизированная система сортировки багажа (АССБ) представляет собой довольно сложный механизм, состоящий из конвейерных линий, выполняющих функцию транспортировки и интегрированной системы управления. Протяженность конвейерных линий в крупных международных аэропортах может достигать нескольких километров.

Структура АССБ, представленная на рисунке 1 включает в себя четыре уровня управления.



Рис. 1 – Структура автоматизированной системы сортировки багажа

Как правило, автоматизированная система сортировки багажа включает в себя несколько зон: регистрации, автоматической идентификации (сканер штрих-кода), досмотра, сортировки, комплектации и выдачи.

В зоне регистрации или саморегистрации происходит взаимодействие между багажом пассажиров и автоматизированной системой сортировки. В зоне автоматической идентификации багажу присваивается идентификационный код сумки (ИКС) в виде бирки с нанесенным штрих-кодом, которым будет пользоваться АССБ при его перемещении по конвейерным линиям. После прохождения процедур регистрации и взвешивания оператор отправляет багаж по конвейерной ленте в систему автоматической сортировки. С конвейера регистрации багаж поступает на собирающий конвейер, в конце которого она проходит проверку на соответствие установленным размерам, а именно высоты и длины. Далее он транспортируется в зону радиационного контроля, после чего поступает в зону автоматической идентификации (сканирования штрих-кода). Затем багаж направляется в зону досмотра. В ней багаж преодолевает досмотровую установку, где проходит проверку на наличие запрещенных и взрывчатых веществ. В зависимости от итогов досмотра багаж

может быть направлен либо на устройство сортировки, либо на другую досмотровую установку для прохождения более тщательного дополнительного досмотра. Так называемый «неочищенный» багаж отправляется на ручной досмотр или выводится из системы сортировки. «Очищенный» багаж прошедший устройство сортировки поступает на комплектацию и отправляется в грузовой отсек воздушного судна.

Каждый узел или элемент системы сортировки багажа создан для решения определенного круга задач.

АССБ реализует следующие основные функции: пуск и останов системы сопровождающийся звуковым и световым сигналами; каскадный пуск и останов системы, обеспечивающий последовательный запуск конвейерных линий; контролируемый останов оборудования, обеспечивающий блокировку конвейера в случае возникновения нештатной ситуации; управление каждой отдельной зоной.

Пускатели электродвигателей конвейера имеют следующие режимы работы и функции: автоматический и ручной пуск и останов; диагностику состояния и индикацию состояния сервоприводов.

Локальные шкафы управления выполняют следующие функции: режим удаленного или локального управления; индикацию статуса и диагностики (отсутствие питания в шкафу, состояние сервопривода, наличие ошибок).

В случае возникновения ошибки, объект, секция или зона, в которой она была обнаружена, должны быть остановлены, а сама ошибка зафиксирована и устранена вручную. Восстановление работоспособности системы происходит в два этапа. На первом этапе причина возникновения ошибки устраняется оператором, а на втором этапе секция, зона или вся система перезапускается для возобновления эксплуатации.

Отслеживание – это функция, которая позволяет контролировать местонахождение каждой единицы багажа на всем протяжении конвейера. Функция отслеживания используется для минимизации потерь багажа и определения позиции багажа в любой точке конвейерной секции. Информация по каждой единице багажа виртуально присоединяется к физическому объекту багажа и отслеживается по ходу движения по системе на основании ИКС. Данный регистрационный номер содержит информацию по сканированию, весу сумки, месту назначения и т.п.[3].

«Режим энергосбережения» (останов конвейера) активируется в случае отсутствия багажа на транспортировочной ленте в течение определенного программой времени. Этот режим действует отдельно для каждого конвейера. При этом конвейерная секция будет выходить из режима энергосбережения автоматически.

Контроль расстояния («просвета») между единицами багажа обеспечивает минимальное расстояние между двумя транспортируемыми друг за другом объектами (сумками). Эта функция используется для предотвращения транспортировки двух единиц багажа вплотную друг к другу и их обработки как единого объекта.

Существует также функция контроля расстояния между передними гранями единиц багажа. Она используется для того, чтобы адаптировать пропускную способность конвейерной линии к остальной системе, находящейся ниже вдоль направления движения. Расстояние между передней гранью впереди идущей сумки и передней гранью сумки, следующей за ней, рассматривается как «окно». Пока «окно» создается, конвейер, находящийся ниже по направлению движения не будет принимать новые единицы багажа.

Функция «фильтрации лямок» предотвращает нежелательное срабатывание фотоэлемента при пересечении луча лямами сумок или багажными бирками, которые являются частью багажной единицы.

Шкаф управления содержит программируемый логический контроллер (ПЛК), который отвечает за управление оборудованием в определенной зоне. Шкаф управления должен передавать информацию о состоянии силовых групп и конвейера на панель оператора и рабочую станцию. ПЛК включает и отключает конвейеры, идентифицирует и отслеживает единицы багажа на конвейерных секциях и активирует сортировку и перемещение в том или

ином направлении. При приближении единицы багажа к зоне принятия решения по сортировке, ПЛК отправляет запрос системе высшего уровня для определения дальнейшего направления движения сумки. После того, как сумка отсортирована, ПЛК отправляет отчет об успешной (или неуспешной) сортировке. Каждый центральный шкаф управления оборудован панелью оператора. На данной панели отображаются статус системы, ошибки, а также расположены кнопки старта, стопа и сброса системы. Шкаф управления оборудован системой охлаждения, которая срабатывает в случае превышения температуры внутри него. Пороговое значение находится на уровне 40°C.

В результате разработана современная автоматизированная система сортировки багажа, которая отвечает актуальным требованиям, предъявляемым к подобного рода системам. В настоящее время разработка подобных систем является крайне важной задачей, так как непрерывно увеличивается пассажиропоток, и соответственно количество рейсов. Несмотря на довольно значительные требуемые капитальные затраты на закупку необходимого оборудования, руководство аэропортов вынуждено проводить постоянную модернизацию и расширение существующих систем сортировки, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке авиаперевозок.

Список литературы

1. "ИА KURSKCITY" Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kurskcity.ru/news/citynews/158018>
2. ICAO Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>
3. Приказ Минтранса РФ от 28 июня 2007 г. N 82 "Об утверждении Федеральных авиационных правил "Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей"

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И
КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.**

2.3.5.

А.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем,
Абакан, jakovlev_d_al@mail.ru

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ЭМУЛЯТОРОМ**

В работе представлены результаты разработки нейросетевого предикторного программного продукта, реализующего моделирование с эмулятором. Реализованная система предлагает возможности по осуществлению прогнозирования развития сложных процессов с учётом нелинейности и нестационарности рассматриваемых объектов. Дополнительно, даётся описание областей возможного применения программных продуктов такого типа.

Ключевые слова: *нейронные сети, математическое моделирование, прогнозирование с эмулятором, нелинейность, нестационарность.*

Введение

Задачи прогнозирования являются одним из передовых направлений в области исследований информационных систем, включают в себя большое количество подходов и взглядов на реализацию систем предсказания поведения сложных объектов и явлений. В частности, предиктивные механики в программном обеспечении по управлению беспилотными летательными аппаратами позволили существенно улучшить их технические показатели.

Одновременно с этим, свои вызовы формируют вопросы, связанные с непосредственным представлением прогнозируемого объекта, а именно статистические и математические модели. Оба подхода имеют существенные плюсы, однако в случае работы прогнозирующих механизмов с объектами обладающие ярко выраженными нелинейностями, нестационарностями в своём описании, достижение большей точности прогноза существенно зависит от адекватности математического описания, предлагаемого в модели для построения прогнозов.

Одним из решений в таком направлении является построение нейросетевого предикторного механизма вместе с эмулятором, который, является модификацией стандартного нейросетевого подхода к прогнозированию. Предполагается, что модель, содержащаяся в эмуляторе, позволит динамически вычислять необходимые параметры для моделирования и представлять в нужном для оптимизации программного продукта виде.

В данной статье предлагается к рассмотрению процесс управления беспилотным летательным аппаратом, использующим предикторные механизмы нейросетевых технологий для обеспечения требуемых параметров по управляемости, наблюдаемости, стабилизации полёта и ряда других характеристик. Следует отметить, что математическое описание такого объекта предполагает учёт нелинейностей и нестационарности процесса движения сложного механизма, а также учёта особенностей среды.

Описание объекта управления

Предлагаемый к рассмотрению аппарат является четырёхдвигательным беспилотным летательным аппаратом, каждый двигатель предоставляет вертикальное ускорение. На первом этапе рассмотрим параметризацию с помощью эйлеровых углов, а именно с

помощью крена, тангажа и рыскания, которые описывают вращение в осях X, Y и Z. Существенным преимуществом в данном случае является минимализм в представлении параметров в силу того, что задействуется три переменные для трёхмерного многообразия.

Одновременно с этим, использование эйлеровых углов при параметризации на специальной ортогональной группе приводит к специфическим проблемам. В случае, если все рассматриваемые оси со направлены и при этом разработчик теряет одну степень свободы параметризации в случае если два других параметра получают параллельную конфигурацию, фиксируя рассматриваемую систему в уменьшенном двумерном пространстве вместо трёхмерного.

Таким образом, используя формализацию динамической модели беспилотного летательного аппарата и исходя из определённых выше параметров и соотношений, вектор, определяющий состояние БПЛА, можно записать следующим образом:

$$x = [x, y, z, \phi, \theta, \psi, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, p, q, r], \tag{1}$$

где

ϕ – это крен;

θ – это тангаж;

ψ – это рыскание;

p, q, r – коэффициенты, отражающие угловую скорость описываемого объекта.

Также для полноценного описания потребуются координаты и их производные. Отметим, что в данной работе существенным будет являться наличие, как позиции, так и ориентированность объекта управления в пространстве.

Существенной частью вопроса параметризации при прикладной разработке регуляторов также является вопрос оценки состояния объекта в каждый момент времени. На практике, в квадрокоптерах применяется целый ряд датчиков, вместе с этим, они конструктивно ограничены максимальным переносимым весом аппарата. В рамках данной статьи будут рассматриваться следующие группы измерительных приборов:

- 1) Камеры с возможностью сканирования глубины получаемого изображения.
- 2) Акселерометры
- 3) Гироскопы

Управление беспилотным аппаратом

Структура нейронной сети для реализации регулятора для управления беспилотным летательным аппаратом представлена на рисунке 1. Отметим, что значения управляемых переменных определяют горизонт прогноза и вычисляются на каждой итерации моделирования объекта управления.

