

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№4 2023

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
2023**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №4 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – 220 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.ntvprrt.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, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, А.В. Репина, Т.Ю. Миракова, А.А. Иванова, Р.Х. Шагимуллин</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВУЛКАНИЗАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ	11
--	----

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

<i>И.Н. Беляева</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ГРИНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ	16
<i>А.В. Волков, А.А. Горбунов, Е.В. Заварцева, А.А. Александров, А.С. Карякин</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА НА Пороговое значение потребляемой мощности натриевой лампы высокого давления	19
<i>Е.В. Гусев, А.П. Князев, А.П. Кононенко</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПЕРЕЛЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА НА ЛУНУ	22
<i>А.Е. Лебедев, А.В. Оборин, А.А. Ватагин, Ф.С. Орлов</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В РАЗРЕЖЕННОМ СОСТОЯНИИ	26
<i>Г.А. Овсеев, Р.С. Кашаев, О.В. Козелков, А.В. Каляшина</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЕЩЕСТВ	30
<i>А.Д. Омарова, Е.В. Гулынина</i> УСЛОВИЕ ЕДИНСТВЕННОСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ И СХОДИМОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПРИБЛИЖЕНИЙ К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМ ВОГНУТЫМ ОПЕРАТОРОМ	34
<i>А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин</i> ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ТЕПЛООБМЕНА МАСЛООХЛАДИТЕЛЯ ПРИ НАЛОЖЕННЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ ПОТОКА	40
<i>А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин, А.Н. Долгова</i> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЛНИСТОМ КАНАЛЕ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ	44
<i>А.Р. Хайруллин, А.И. Хайбуллина</i> ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ПЕН С ОТКРЫТЫМИ ЯЧЕЙКАМИ	48

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

<i>Г.Н. Аглямзянова, Л.З. Гумерова, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына</i> РАЗРАБОТКА НА C++ МЕЖПЛАТФОРМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ГРАФИЧЕСКИМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ	52
<i>В.Т. Бобронников, А.К. Дьячук</i> РАЗРАБОТКА МАКЕТА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ	55

<i>Н.Н. Васин, С.А. Сарычева, А.Л. Золкин</i> КОНФИГУРИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА EIGRP КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	60
<i>В.В. Воробьева, И.Б. Гинзбург, Ю.Н. Кондрашов</i> ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В СРЕДЕ JUPYTERLAB	66
<i>Т.Э. Гельфман, А.П. Пирхавка, В.О. Скрипачев, Е.В. Солдатов</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ	69
<i>Д.С. Горбатенко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ИЗ-ЗА РАНЕЕ ПРОИЗОШЕДШЕГО ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ	74
<i>Е.М. Гриценко, О.В. Корчевская</i> РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА CLASSROOM VR ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛЕМОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	77
<i>А.С. Дулесов, А.В. Байшев, Д.Ю. Карандеев, Н.В. Дулесова, И.Ю. Карандеева</i> ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ОДНОРОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	80
<i>Р.Р. Имаев, Д.М. Афанасьев, А.Р. Шакиров, Г.А. Гареева</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫХ МЕЖДУ MYSQL И 1С	84
<i>С.С. Капитонов, А.С. Винокуров, А.А. Горбунов, И.М. Кузнецов, Н.А. Чагрин, Т.И. Кульчихина, А.А. Александров</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ ФИТООБЛУЧАТЕЛЯ, БЛИЗКОГО К СПЕКТРУ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТЕНИЯ	88
<i>Д.Ю. Карандеев, И.Ю. Карандеева, И.А. Бычкова</i> О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ НЕИНВАЗИВНЫХ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ	91
<i>О.В. Корчевская, С.А. Яркова, А.В. Яркова, Р.Ф. Файзулин</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЛНОТЕКСТОВОЙ ОБРАБОТКИ НАРРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ	94
<i>Е.Г. Царькова</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ УИС	97
<i>Н.С. Черниченко, О.В. Корчевская, А.В. Яркова, В.А. Мельников</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ	101
<i>Х.А. Шамагна</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПТИЦЕФАБРИКЕ	104

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

<i>И.С. Абдреев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина</i> КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	109
--	-----