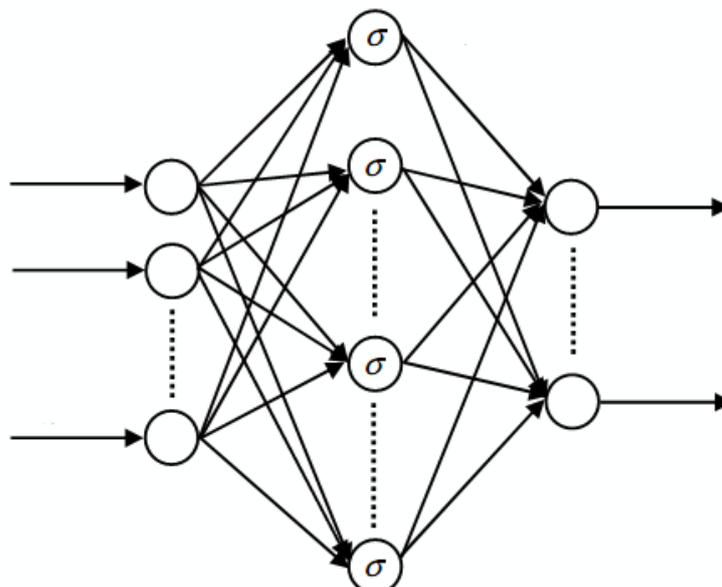


Рис. 1 – Структура нейронной сети

Прогнозируемые показатели функционально зависят как от предыдущих значений, полученных по системам обратной связи, так и от значений полученных математическим моделированием с помощью эмулятора. Дополнительно, на этом этапе возможно введение критериев оптимизации, например, минимизации отклонения или максимизация надёжности по ряду параметров. В данной статье в качестве критерия был установлен квадратичный функционал. Результаты моделирования в такой системе представлены на рисунках 1 и 2.

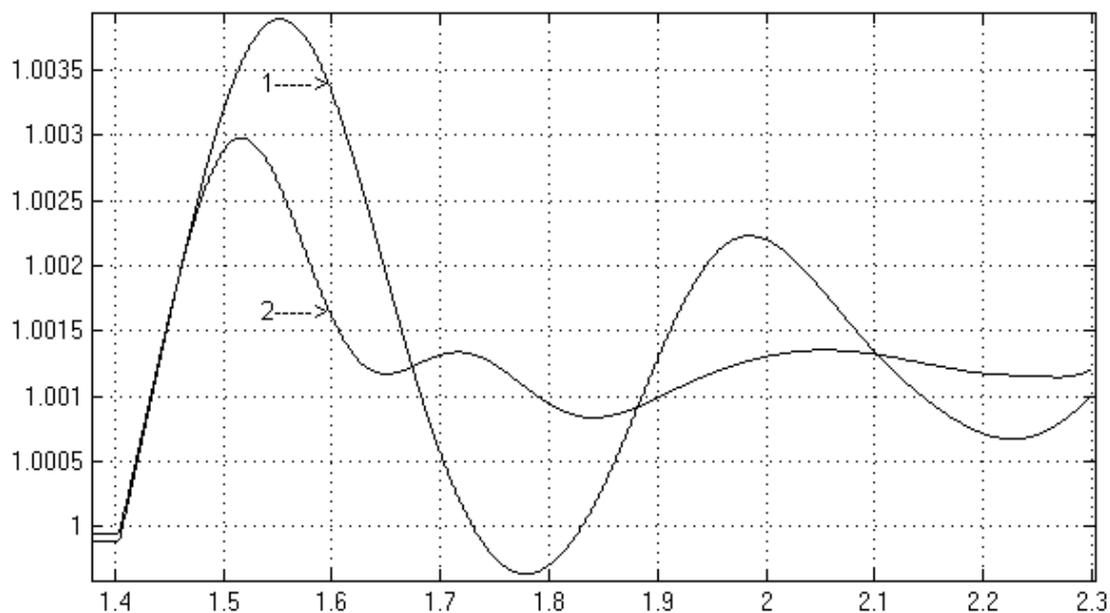


Рис. 2 – График изменения скорости вращения двигателей при нагрузке

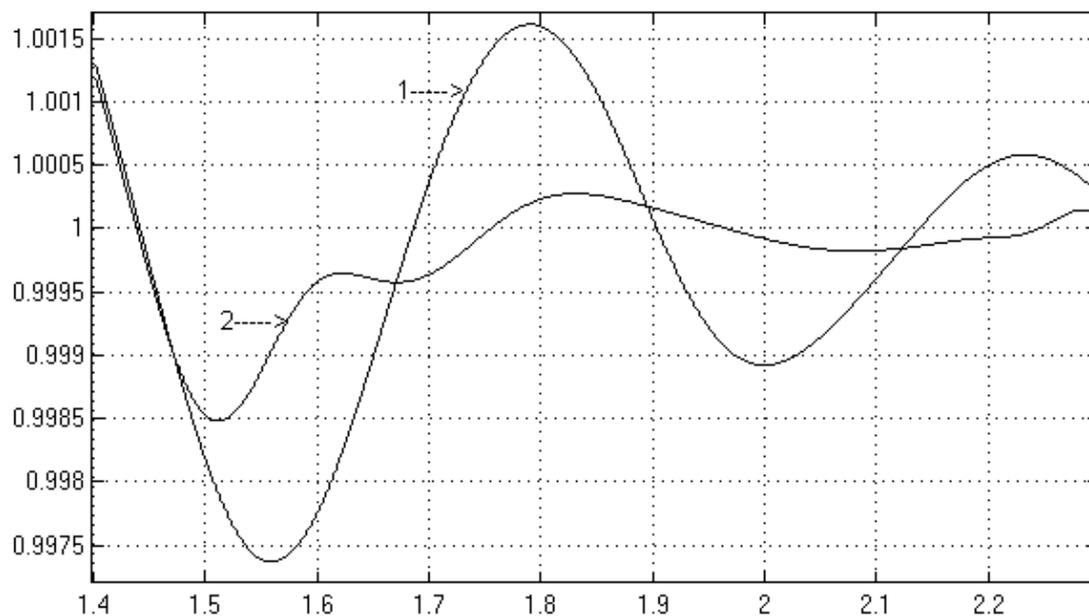


Рис. 3 – График изменения скорости вращения двигателя при неравномерности нагрузки

Выводы

Адаптивное управление нейронной сетью, применённое с методами математического моделирования нелинейных и нестационарных процессов и объектов может быть успешно применено для улучшения качества управления сложными объектами, что доказывается результатами моделирования.

Список литературы

1. *Антонио Джулли, Суджит Пал.* Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow/ пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 294 с.: ил.
2. *Шакла Нишант.* Машинное обучение и TensorFlow. - СПб.:Питер, 2019. – 336 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
3. *Хайкин Саймон.* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. : ил. – Парал. тит. англ.
4. *Галушкин А.И.* Нейронные сети: основы теории. / А.И. Галушкин. - М.: РиС, 2015. - 496 с.
5. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. - М.: Диалектика, 2019. - 1104 с.

2.3.5.

**В.С. Соколова, В.В. Бажеряну, И.В. Зайченко канд. техн. наук,
А.С. Сизинцева канд. техн. наук**

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
факультет энергетики и управления,
Комсомольск-на-Амуре

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Рассмотрены подходы к моделированию процесса функционирования жидкостного отопительного прибора. Исследован процесс остывания отопительного прибора в зависимости от его теплоемкости.

Ключевые слова: *моделирование, теплоемкость, отопление.*

Введение. В современных системах как централизованного, так и децентрализованного отопления, тепловой режим поддерживается с помощью различных отопительных приборов. Выделяют газовые, электрические и жидкостные приборы отопления. Однако наиболее широко распространены системы с жидкостными приборами отопления. Таким образом, задача моделирования процесса функционирования таких приборов и описания динамики протекающих в них тепловых процессов является основой для повышения энергоэффективности современных систем отопления.

Уравнение теплового баланса для отопительного прибора. Уравнение теплового баланса для жидкостного отопительного прибора может быть представлено в следующем виде:

$$\frac{dQ_{\text{пр}}}{dt} = M \cdot \Delta T_{\text{пр}} - G_{\text{пр}} \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{пом}}), \quad (1)$$

где $T_{\text{пом}}$ – температура воздуха внутри помещения, °С; $T_{\text{пр}}$ – температура отопительного прибора, °С; $G_{\text{пр}}$ – теплопередача отопительного прибора во внешнюю среду, Вт/°С; $\Delta T_{\text{пр}}$ – температурный напор теплоносителя, °С; M – расход жидкого теплоносителя, Вт/°С; $Q_{\text{пр}}$ – количество тепловой энергии отопительного прибора, Дж. В начале моделирования примем, что температуры поверхности отопительного прибора и жидкости, выступающей в качестве теплоносителя пропорциональны друг другу с некоторым поправочным коэффициентом: $Q_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}}$. Теплоемкость жидкостного отопительного прибора при этом может быть представлена как:

$$C_{\text{пр}} = c \cdot \rho \cdot V + c_M \cdot m_M, \quad (2)$$

где m_M – масса металлической оболочки жидкостного отопительного прибора, кг; c_M – удельная теплоемкость металлической оболочки, Дж/(кг °С); V – объем жидкого теплоносителя, м³; ρ – плотность жидкого теплоносителя, кг/м³; c – удельная теплоемкость жидкого теплоносителя, Дж/(кг °С).

Описанная в (1) математическая модель тепловых процессов, протекающих в жидкостном отопительном приборе учитывает, как приток тепловой энергии за счет подачи теплоносителя, так и её расход посредством рассеяния в окружающую среду

Проверка модели и анализ полученных результатов. Для проверки описанной в (1) модели был рассмотрен процесс рассеяния тепловой энергии жидкостным отопительным прибором при полном прекращении принудительной циркуляции теплоносителя ($M = 0$ при $t = 0$). Результаты моделирования представлены на рисунке 1. В качестве варьируемого параметра в процессе моделирования выступала теплоемкость $C_{\text{пр}}$.

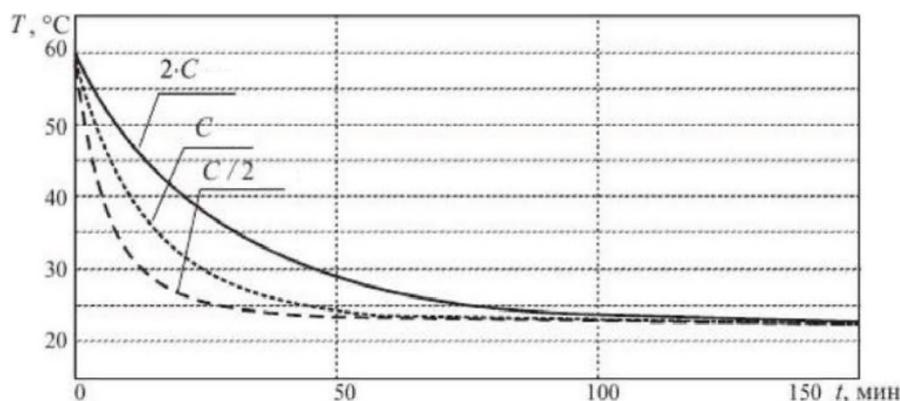


Рис. 1 – Графики изменения температуры отопительного прибора

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Динамика температуры отопительного прибора имеет выраженный экспоненциальный характер. При этом постоянная времени жидкостного отопительного прибора зависит от теплоемкости и характеризует скорость затухания.

Учет «регулируемых» режимов. В процессе эксплуатации как правило температура отопительного прибора не постоянна вследствие необходимости адаптации к изменяющимся условиям внешней среды, т.е. на практике реализуется «регулируемый» режим, когда температура является функцией времени. Таким образом, температурный режим помещения следует описывать системой (3), содержащей уравнение (1):

$$\begin{cases} C_{\text{пом}} \frac{dT_{\text{пом}}}{dt} = G_{\text{пр}} \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{пом}}) - G_{\text{огр}} \cdot (T_{\text{пом}} - T_{\text{огр}}) - G_{\text{внеш}} \cdot (T_{\text{пом}} - T_{\text{внеш}}), \\ C_{\text{огр}} \frac{dT_{\text{огр}}}{dt} = G_{\text{огр}} \cdot (T_{\text{пом}} - T_{\text{огр}}) - G_{\text{смеж}} \cdot (T_{\text{огр}} - T_{\text{смеж}}), \\ C_{\text{пр}} \frac{dT_{\text{пр}}}{dt} = M \cdot \Delta T_{\text{пр}} - G_{\text{пр}} \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{пом}}). \end{cases} \quad (3)$$

где $T_{\text{огр}}$ – температура ограждающих конструкций, °C; $T_{\text{смеж}}$ – температура смежных помещений, °C; $G_{\text{огр}}$ – теплопередача ограждающих конструкций, Вт/°C; $G_{\text{смеж}}$ – теплопередача смежных помещений, Вт/°C.

Таким образом, представленная система (3) позволяет описывать динамику температурного режима помещения с учетом инерционных свойств смежных помещений, ограждающих конструкций и жидкостного отопительного прибора.

Заключение. Предложенная математическая модель (3) не позволяет рассмотреть динамику температур в пространстве, так как оперирует средними значениями температур воздуха внутри помещения, отопительного прибора, ограждающих конструкций и смежных помещений. Однако это лишь облегчает её применение и расширяет сферу, так как при энергетическом моделировании в соответствии с рекомендациями Ассоциации вентиляции, отопления и кондиционирования («АВОК») достаточно информации только о средних температурах. Также следует отметить, что при условии поддержания температуры жидкостного отопительного прибора постоянной возможно нахождение решения системы (3) без учёта последнего уравнения.

Список литературы

1. Математическое моделирование процесса получения энергии при использовании перепада температур день-ночь на основе нейронных сетей и искусственного интеллекта / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, З. А. Пьей, Е. В. Абрамсон // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – Т. 1. – № 1(41). – С. 18-24. – EDN YTIKBD.
2. Болдырев В.В. Разработка интеллектуального модуля управления автоматизированной автономной системой энергообеспечения / В. В. Болдырев, М. А. Горькавый // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 9-18. – EDN HMGNWQ.

3. *Ким К.К.* Алгоритм CFD-моделирования процесса тепломассопереноса в совмещённом электротехническом устройстве / К. К. Ким, А. А. Просолович, С. Н. Иванов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 65-72. – EDN EYUGQA.
4. Теоретическая оценка величины отклонения разности между минимальным и максимальным значениями температуры окружающей среды / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, З. А. Пьей, Е. В. Абрамсон // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 81-93. – EDN LMVWNP.
5. Моделирование системы контроля освещённости / О. В. Попова, Я. Ю. Григорьев, Е. П. Жарикова, А. Л. Григорьева // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 1(49). – С. 10-18. – DOI 10.17084/20764359_2021_49_10. – EDN CSSTVM.
6. *Отряскина Т.А.* Исследование деформационных процессов при трении / Т. А. Отряскина, М. В. Хортик // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 104-109. – EDN GLCCWK.
7. *Ким К.К.* Метод учёта взаимодействия контактного провода с пантографом / К. К. Ким, С. Н. Иванов, А. В. Колесова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 3(59). – С. 48-53. – DOI 10.17084/20764359-2022-59-48. – EDN МЕНJЕС.
8. *Самар Е.В.* Новый подход к управлению параметрами технологической системы резания / Е. В. Самар, Б. Я. Мокрицкий // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 1(57). – С. 76-82. – DOI 10.17084/20764359-2022-57-76. – EDN UKGFVS.
9. *Марченко Н.М.* Моделирование компенсатора реактивной мощности в пакете MATLAB / Н. М. Марченко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 1(57). – С. 24-34. – DOI 10.17084/20764359-2022-57-24. – EDN URFNNL.
10. *Буренин А.А.* К построению теории термоупругости при конечной скорости распространения тепла / А. А. Буренин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2018. – Т. 1. – № 4(36). – С. 47-53. – EDN YZSUGT.
11. *Громов А.А.* Системы электроснабжения на базе автономных установок / А. А. Громов, В. Л. Колякин, А. С. Толочкин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 3(39). – С. 4-9. – EDN PCISYH.
12. *Романюк Е.В.* Особенности расчёта общего перепада давления на двухслойных фильтрах для очистки воздуха / Е. В. Романюк // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 2(38). – С. 61-68. – EDN RVKINA.
13. *Верещагина А.С.* Пути повышения эффективности технологического процесса в условиях машиностроительного предприятия / А. С. Верещагина, А. А. Харитонов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 2(38). – С. 76-81. – EDN VKMAZB.
14. *Гусеница Я.Н.* Научно-методический подход к формализации адекватности информации / Я. Н. Гусеница, С. А. Шерстобитов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 3(39). – С. 48-57. – EDN BTZJDA.
15. Моделирование дуговой печи с управляемыми электродами в MATLAB / А. В. Купова, Е. В. Лановенко, В. А. Соловьев, А. С. Гудим // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 4(40). – С. 22-27. – EDN CDAWSX.

16. *Стельмащук С.В.* Оценка точности системы согласованного управления с учётом возмущающего воздействия / С. В. Стельмащук // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – Т. 1. – № 1(41). – С. 9-17. – EDN RJQQMX.
17. *Дмитриева Т.Л.* Разработка и тестирование численных алгоритмов решения условно экстремальных задач / Т. Л. Дмитриева, У. Хухуудэй // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – Т. 1. – № 1(41). – С. 59-72. – EDN FWOFEK.
18. *Отряскина Т.А.* Исследование термодинамических процессов при стружкообразовании / Т.А. Отряскина, Е.Г. Кравченко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 7(47). – С. 85-89. – EDN PZBBEZ.
19. Мягкие роботы / Е. Б. Щелкунов, С. В. Виноградов, М. Е. Щелкунова [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 1(49). – С. 83-91. – DOI 10.17084/20764359_2021_49_83. – EDN ZDQPHU.
20. Моделирование процессов тепломассопереноса при электрошлаковом переплаве / Е. Н. Кузьмичев, С. В. Николенко, В. Д. Власенко, Е. А. Дроздов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 42-47. – EDN KYXTWC.

2.3.5.

А.Г. Уймин

Владимирский Государственный Университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ),
Владимир, au-mail@ya.ru

ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ МАНИПУЛЯТОРА «МЫШЬ» ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ БИОМЕТРИИ

В работе проанализированы и описаны основные инструменты анализа поведенческой биометрии на основе данных манипулятора, описана схема предобработка данных, разработана схема подготовки dataset на основе. Разработана модель поведенческой биометрии пользователя, определены 4 модуля.

Ключевые слова: *биометрическая аутентификация, поведенческая биометрия, RemoteTopology, предобработка данных, манипулятор мышшь.*

Примерами биологических характеристик являются отпечатки пальцев, геометрия кисти, изображение лица, структура радужки, рисунок сетчатки. Поведенческие характеристики - сигнатура, жесты рук, нажатие клавиши и походка. Модальность биометрической системы зависит от комбинации типа биометрической характеристики, типа датчика и алгоритмов извлечения и обработки биометрических признаков. В настоящее время биометрические системы привлекают больше внимания исследователей [1]. Биометрические данные, собираемые датчиками, обрабатываемые алгоритмами, классифицированные по типами характеристик или образцам, используются для повышения точности распознавания биометрической системы.

В ходе исследования определены следующие результаты:

- 1) описаны основные инструменты для разработки программного обеспечения для снятия данных о действиях мышши;
- 2) описана методика сбора и подготовки собран dataset, на основе данных манипулятора мышшь, с основными паттернами;
- 3) предложены проекты модели DL для CA и AD, позволяющих верифицировать пользователя;

В качестве платформы исследования выбран программный продукт RemoteTopology, предназначенный для организации и проведения дистанционных чемпионатов и обучения операционным системам и сетевым технологиям [2] Модуль, отвечающий за сбор данных был разработан с на языке Python. Модкль обеспечивает сбора параметров операций мышши, таких как каждый отдельный клик пользователя в контролируемой среде. Основой модуля стал программный пакет пакетом pyHook [3]. Windows Hooking API применена для обеспечения возвратных вызовов в низкоуровневых глобальных событиях мышши и клавиатуры [4]. Hook Manager обеспечивает запись событий манипулятора. Менеджер подключений обеспечивает для сбора различных событий манипулятора, через возвратные вызовы. В работе рассматривается вопрос с получения dataset, в котором были записаны все события мышши включая, имя сообщения, идентификатор сообщения, время, наименование окна, X и Y. Наше программное обеспечение способно получать события при их возникновении и фиксировать эти события в файле журнала (формат CSV), который постоянно обновляется. Наше программное обеспечение для сбора данных не записывает данные, которые можно классифицировать как персональные данные, который участвует в тестировании. Пользователя. Для сбора данных программное обеспечение для записи действий мышши было установлено на эталонный персональный компьютер.