<i>Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина, В.А. Селин, Н.А. Селин</i> ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛЬНЫМИ РЕЗЦАМИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ	112
<i>Е.А. Басуматорова, Д.О. Суринский, О.К. Никольский, В.В. Фараносов</i> КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО РИСКА ОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСТАНОВОК	116
<i>Ю.А. Бахарев, Н. С. Чекунова, Л.И. Медведева, А.А. Силаев</i> АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	120
<i>И.Н. Галеня, Е.Д. Туркот, А.Н. Коркишко, Е.А. Басуматорова</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	123
<i>В.А. Егоров, И.В. Никоноров</i> НАБЛЮДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКОРОСТИ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ	130
<i>И.А. Ильченко, В.Ф. Пегашикин</i> МЕТОДИКА СОПРЯЖЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ И ПРОИЗВОДСТВА	135
<i>А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова, Н.С. Потемина</i> АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ И ПАЙКИ КОМПОНЕНТ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ	138
<i>С.А. Красников, С.В. Николаева, К.В. Гусев, М.А. Овчинников</i> МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ КВАЛИМЕТРИИ	143
<i>С.В. Кузнецов, Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, Е.С. Аносова</i> ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ШТАМПАХ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА НАПРАВЛЯЮЩИХ КОЛОНОК И СИЛДЕФОРМИРОВАНИЯ	147
<i>А.А. Кулебякин, К.И. Порсев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АКТИВНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ОТВЕРСТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	150
<i>Е.Н. Леонов, А.П. Пожитков</i> КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0	153
<i>В.Л. Лучинкин, Р.С. Зарипова</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТА АВТОМОБИЛЕЙ	156
<i>Си Ту Тант Син, А.В. Чирков</i> ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ЗАДАЧ ДВУМЕРНОГО РАСКРОЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ	160
<i>А.Ю. Хабибуллин, Л.А. Симонова, И.П. Балабанов</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ТРАФИКА ДАННЫХ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ЖГУТАХ	164

2.3.5. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>В.И. Виноградов, Т.Б. Волкова</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СРЕДНЕСРОЧНОГО АРХИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ	168
--	-----

М.Р. Тихонов, О.С. Шикула, М.Д. Белякова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОВ

173

2.3.5. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ*А.М. Дергачев, О.В. Доронин, К.И. Доронина, А.Г. Гурьянова, П.В. Балакишин, Т.А. Маркина*

ИНСТРУМЕНТ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ НА ОСНОВЕ GOOGLE THREAD SANITIZER

176

Р.А. Емдиханов, Ю.Н. Смирнов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА

184

А.М. Замалиева, Р.С. Зарипова

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ

188

В.С. Осипов, Е.А. Серякова, Д.А. Яковлев, И.С. Замулин

ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

192

А.В. Пантелеев, Д.А. Салкин, С.Д. Шибайкин, Н.В. Крохин, О.И. Пауткина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ

195

Д.А. Хвостов, В.Э. Шейн

РЕАЛИЗАЦИЯ ИПОТЕЧНОГО КАЛЬКУЛЯТОРА С УЧЁТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

198

2.3.6. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ*Д.С. Алексеев, Р.С. Козлов*

МЕТОД ПРАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ КАНАЛУ

201

АННОТАЦИИ

205

THE RELEASE MAINTENANCE

V.S. Minkin, A.V. Repina, T.Yu. Mirakova, A.A. Ivanova, R.H. Shagimullin FEATURES OF THE STRUCTURE OF VULCANIZATES OF INDUSTRIAL LIQUID THIOLS	11
--	----

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

I.N. Belyaeva USING THE GREEN'S FUNCTION TO SOLVE A BOUNDARY VALUE EIGENVALUE PROBLEM	16
A.V. Volkov, A.A. Gorbunov, E.V. Zavarceva, A.A. Aleksandrov, A.S. Karyakin MODELING THE INFLUENCE OF THE ACOUSTIC RESONANCE PHENOMENON ON THE THRESHOLD VALUE OF THE POWER CONSUMPTION OF A HIGH- PRESSURE SODIUM LAMP	19
E.V. Gusev, A.P. Knyazev, A.P. Kononenko DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF AN INTERPLANETARY FLIGHT IN ORDER TO DETERMINE THE MOST EFFECTIVE MOON FLIGHT TRAJECTORY	22
A.E. Lebedev, A.V. Oborin, A.A. Vatagin, F.S. Orlov MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESSES OF PROCESSING OF DISPERSIVE MEDIUM IN THE RAFFERED STATE	26
G.A. Ovseenko, R.S. Kashaev, O.V. Kozelkov, A.V. Kalyashina SIMULATION OF A DIGITAL FILTER FOR SUBSTANCE CONCENTRATION MEASUREMENT SYSTEMS	30
A.D. Omarova, E.V. Gulylnina THE UNIQUENESS CONDITION OF A POSITIVE SOLUTION AND THE CONVERGENCE OF SUCCESSIVE APPROXIMATIONS TO THE SOLUTION OF A NONLINEAR OPERATOR EQUATION WITH DIFFERENTIABLE CONCAVE OPERATOR	34
A.I. Haibullina, A.R. Khairullin EVALUATION OF THE OIL COOLER HEAT TRANSFER AREA UNDER PULSATING FLOW	40
A.I. Haibullina, A.R. Khairullin, A.N. Dolgova NUMERICAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN A WAVY CHANNEL UNDER ASYMMETRIC PULSATIONS	44
A.R. Khairullin, A.I. Haibullina THERMAL-HYDRAULIC EFFICIENCY OF HIGHLY POROUS OPEN CELL FOAM	48