Основой эксперимента слал проект Asia-Pacific Best Practice Marathon прошедший на базе Хабаровского краевого института развития образования, о чем имеется справка об

апробации от 25.03.2022 №10. В эксперименте участвовала компетенция «Сетевое и системное администрирование». Рабочие места участники определяли самостоятельно, т.е. отсутствовала привязка к типам устройств и их расположению, положению мебели, освещению и т.д. В соответствии с инфраструктурным листом компетенции были определены минимальные требования к мебели, помещению, техническим характеристикам оборудования. Описанная экспериментальная база позволила собрать dataset состоящий из 20 000 образцов действий движений манипулятором, 10 000 образов действий по наведению со щелчком манипулятора. Суммарно сбор данных был произведен на 12 участниках. На рисунке 1 показана форма RT при выполнении задания.

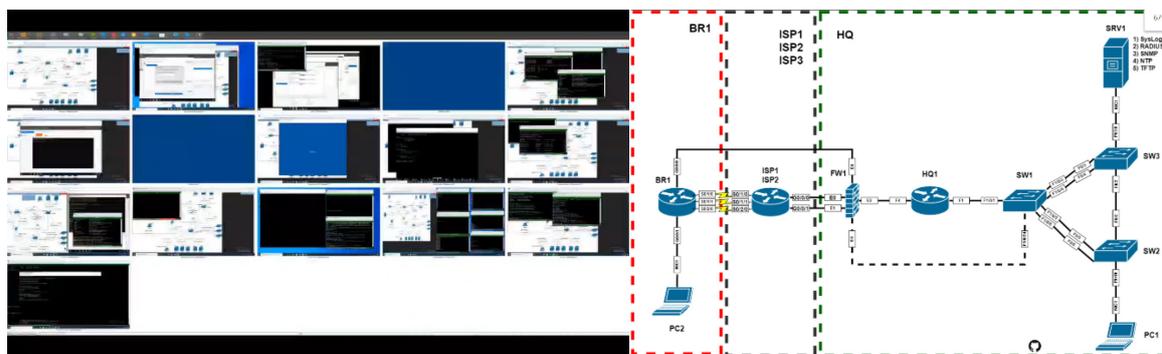


Рис. 1 – RT при выполнении задания

Итогом работы каждой сессии стал файл со строками данных. Строка представляет собой записанное действие мыши. Событие мыши содержит 7 параметров: имя сообщения, идентификатор события, идентификатор сообщения, время, имя окна, оси X и Y. Имя сообщения описывает название события (например, перемещение влево/вправо, щелчок вниз/вверх). Идентификатор сообщения представляет идентификатор события, (например, идентификатор события для перемещения мыши равен 1024, идентификатор события для кнопки перемещения мыши вниз равен 1023, а идентификатор события для кнопки перемещения мыши вверх равен 1022). Время - это время, прошедшее в секундах с момента начала до окончания записываемого сеанса при условии снятия параметра не чаще 5 мс. Имя окна содержит имя используемого приложения (например, в нашей задаче событие происходит в веб-браузере Chrome, и поэтому, параметр Window Name показывает веб-браузер Chrome). Параметры X и Y — это координаты курсора на экране. Идентификатор сообщения, время, имя окна, оси X и Y. Ограничением проекта, в настоящий момент является то, что возможна работа в одном разрешении, без масштабирования.

Определим перемещение манипулятора, как набор последовательных действий пользователя, который представляет собой перемещение манипулятора между двумя точками экрана. Рассмотрим действие мыши, как n событий, представленных в виде последовательности из n точек: $\{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}$ [5].

На основе проведенного обзора литературы мы разделили набор данных действий мыши на три типа, по аналогии с [5], а именно MM, PC и DD: MM описывает перемещение мыши между двумя местоположениями экрана; PC - это наведение и щелчок, перемещение наведение мыши на точку и затем нажатие одной из кнопок мыши; и DD - это перетаскивание, движение перетаскивания мыши, инициируемое нажатием основной кнопки мыши и завершающееся ее отпусканием. В нашем исследовании данные о действиях мыши разделены на две категории: “Категория 1” - движение мыши и “Категория 2” - действие наведения и щелчка (действие нажатия и отпускания). Команда рассматривает действие как действие наведения и щелчка (PC), когда предыдущее событие мыши — это нажатие мыши вниз, а затем нажатие мыши вверх; в противном случае это набор данных в виде действия перемещения мыши (MM).

На рисунке 2 показано поведение пользователя при движении манипулятора и действий по наведению курсора и щелчку, принадлежащих пользователям.

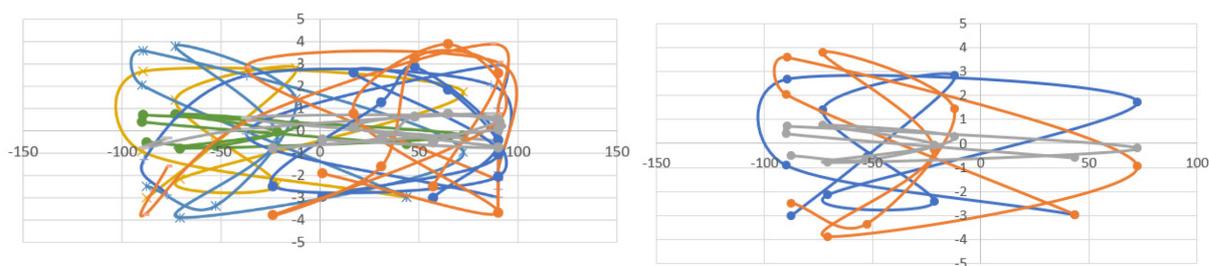


Рис. 2 – (а) Поведение пользователя при движении манипулятора и действий по наведению курсора и щелчку. (б) Движение мыши, действия наведения курсора и щелчки манипулятора у трех пользователей

Основной сложностью при работе с данными полученными от манипулятора является их извлечение. Необходимо получить данные, пригодные для обучения модели ML или их анализа иными методами.

После предварительной обработки по данной схеме, мы получим dataset с уникальными метками времени в стандарте UNIX. Затем определяется фаза выборки по оси времени, с условием, что все отсутствующие записи, принадлежащие отсутствующим временным меткам в пределах диапазона наборов данных, заполняются интерполированными значениями. Что достигается посредством функции «pandas» в библиотеке Python. После повторной выборки следует линейная интерполяция, которая позволяет получать непрерывные данные временных рядов, которые можно удобно использовать для комплексного анализа временных рядов. В этом случае для завершения набора данных используются повторная выборка и интерполяция. Данные, используемые для анализа временных рядов, должны иметь все точки данных либо записанные, либо интерполированные. Большинство методов временных рядов, таких как AROMA / ARIMA [6] и обучение нейронных сетей на основе LSTM [7], LSTM требуют, чтобы данные были полными, без каких-либо отсутствующих временных меток. Анализ временных рядов по неполным данным с отсутствующими временными метками может привести к ошибочным или неточным аналитическим результатам.

В качестве платформы эксперимента предлагается архитектура нейронной сети CNN в которой первый слой состоит из 64 фильтров, за которым следует второй слой с 32 фильтрами, а последний слой содержит только 16 фильтров. Для каждого из трех слоев используется ядро (1×1 пиксель). Кроме того, используется функция активации выпрямленного линейного блока (ReLU) [8]. Чтобы уменьшить эффект переобучения на обучающем наборе, мы используем вероятность отсева $p = 0,05$ между каждыми двумя слоями. Все три уровня свертки и уровень максимального объединения подключены к полностью подключенному слою для определения конечных вероятностей для каждого пользователя. Объединяющий слой расположен между каждым сверточным слоем и полностью связанной парой слоев. Модель отвечает за принятие решения о том, принадлежит ли определенный объем данных мыши данному пользователю. В частности, следующие шаги описывают, как работает предлагаемая модель:

- Этап сбора данных: собираются исходные данные пользователей.
- Фаза извлечения объектов: для извлечения объектов использовались Pandas и numpy.
- Этап подготовки данных: на этапе обучения все данные пользователей были объединены и размещены в случайном порядке. Затем обучающий набор данных был разделен на две части: первая часть (80% данных) использовалась для обучения, а вторая часть (20% данных) использовалась для тестирования производительности модели. Для каждого эксперимента баланс обучающих наборов и оценочных наборов оставался неизменным, чтобы избежать смещения классификатора.

- Выбор фазы классификатора: DT, RF, KNN и CNN были использованы, чтобы показать способность предлагаемой модели определять, был ли пользователь подлинным или самозванцем по данным потока щелчков мыши пользователя.

- Этап обучающих данных: Процесс обучения начался с считывания характеристик всех пользователей из обучающего набора данных и последующей загрузки их в четыре классификатора для обучения модели. Этот шаг был важным шагом, поскольку обучающие данные содержали само поведение пользователя и метку класса.

- Этап тестирования данных: после завершения этапа обучения модель была протестирована на новых данных, которые никогда не использовались для обучения, чтобы определить, был ли пользователь подлинным пользователем или самозванцем.

Применения описанных методов при обучении и независимой оценке квалификаций работников позволит повысить надежность и достоверность классических инструментов работы с сетевой инфраструктурой [9]. Использование биометрии выявит недобросовестных участников, что скажется на качестве обучения и подборе персонала.

Список литературы

1. Wang R. Han, C., and Guo T. A novel fingerprint classification method based on deep learning. In 2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pages 931–936. IEEE, 2016
2. Название программы для ЭВМ: Программный интерфейс взаимодействия участников соревнований WorldSkills по компетенции 39 «Системное и сетевое администрирование» с удаленной сетевой инфраструктурой https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2021614735&TypeFile=html
3. pyHook. 2021. Available online: <https://pypi.org/project/pyHook/> (accessed on 8 April 2021).
4. AF S.M., Marhusin M.F., Sulaiman R. Instrumenting API Hooking for a Realtime Dynamic Analysis //2019 International Conference on Cybersecurity (ICoCSec). – IEEE, 2019. – С. 49-52.
5. Ahmed A.A.E., Traore I. Dynamic sample size detection in continuous authentication using sequential sampling. In Proceedings of the 27th Annual Computer Security Applications Conference, Orlando, FL, USA, 5–9 December 2011; pp. 169–176.
6. Ahmar A.S. A comparison of α -Sutte Indicator and ARIMA methods in renewable energy forecasting in Indonesia //Int. J. Eng. Technol. – 2018. – Т. 7. – №. 1.6. – С. 20-22.
7. Sen S., Sugiarto D., Rochman A. Komparasi Metode Multilayer Perceptron (MLP) dan Long Short Term Memory (LSTM) dalam Peramalan Harga Beras //Ultimatics: Jurnal Teknik Informatika. – 2020. – Т. 12. – №. 1. – С. 35-41.
8. Agarap A.F. Deep learning using rectified linear units (relu) //arXiv preprint arXiv:1803.08375. – 2018.
9. Уймин А.Г., Мельников Д.А. ОБЗОР СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО УКРУПНЕННЫМ ГРУППАМ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 09.00. 00, 10.00. 00 //Наука. Информатизация. Технологии. Образование. – 2021. – С. 392-405.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ — 2.3.6.**

2.3.6.

Н.И. Красовская канд. техн. наук, А.А. Лещев, А.В. Сычева, О.В. Красовская

Тюменский индустриальный университет,
Строительный институт,
Тюмень, krass51@mail.ru, leschjovaa@tyuiu.ru,
krs2000@mail.ru, krasovskajaov@tyuiu.ru

**О БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

В работе обсуждаются вопросы безопасности программного обеспечения при использовании его в образовательных учреждениях Российской Федерации. Это становится особенно важным при переходе к новой системе образования.

Ключевые слова: безопасность, свобода информационных технологий, компьютерные шрифты, пакеты программного обеспечения, образовательный процесс, использование альтернативных программных продуктов.

Известно, что иностранные поставщики аппаратного и программного обеспечения постепенно уходят с российского ИТ-рынка, в том числе и в области образования, что заставляет государство искать выход из сложившейся ситуации. При этом отмечается, что одновременно открываются новые возможности для отечественных ИТ-разработчиков, которые готовы повысить информационную безопасность потребителей программного обеспечения и снизить возникающие риски из-за отсутствия обновлений для операционных систем.

14 января 2020 года официально завершена поддержка для Windows 7 и Windows Server 2008, что автоматически означает полное отсутствие каких-либо обновлений для этих операционных систем [1]. Корпорация Microsoft прекратила дальнейшую разработку исправлений для устранения уязвимостей, неизбежно проявляющихся в операционных системах со временем. В результате этого компьютеры под управлением данных версий Windows через некоторое время становятся беззащитными для вредоносных программ и других угроз. Прекращение поддержки Windows 7 осуществлялось поэтапно и началось еще в 2015 году с прекращения разработки для нее новых функций. Однако до января 2020 года операционная система все еще находилась в стадии расширенной поддержки, получая исправления и обновления для решения проблем безопасности.

Организации, которые воздерживаются от обновлений, подвержены огромному риску. Как следствие, подавляющее большинство злоумышленников систематически используют известные уязвимости для компрометации легкодоступных персональных компьютеров (ПК). Обнаружив подобные машины в сети, злоумышленник легко определяет уязвимость, которую будет использовать для атаки. Уже многие годы это происходит с ПК на Windows XP. И лишь вопрос времени, когда использование Windows 7 станет таким же.

Кроме этого, в сложившейся ситуации возникли новые риски: 3.03.2022 года разработчик систем моделирования Autodesk приостановил свою деятельность в России, что непосредственно касается программы Autodesk Autocad. Уже появились случаи в отказе организации в продлении студенческих лицензий на сайте компании [2]. 4.03.2022 года производитель компьютерного программного обеспечения Майкрософт отказалась поддерживать и продавать свои продукты на территории Российской Федерации, что касается как системного программного обеспечения в виде операционных систем Microsoft

Windows 7,8,8.1,10,11 и других (в том числе серверных), так и офисных программных продуктов MS Office [3]. 14.04.2022 года компания Monotype ввела санкции относительно пользователей из России, запретив им пользоваться шрифтами: Times New Roman, Arial, Verdana, Tahoma и Helvetica [4].

Свободу информационных технологий от прямого иностранного влияния в РФ необходимо поддерживать на фундаментальном уровне, прежде всего в образовательных учреждениях.

В Тюменском индустриальном университете (ТИУ) на кафедре «Автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин» по направлению «Информационные системы и технологии» в дисциплине «Архитектура информационных систем» для виртуальных лабораторных работ студентов была выбрана операционная система Astra Linux. Это обусловлено тем, что данная операционная система является разработкой отечественной компании ООО «РусБИТех-Астра», при непосредственном участии Министерства обороны РФ [5].

Стоит также особо отметить, что более 70% акций производителя российских процессоров «Байкал Электроникс» было приобретено Денисом Фроловым, основным соучредителем «Группы Компаний Astra Linux» [6].

Таким образом, использование отечественных достижений в области информационных технологий при подготовке будущих специалистов в Российских вузах – это стратегическая задача.

Однако вопрос использования другого системного программного обеспечения (ПО) достаточно сложный в плане реализаций по множеству причин. Некоторые из них предлагаются для рассмотрения в данной статье:

- Использование нового системного ПО на базе Linux жестко ограничивает спектр прикладного ПО, который необходимо внимательно изучать в каждом отдельном случае.

- Необходимо подготовить и проанализировать список прикладного ПО, используемого для обучения студентов в учебном заведении и произвести предварительные подготовительные работы для адаптации к изменениям. В том числе разработать новые рабочие программы в соответствующих дисциплинах (например, при преподавании дисциплины «Информатика» предусмотреть использование альтернативных MS Office программных продуктов).

- Необходимо проанализировать перечень аппаратного обеспечения в учебном заведении на готовность к использованию другого системного программного обеспечения.

- Необходимо провести соответствующие консультации для профессорско-преподавательского состава вуза (ППС) и сотрудников учебного заведения.

Немалую часть из озвученных вопросов возможно решить, как говорится, «прямо на берегу», не внедряясь в учебный процесс сразу всем фронтом озвученных проблем, и некоторые из предложений, возможно реализовать в первую очередь, не особо нарушая целостность процесса обучения:

1. Обязательное внедрение в образовательном процессе использование свободных шрифтов. Например, PT Astra и Liberation, о которых многие уже слышали.

2. Установка на компьютерах учебного заведения офисного пакета LibreOffice и подготовка соответствующих рабочих программ, не удаляя при этом текущих офисных пакетов - что не мешает текущему процессу.

3. Установка на компьютерах учебного заведения ПО для моделирования от компании «АСКОН» - «Компас 3D» и ознакомление с ним, как ППС, так и студентов. Не удаляя при этом текущего ПО для моделирования, чтобы не мешать учебному процессу. А в будущем и разработка соответствующих рабочих программ.

4. Обязательное проведение анализа ситуации спустя некоторое время после проведения всех данных мероприятий для оценки ситуации и разработки соответствующих корректировок по ситуации. При планомерном внедрении в учебных заведениях необходимо учитывать ожидаемый результат всех озвученных мероприятий.

Выводы и рекомендации

- Фундаментальный отказ от прикладного программного обеспечения западного производства есть фактор независимости и свободы российской науки.
- Обучение студентов с использованием российского программного обеспечения не только обеспечивает развитие данного сектора экономики, но и упрощает работу: свободные лицензии многих предложенных в данной статье программ позволяют сосредоточиться ИТ-службам учебных заведений на более важных задачах, чем контроль за работой лицензируемого программного обеспечения; программы моделирования содержат в себе более качественную поддержку ГОСТ и так далее.
- Данная работа позволит в том числе сформировать более качественный и объемный обратный отклик для разработчиков программного обеспечения, ибо в процессе работы могут быть выявлены, как нужные в образовательных целях необходимости, так и возможно более оперативно решены какие-то вероятные проблемы по недосмотру разработчиков.
- Работа с российским программным обеспечением в учебных заведениях кроме всего прочего сформирует культуру и традиции работы на компьютерах в обществе, которое стремится к независимости от чужеродного влияния на развитие науки.

Все это становится особенно важным при формировании профессионально-ориентированной личности конкурентно - способного выпускника технического вуза, настроенного на решение сложных технологических задач моделирования и конструирования новых объектов, с обеспечением доступа к безопасным электронным ресурсам. Поэтому необходима новая эффективная система высшего образования с переходом на собственные национальные образовательные стандарты.

Список литературы

1. Поддержка Windows 7 закончилась 14 января 2020 г.: сайт / Поддержка Microsoft [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/windows> (дата обращения: 21.10.2021). Текст: электронный.
2. Responding to the crisis in Ukraine [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://adsknews.autodesk.com/views/crisis-in-ukraine> (дата обращения: 10.05.2022). Текст: электронный.
3. Microsoft suspends new sales in Russia [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2022/03/04/microsoft-suspends-russia-sales-ukraine-conflict/> (дата обращения: 10.05.2022). Текст: электронный.
4. Times New Roman, Arial & Other Fonts Block Access For Russians Amid Ukraine War: Report [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://www.republicworld.com/world-news/russia-ukraine-crisis/times-new-roman-arial-and-other-fonts-block-access-for-russians-amid-ukraine-war-report-articleshow.html> (дата обращения: 10.05.2022). Текст: электронный.
5. Акционерное Общество «Научно-производственное объединение „Русские базовые информационные технологии“» [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Русбитех#Русбитех-Астра> (дата обращения: 10.05.2022). Текст: электронный.
6. Группа «Вартон» купила российского производителя процессоров «Байкал» [Электронный ресурс] Режим доступа: для всех посетителей сайта. - URL: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2021/06/21/874943-gruppa-var-ton-kupila-rossiiskogo-proizvoditelya-protsessorov-baikal> (дата обращения: 10.05.2022). Текст: электронный.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTSА.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: машинное обучение, дифференциальная геометрия, группы Ли, структурное обучение.

В работе рассмотрены методы и подходы при построении систем машинного обучения на основе аппарата дифференциальной геометрии и групп Ли. Даны описания актуальных и современных подходов, показаны преимущества и особенности при применении в конкретных задачах.

A.A. Akinin, E.I. Bubchenko, D.A. Jakovlev
GEOMETRIC APPROACHES IN FORMING
A MACHINE LEARNING SYSTEM

Keywords: machine learning, differential geometry, Lie groups, structural learning.

The paper considers methods and approaches for constructing machine learning systems based on the apparatus of differential geometry and Lie groups. Descriptions of relevant and modern approaches are given, advantages and features are shown when applied to specific tasks.

А.А. Ашрятов, И.А. Барина, А.В. Волков, А.Э. Ворожейкин, Д.К. Чуракова
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ
ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

Ключевые слова: светодиодная матрица, плоскопараллельные отражающие поверхности, перестраиваемая светотехническая арматура, осветительный прибор, кривая силы света.

В работе представлены результаты моделирования, прототипирования и исследования светораспределения оптической системы осветительного прибора с перестраиваемой светотехнической арматурой. Результаты исследования формы кривой силы света опытного образца показали, что в зависимости от положения зеркал и площади излучающей поверхности матрицы эта кривая может изменяться от косинусной до глубокой.

A.A. Ashryatov, I.A. Barinova, A.V. Volkov, A.E. Vorozheikin, D.K. Churakova
MODELING AND INVESTIGATION OF LIGHT
DISTRIBUTION OF AN OPTICAL SYSTEM OF A
LIGHTING DEVICE WITH TUNABLE OPTICAL
EQUIPMENT

Keywords: LED matrix, plane-parallel reflective surfaces, tunable lighting fittings, lighting device, light intensity curve. The paper presents the results of modeling, prototyping and investigation of the light distribution of the optical system of a lighting device with tunable lighting fittings. The results of the study of the shape of the light intensity curve of the prototype showed that, depending on the position of the mirrors and the area of the emitting surface of the matrix, this curve can vary from cosine to deep.

З.С. Бирюков, И.Н. Данилов, А.С. Раевский
РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА
ИМПУЛЬСНОГО РАДИОСИГНАЛА ПЕЛЕНГАТОРОМ В
РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ПОЛИГОНОВ И
СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ.

Ключевые слова: радиомаяк, радиопеленгатор, вероятность обнаружения радиомаяка.

При проведении испытаний в условия морских полигонов, в ходе которых необходимо с помощью радиопеленгатора определить местоположения радиомаяка (РМ), возникает проблема обнаружения последнего при волнении моря. В данной работе проведен расчёт параметров РМ, для определения работоспособности радиоканала РМ-радиопеленгатор с помощью метода Шулейкина-Ван-дер-Поля. Расчет вероятности обнаружения радиомаяка в условиях морских полигонов был проведён с помощью САПР «Radio Mobile» совместно с задействованием программного модулем «Sea Swell».

Z.S. Biryukov, I.N. Danilov, A.S. Raevskii
CALCULATION OF PROBABILITY OF DETECTION
OF PULSED RADIO SIGNAL SOURCE BY DIRECTION
FINDER IN REAL CONDITIONS OF SEA POLYGONS
AND METHODS OF ITS INCREASE.

Keywords: radio beacon, radio direction finder, probability of radio beacon detection.

When conducting tests under the conditions of marine polygons, during which it is necessary to determine the locations of the radio beacon (PM) using a radio direction finder, the problem arises of detecting the latter during sea waves. In this work, the RM parameters were calculated to determine the operability of the RM-radio direction finder radio channel using the Shuleikin-Van der Pole method. The calculation of the probability of detecting a beacon in offshore landfills was carried out using the Radio Mobile CAD together with the use of the Sea Swell software module.

И.Н. Бояршинова, Э.Э. Малков
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С РЕШЕНИЕМ
ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА

Ключевые слова: оптимальный маршрут, задача коммивояжера, метод ветвей и границ, мобильное приложение. В статье представлена реализация решения задачи коммивояжера в мобильном приложении для построения оптимального маршрута между несколькими пунктами назначения. Решение задачи коммивояжера получено с помощью метода ветвей и границ. Мобильное приложение создано в среде разработки Android studio на языке программирования Java.

I. N. Boyarshinova, E.E. Malkov
DEVELOPMENT OF A MOBILE APP WITH THE
SOLUTION OF THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM
Keywords: optimal route, traveling salesman problem, branch and bound method, mobile application.

The article presents the implementation of the solution of the traveling salesman problem in a mobile application for building the optimal route between several destinations. The solution of the traveling salesman problem is obtained using the branch and bound method. The mobile application was created in the Android studio development environment in the Java programming language.

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова, М.Е. Калинкина
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ
СПЕКТРОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В
УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫA.G. Korobeynikov, V.L. Tklich, O.I. Pirozhnikova, M.E. Kalinkina
EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF FREQUENCY
SPECTRA OF METAL STRUCTURES OPERATING IN
THE CONDITIONS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Ключевые слова: частотные спектры, пьезоакселерометр, металлоконструкция, транспортная инфраструктура, объект мониторинга, акустические колебания, электрический сигнал. Обоснована целесообразность применения акустико-эмиссионных методов при оценке ресурса долговечности и надежности металлических изделий в объектах транспортной инфраструктуры. Уточнены расчетные значения частотных диапазонов работы пьезоэлектрического акселерометра, а также осуществлено построение его фазо-частотных и амплитудно-частотных характеристик. На устройства получены патенты РФ и выполнено изготовление их опытных образцов.

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич,
О.И. Пирожникова, М.Е. Калинин
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН И ПРИЗНАКОВ ДЕГРАДАЦИИ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ключевые слова: акустико-эмиссионные методы, вейвлет-преобразования, пьезоакселерометр, металлоконструкция, транспортная инфраструктура, объект мониторинга, акустические колебания.

Обоснована целесообразность применения акустико-эмиссионных методов при оценке ресурса работы, выявлении трещин и признаков разрушения в металлических изделиях объектов мониторинга транспортной инфраструктуры. С помощью акустико-эмиссионных методов неразрушающего контроля получена компьютерная интерпретация результатов обработки данных от сигналов с объекта мониторинга. Разработан и экспериментально исследован вибропреобразователь пьезоэлектрический со встроенным усилителем, с расширенным частотным диапазоном и функцией неразрушающей установки/снятия датчика на поверхность объекта мониторинга, т.е. с наличием магнитного держателя. На устройства получены патенты РФ и выполнено изготовление их опытных образцов.

Е.Н. Минаев
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИФФУЗИИ КИСЛОРОДА
В РАСТВОРЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, обратная задача, нестационарная диффузия, электрохимическая коррозия.

Проведён анализ дифференциальных уравнений, используемых при исследовании коррозии. На основе решения краевой задачи о нестационарной диффузии кислорода в растворе, получена зависимость для определения коэффициентов поглощения и диффузии кислорода. Найденная зависимость позволяет свести определение указанных коэффициентов к измерению предельного диффузионного тока восстановления кислорода.

Т.Р. Нагорная, К.М. Расулов
О КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ПУАНКАРЕ
ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ

Ключевые слова: дифференциальное уравнение Эйлера, краевая задача Пуанкаре, явное решение, круговая область.

В статье впервые дается постановка краевой задачи типа задачи Пуанкаре для одного эллиптического дифференциального уравнения второго порядка, порождающего класс обобщенных гармонических функций. Устанавливается, что в одном важном частном случае для круговых областей рассматриваемая краевая задача в круговых областях допускает решение в явном виде, то есть ее общее решение можно найти, используя лишь формулы для решения скалярной задачи сопряжения (задачи Римана) для аналитических функций комплексного переменного и решая два линейных дифференциальных уравнения.

Keywords: frequency spectra, piezoaccelerometer, metal structure, transport infrastructure, monitoring object, acoustic vibrations, electrical signal.

The expediency of using acoustic emission methods in assessing the durability and reliability of metal products in transport infrastructure facilities is substantiated. The calculated values of the frequency ranges of the piezoelectric accelerometer were experimentally refined, and its phase-frequency and amplitude-frequency characteristics were plotted. Patents of the Russian Federation have been obtained for the devices and their prototypes have been manufactured.

A.G. Korobeynikov, V.L. Tklich,
O.I. Pirozhnikova, M.E. Kalinkina
COMPUTER SIMULATION OF CRACK FORMATION
PROCESSES AND SIGNS OF DEGRADATION OF METAL
STRUCTURES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Keywords: acoustic emission methods, wavelet transforms, piezoaccelerometer, metal structure, transport infrastructure, monitoring object, acoustic vibrations.

The expediency of using acoustic emission methods in assessing the service life, identifying cracks and signs of destruction in metal products of transport infrastructure monitoring objects is substantiated. With the help of acoustic-emission methods of non-destructive testing, a computer interpretation of the results of processing data from signals from the monitoring object was obtained.

A piezoelectric vibration transducer with a built-in amplifier, with an extended frequency range and a function of non-destructive installation / removal of the sensor on the surface of the monitoring object, i.e. with a magnetic holder. Patents of the Russian Federation have been obtained for the devices and their prototypes have been manufactured.

E.N. Minaev
MATHEMATICAL MODELING OF THE NON –
STATIONARY DIFFUSION OF OXYGEN IN LIQUID FOR
THE INVESTIGATION OF METAL CORROSION

Keywords: electrochemical corrosion, diffusion, differential equations.

The analysis of the differential equations for the investigation of metal corrosion is performed. The mathematical dependence for determining diffusion coefficient and absorption coefficient in liquid is determined. This dependence is determined by the solution of the differential equation of non-stationary diffusion. It is necessary to measure the ultimate diffusion current of oxygen reduction and to compare with this dependence

T.R. Nagornaya, K.M. Rasulov
ON THE POINCARÉ BOUNDARY VALUE PROBLEM
FOR GENERALIZED HARMONIC FUNCTIONS
IN CIRCULAR DOMAINS

Keywords: Euler differential equation, Poincaré boundary value problem, explicit solution, circular domain.

In the article, for the first time a statement of a boundary value problem of the Poincaré type is given for a second-order elliptic differential equation that generates a class of generalized harmonic functions. It is established that in one important particular case for circular domains, the considered boundary value problem in circular domains admits an explicit solution, i.e. its general solution can be found using only formulas for solving the scalar conjugation problem (Riemann problem) for analytic functions of a complex variable and solving two linear differential equations.

И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина

ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫМИ СИГНАЛАМИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

*Ключевые слова: оценка, сверхширокополосность, сигнал.**В работе предлагается метод оценки геометрии объекта при зондировании трехмерного пространства сверхширокополосными сигналами. Предложен эвристический алгоритм оценки, основанный на простом переборе. Основное внимание уделяется обработке информации и не затрагивает вопросы техники излучения и приема сигналов.*

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ДИСТРИБУТИВ PYTHON(X,Y) ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

*Ключевые слова: язык программирования Python, специализированный дистрибутив Python(x,y), библиотека NumPy, библиотека Pandas, библиотека SciPy, библиотека Matplotlib, библиотека SQLAlchemy, библиотека PyQt, среда разработки Spyder, научные и инженерные вычисления, нейронные сети, обработка больших массивов данных, разработка программного обеспечения.**Статья посвящена специализированному дистрибутиву Python(x,y), предназначенному для научных и инженерных вычислений. Также рассмотрены особенности наиболее важных дополнительных библиотек языка программирования Python, входящих в состав этого дистрибутива и входящая в состав дистрибутива среда разработки Spyder. Описаны сильные и слабые стороны использования дистрибутива Python(x,y) для научных и инженерных вычислений на Python.*Н.В. Пашинова, С.Б. Цыдыпова, Г.Ж. Хандакова
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ НА ОРОШЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ*Ключевые слова: грунт, естественная влажность грунта, песчаный грунт, глинистый грунт, орошение.**В работе представлены результаты определения влажности и плотности грунта и его влияния на орошаемость земель. В статье описаны самые распространенные методы для определения влажности и плотности грунта. Величина оросительной нормы зависит от климатических и погодных условий, свойств почвы, особенностей растений и технологии их возделывания.*

В.С. Соколов

ЗОНДИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИМ ДВУХЧАСТОТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНИКА

*Ключевые слова: фотоприемник, амплитудно-частотная характеристика, источник оптического спектрально чистого двухчастотного излучения, высокий коэффициент экстинкции, тандемная амплитудно-фазовая модуляция.**Модулятор Маха-Цендера (ММЦ) может обеспечить модуляцию оптического излучения с высоким коэффициентом экстинкции (КЭ), которое можно использовать для генерации спектрально чистого оптического двухчастотного излучения (ОДИ). Частотная характеристика фотодетекторов может быть точно измерена по ОДИ, сканируя частоту радиосигнала, подаваемого на оптический модулятор, для его генерации. Для генерации спектрально чистого ОДИ требуется модуляция с высоким КЭ. Когда КЭ достаточно велик, спектральный профиль ОДИ не зависит от частотной характеристики модулятора. Таким образом, контролируя или стабилизируя мощности ОДИ мы можем измерить АЧХ оптических приемников и их фотоприемников (ФП). ФП, АЧХ которых откалибрована ОДИ, в свою очередь могут использоваться для определения характеристик оптических передатчиков. Предложен новый метод модуляции оптического излучения с высоким КЭ – тандемная амплитудно-фазовая модуляция.*

I.V. Grubrin, I.U. Lygina

ESTIMATION OF THE GEOMETRY OF OBJECTS WHEN PROBING SPACE WITH ULTRA-WIDEBAND SIGNALS IN MULTICHANNEL INFORMATION SYSTEMS

*Keywords: estimation, ultrawideband, signal.**This paper presents a method for estimating the geometry of an object when probing three-dimensional space with ultrawideband signals. A heuristic estimation algorithm based on simple enumeration is proposed. The main attention is paid to the processing of information and does not touch upon the issues of the technique of emitting and receiving signals.*

A.G. Zhorniyak, T.A. Morozova

SPECIALIZED PYTHON(X,Y) DISTRIBUTION OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING COMPUTING

*Keywords: Python programming language, Python distribution Python(x,y), NumPy Library, Pandas Library, SciPy Library, Matplotlib Library, SQLAlchemy Library, PyQt library, Spyder development environment, scientific computing, neural networks, processing large data arrays, software development. The article is devoted to a specialized distribution of Python(x,y), designed for scientific and engineering computing. The features of the most important additional libraries of the Python programming language included in this distribution and the Spyder development environment included in the distribution are also considered. The strengths and weaknesses of using the Python distribution(x,y) for scientific and engineering computing in Python are analyzed.*N.V. Pashinova, S.B. Tsydyanova, G.Zh. Khandakova
THE STUDY OF THE SOIL FOR IRRIGATION, DEPENDING ON ITS DENSITY AND NATURAL HUMIDITY*Keywords: soil, natural soil moisture, sandy soil, clay soil, irrigation.**The paper presents the results of determining the moisture and density of the soil and its effect on the irrigability of land. The article describes the most common methods for determining soil moisture and density. The value of the irrigation norm depends on climatic and weather conditions, soil properties, plant characteristics and technology of their cultivation.*

V.S. Sokolov

A PHOTORECEIVER FREQUENCY CHARACTERISTIC PROBING BY OPTICAL TWO-FREQUENCY RADIATION
*Keywords: photodetector, amplitude-frequency characteristic, optical source of spectrally pure two-frequency radiation, high extinction coefficient, tandem amplitude-phase modulation.**A Mach-Zehnder modulator (MZM) can provide high extinction ratio (ER) modulation of optical radiation, which can be used to generate spectrally pure optical dual-frequency radiation (ODFR). The frequency response of photodetectors can be accurately measured by ODFR by scanning the frequency of the radio signal applied to the optical modulator to generate it. High ER modulation is required to generate a spectrally pure ODFR. When the ER is large enough, the spectral profile of the ODFR is independent of the frequency response of the modulator. Thus, by controlling or stabilizing the power of ODFR, we can measure the frequency response of optical receivers and their photodetectors PD. The PD, whose frequency response is calibrated by the ODFR, in turn, can be used to determine the characteristics of optical transmitters. A new method for modulating optical radiation with a high ER, tandem amplitude-phase modulation, is proposed.*

Д.И. Тряков, В.И. Полуничев
ГАЗОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ СУДОВЫХ
РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА
НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРВОГО
КОНТУРА

*Ключевые слова: расхолаживание РУ,
газовая система компенсации давления, равновесная
концентрация газа, газовыделение, газоперенос.*

В данной статье выполнен анализ процессов газопереноса и газовыделения в оборудовании первого контура реакторной установки (РУ) с газовой системой компенсации давления. Рассмотрены процессы растворимости азота в воде первого контура РУ. Количественно оценен объем выделившегося в контур газа.

И.В. Усовик
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА
В ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОГРАНИЧЕНИЯ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

*Ключевые слова: моделирование, космический мусор,
ограничение техногенного засорения околоземного космического
пространства, активное удаление космического мусора.*

Космический мусор с каждым годом представляет все большую угрозу для функционирующих космических аппаратов. Для решения проблем космического мусора, и принятия административных решений необходимо оценивать влияние различных мер ограничения его образования и активного удаления на состояние техногенного засорения околоземного космического пространства. В статье представлен обзор перспективных методов ограничения образования космического мусора и разработанные автором методики, позволяющие оценивать вклад различных мер и источников образования космического мусора на состояние техногенного засорения.

Е.Г. Царькова
ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Ключевые слова: автоматизированная система специального
назначения, надежность, система массового обслуживания,
математическое моделирование, схема Эйлера, оптимальное
управление, уголовно-исполнительная система.*

В работе рассматриваются методы расчета показателя функциональной надежности автоматизированной системы специального назначения. Работа системы исследуется с позиций теории массового обслуживания; приведены результаты расчета вероятности безотказной работы при различных режимах обслуживания заявок. Рассматривается подход к построению оптимальной стратегии управления работоспособностью автоматизированных систем, обеспечивающей сохранение показателя их функциональной надежности не ниже заданного уровня, с учетом наличия ограничений на используемые ресурсы.

Г.А. Гареева, А.С. Девятьяров,
И.Ф. Зиннуров, М.В. Чуприков, И.С. Черныдьев
СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СКРИПТА ДЛЯ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ СТАТУСА РЕЗЕРВНОГО
КОПИРОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИНАХ
*Ключевые слова: скрипт, проверка, PowerShell, автоматизация,
резервное копирование, пользователь.*

В данной статье описывается процесс создания и реализации сценария для автоматической проверки состояния резервного копирования на производственных машинах. Весь процесс создания реализован на языке программирования PowerShell в качестве основы скрипта, HTML – в качестве языка разметки для отчёта пользователя.

Функционал скрипта проверяет файлы резервного копирования

D.I. Tryakov, V.I. Polunichev
GAS COMPENSATION SYSTEM OF SHIP REACTOR
PLANTS AND ITS INFLUENCE ON THE RELIABILITY
OF THE OPERATION OF THE FIRST CIRCUIT
EQUIPMENT

*Keywords: cooling of the reactor,
gas pressure compensation system, equilibrium gas
concentration, gas emission, gas transfer.*

This article analyzes the processes of gas transfer and gas release in the equipment of the primary circuit of a reactor plant with a gas pressure compensation system. The processes of nitrogen solubility in water of the primary circuit of the reactor plant are considered. The volume of gas released into the circuit was quantified.

I.V. Usovik
IMPROVEMENT OF SPACE DEBRIS MATH MODELING
METHODS TO ENSURE MITIGATION SOLUTION
OF NEAR EARTH SPACE

*Keywords: methods, modeling, space debris,
mitigation, active removal.*

Space debris poses an increasing threat to functioning spacecraft every year. In order to solve the problems created by space debris and make administrative decisions, it is necessary to assess the impact of various measures taken to mitigation and remediation on the state space debris environment. The article presents an overview of promising methods for limiting the formation of space debris and the methods developed by the author that allow for a detailed assessment of various measures contribution and space debris sources formation to space debris environment.

E.G. Tsarkova
DYNAMIC MODEL OF RELIABILITY MANAGEMENT
OF AUTOMATED SPECIAL PURPOSE SYSTEMS

*Keywords: automated special purpose system, reliability, mass
support system, mathematical modeling, Euler scheme, optimal
control, penal enforcement system.*

The paper discusses methods for calculating the functional reliability index of a special-purpose automated system. The operation of the system is investigated from the standpoint of the theory of queuing; the results of calculating the probability of trouble-free operation under various modes of service applications are presented. An approach to the construction of an optimal strategy for managing the operability of automated systems, ensuring the preservation of their functional reliability index at least a given level, taking into account the restrictions on the resources used, is considered.

G.A. Gareeva, A.S. Devyatyarov,
I.F. Zinnurov, M.V. Chuprikov, I.S. Chernyadiev
CREATING AND IMPLEMENTING A SCRIPT
TO AUTOMATICALLY CHECK BACKUP STATUS
ON PRODUCTION MACHINES

*Keywords: script, verification, PowerShell,
automation, backup connection, user.*

This article is about the origin of the process and the implementation of the script for checking the status of the spare site on production machines. The entire creation process is implemented in the PowerShell programming language as the basis of the script, HTML as the markup language for the user report.

на наличие или их отсутствия по определенным дням недели, которые прописываются в самом скрипте, после проверки файлов идет создание и генерация по результатам проверки в HTML страницу, она исполняет роль в качестве отчета для пользователя.

В.А. Левченко

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ НА БАЗЕ GPS/ГЛОНАСС**

Ключевые слова: GPRS, ГЛОНАСС,

ионосферная задержка, тропосферная задержка, фаза.

В статье рассматривается вычислительная система для определения местоположения объекта с помощью спутникового мониторинга в режиме реального времени с высокой точностью. Вычислительная система, предложенная авторами, основывается на определении тройных разностей фаз. Высокая точность координат обеспечивается путем ввода дополнительных данных, таких, как тропосферная и ионосферная модель. В настоящее время проходят испытания полученной системы.

С.Р. Миронченков, Д.С. Рязанов, Ю.И. Аношкин
**АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ**

**В ГРАФИТОВОЙ КЛАДКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
ГАЗООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА**

Ключевые слова: ВТГР,

деформация кладки, заклинивание рабочего органа.

В работе представлен аналитический метод обоснования работоспособности рабочего органа системы управления и защиты при деформации графитовой кладки. Были выведены методики определения максимальной теоретической деформации кладки и параметров рабочего органа, приводящих к его заклиниванию в канале.

Н.П. Сметух, В.А. Кучеренко

**ДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДИАГНОСТИКИ СУДОВОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Ключевые слова: динамическая структура,
диагностика, судовая энергетическая система,
неопределенность, внешняя среда.

Неопределенность исходных данных и результатов внешнего моделирования требует, чтобы для целей интроспективного анализа некоторые смежные области были представлены в шкалах, которые характеризуют возможные приемлемые значения каждого показателя. В этом определении неопределенности внешней среды будут отличаться только полнотой, видом и формой представления предварительной информации о характере распределения возможных значений внутри интервала.

А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина
**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ БАГАЖА В АЭРОПОРТУ**

Ключевые слова: сортировка багажа,
автоматизированная система, аэропорт.

В данной статье рассматривается проект, связанный с разработкой автоматизированной системы управления процессом сортировки багажа в аэропорту. В условиях интенсификации авиaperелетов возникают некоторые затруднения с обработкой багажа как гражданского, так и коммерческого из-за его численности. Поэтому перед руководством аэропортов возникают вопросы, связанные с перемещением и сортировкой грузов на территории терминала. В результате формируется потребность в современной автоматизированной системе, которая справлялась бы с возрастающей нагрузкой на службы аэропорта и увеличила бы пропускную способность аэроузла. Исходя из этого можно с уверенностью утверждать, что актуальность заявленной

V. A. Levchenko

**THE COMPUTING METHOD OF INCREASING
THE ACCURACY OF COORDINATES DEFINING ON
BASE GPS/GLONASS**

Keywords: GPRS, GLONASS,

the ionospheric delay, the tropospheric delay, phase.

The article examines the computing system for the object's location defining, which is done with a high accuracy with the help of a satellite monitoring in a real-time operating mode. The computing system suggested by the authors, is based on the definition of the triple difference of periods. A high accuracy is achieved by the input of additional data, for instance, tropospheric and ionospheric models. At the present the test of the developed system is carried out.

S.R. Mironchenkov, D.S. Ryazanov, Yu.I. Anoshkin
**ANALYSIS OF THE PATENCY OF THE ABSORBING
ROD OF THE CONTROL AND PROTECTION SYSTEM
IN THE GRAPHITE MASONRY OF A HIGH-
TEMPERATURE GAS-COOLED REACTOR**

Keywords: HTGR, masonry deformation,
jamming of the absorbing rod.

The paper presents an analytical method for substantiating the operability of the absorbing rod of the control and protection system during deformation of graphite masonry. The methods of determining the maximum theoretical deformation of the masonry and the parameters of the absorbing rod leading to its jamming in the channel were derived.

N.P. Smetyukh, V.A. Kucherenko

**DYNAMIC STRUCTURE DIAGNOSTICS
OF SHIP POWER SYSTEM UNDER UNCERTAINTY IN
THE EXTERNAL ENVIRONMENT**

Keywords: dynamic structure, diagnostics, marine energy
system, uncertainty, external environment.

The uncertainty of the initial data and the results of external modeling requires that, for the purposes of introspective analysis, some related areas should be presented in scales that characterize the possible acceptable values of each indicator. In this definition, the uncertainties of the external environment will differ only in the completeness, type and form of presentation of the preliminary information about the nature of the distribution of possible values within the interval.

A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina
**AIRPORT AUTOMATED BAGGAGE
SORTING PROCESS CONTROL**

Keywords: baggage sorting, automated system, airport.

This article discusses a project related to the development of an automated control system for the baggage sorting process at the airport. In the context of the intensification of air travel, there are some difficulties with the handling of luggage, both civil and commercial, due to its number. Therefore, airport management faces issues related to the movement and sorting of goods on the territory of the terminal. As a result, there is a need for a modern automated system that would cope with the increasing load on airport services and increase the throughput of the air hub. Based on this, we can confidently assert that the relevance of the stated topic is beyond doubt. To achieve this goal, an analysis of the requirements that modern systems of this purpose must meet was carried out and an automation system for the control object with the technical

темы не вызывает сомнений. Для достижения поставленной цели был проведен анализ требований, которым должны отвечать современные системы подобного назначения и разработана система автоматизации объекта управления с размещенными на ней техническими средствами.

А.А. Акинин, Е.И. Бубченко, Д.А. Яковлев
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ЭМУЛЯТОРОМ

Ключевые слова: нейронные сети, математическое моделирование, прогнозирование с эмулятором, нелинейность, нестационарность.

В работе представлены результаты разработки нейросетевого предикторного программного продукта, реализующего моделирование с эмулятором. Реализованная система предлагает возможности по осуществлению прогнозирования развития сложных процессов с учётом нелинейности и нестационарности рассматриваемых объектов. Дополнительно, даётся описание областей возможного применения программных продуктов такого типа.

В.С. Соколова, В.В. Бажеряну, И.В. Зайченко, А.С. Сизинцева
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЖИДКОСТНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ключевые слова: моделирование, теплоемкость, отопление. Рассмотрены подходы к моделированию процесса функционирования жидкостного отопительного прибора. Исследован процесс остывания отопительного прибора в зависимости от его теплоемкости.

А.Г. Уймин

ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ МАНИПУЛЯТОРА «МЫШЬ»
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ
БИОМЕТРИИ.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, поведенческая биометрия, RemoteTopology, предобработка данных, манипулятор мышь.

В работе проанализированы и описаны основные инструменты анализа поведенческой биометрии на основе данных манипулятора, описана схема предобработки данных, разработана схема подготовки dataset на основе. Разработана модель поведенческой биометрии пользователя, определены 4 модуля.

Н.И. Красовская, А.А. Лещев, А.В. Сычева, О.В. Красовская
О БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Ключевые слова: безопасность, свобода информационных технологий, компьютерные шрифты, пакеты программного обеспечения, образовательный процесс, использование альтернативных программных продуктов.

В работе обсуждаются вопросы безопасности программного обеспечения при использовании его в образовательных учреждениях Российской Федерации. Это становится особенно важным при переходе к новой системе образования.

means placed on it was developed.

A. A. Akinin, E. I. Bubchenko, D. A. Jakovlev
FORECASTING NONLINEAR PROCESSES ON THE
BASIS OF A NEURAL NETWORK WITH AN EMULATOR

Keywords: neural networks, mathematical modeling, forecasting with an emulator, non-linearity, non-stationarity. The paper presents the results of the development of a neural network predictor software product that implements simulation with an emulator. The implemented system offers opportunities for predicting the development of complex processes, taking into account the non-linearity and non-stationarity of the objects under consideration. Additionally, a description of the areas of possible application of software products of this type is given.

V. S. Sokolova, V. V. Bazheryanu,
I. V. Zaichenko, A. S. Sizintseva
SIMULATION OF THE FUNCTIONING PROCESS
LIQUID HEATING APPLIANCES

Keywords: modeling, heat capacity, heating. Approaches to modeling the process of functioning of a liquid heating device are considered. The process of heating device cooling depending on its heat capacity has been studied.

A. G. Uimin

«MOUSE» DATA PREPROCESSING FOR USE IN
BEHAVIORAL BIOMETRY ANALYSIS.

Keywords: biometric authentication, behavioral biometrics, RemoteTopology, data preprocessing, mouse manipulator. The paper analyzes and describes the main tools for analyzing behavioral biometrics based on manipulator data, describes a data preprocessing scheme, and develops a dataset-based preparation scheme. A model of user behavioral biometrics has been developed, 4 modules have been defined.

N. I. Krasovskaya, A. A. Leshchev,
A. V. Sycheva, O. V. Krasovskaya
ON SOFTWARE SECURITY IN THE FIELD
OF EDUCATION

Keywords: security, freedom of information technology, computer fonts, software packages, educational process, use of alternative software products. The work discusses the security of software when used in educational institutions of the Russian Federation. This becomes particularly important in the transition to a new education system.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№7 2022

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**
**2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**
**2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**
**2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**
**2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**
**2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvprrt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 27.07.2022 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 27.07.2022
8,4 усл.печ.л. 9,6 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 4210.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»