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

G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova, I.Y. Myshkina, L.Y. Grudtsyna DEVELOPMENT OF CROSS-PLATFORM APPLICATIONS WITH GRAPHICAL USER INTERFACE IN C++	52
V.T. Bobronnikov, A.K. Diyachuk THE DEVELOPMENT OF A DECISIONS SUPPORT SYSTEM PROTOTYPE WHEN A WIND-DIESEL POWER SYSTEM FOR A STAND-ALONE CONSUMER IS FORMING	55
N.N. Vasin, S.A. Saricheva, A.L. Zolkin CONFIGURING THE EIGRP PROTOCOL AS A WAY OF FORMING PROFESSIONAL COMPETENCIES FOR SPECIALISTS IN THE FIELD OF RAILWAY TRANSPORT	60

V.V. Vorobieva, I.B. Ginzburg, Yu.N. Kondrashov LEARNING PYTHON LIBRARIES FOR DATA ANALYSIS IN THE JUPYTERLAB ENVIRONMENT	66
T.E. Gelfman, A.P. Pirkhavka, V.O. Skripachev, E.V. Soldatov. SIMULATION OF FAILURE PROBABILITY OF SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS	69
D.S. Gorbatenko ENSURING TRAFFIC SAFETY IN THE EVENT OF TRAFFIC DISTURBANCE DUE TO A PREVIOUS TRAFFIC ACCIDENT	74
E.M. Gritsenko, O.V. Korchevskaya DEVELOPMENT OF SPECIAL MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC SOFTWARE OF THE CLASSROOM VR ANALYSIS SYSTEM FOR THE APPLICATION OF VIRTUAL REALITY HELMETS IN LEARNING ACTIVITIES	77
A.S. Dulesov, A.V. Baishev, D.Y. Karandeev, N.V. Dulesova, I.Y. Karandeeva PRELIMINARY PROCESSING OF STATISTICAL DATA ON THE STATE OF HOMOGENEOUS TECHNICAL OBJECTS	80
R.R. Imaev, D.M. Afanasyev, A.R. Shakirov, G.A. Gareeva DATA CHANGE INTEGRATION DEVELOPMENT BETWEEN MYSQL AND 1C	84
S.S. Kapitonov, A.S. Vinokurov, A.A. Gorbunov, I.M. Kuznetsov, N.A. Chagrin, T.I. Kulchikhina, A.A. Alexandrov APPLICATION OF MODERN LED TECHNOLOGIES TO PROVIDE SPECTRAL COMPOSITION OF PHYTOIRADIANT RADIATION CLOSE TO THE ABSORPTION SPECTRUM OF THE PLANTS	88
D.Y. Karandeev, I.Y. Karandeeva, I.A. Bychkova ON THE NEED TO DEVELOP MODERN NON-INVASIVE NEUROCOMPUTER INTERFACES	91
O.V. Korchevskaya, S.A. Yarkova, A.V. Yarkova, R.F. Faizulin DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR FULL-TEXT PROCESSING OF NARRATIVE INFORMATION	94
E.G. Tsarkova APPLICATION OF THE GENETIC ALGORITHM TO OPTIMIZE THE TELECOMMUNICATIONS NETWORK OF THE UIS DIVISION	97
N.S. Chernichenko, O.V. Korchevskaya, A.V. Yarkova, V.A. Melnikov DEVELOPMENT OF ACCESS CONTROL SYSTEM. ENGINEERING AND TECHNICAL PROTECTION OF A BUDGET INSTITUTION	101
H.A. Shamasna DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING HYDROTHERMAL PARAMETERS TO MAINTAIN MICROCLIMATIC PARAMETERS IN AN INTELLIGENT POULTRY FARM	104

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

I.S. Abdreev, A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina COMPUTER TRAINING COMPLEXES	109
G.A. Alekseev, V.N. Kudashov, E.G. Selina, V.A. Selin, N.A. Selin FEATURES OF THE AUTOMATED PROCESS OF FORMING A PRECISION REGULAR MICRORELIEF WITH DIAMOND SINGLE-CRYSTAL CUTTERS OF TRAPEZOIDAL PROFILE	112
E.A. Basumatorova, D.O. Surinsky, O.K. Nikolsky, V.V. Faranosov THE CONCEPT OF DESIGNING A DECISION-MAKING SYSTEM FOR ASSESSING THE ANTHROPOGENIC RISK OF AGRICULTURAL INSTALLATIONS	116

<i>Y.A. Bakharev, N.S. Chekunova, L.I. Medvedeva, A.A. Silaev</i> ANALYSIS OF CRITERIA FOR THE SELECTION OF AUTOMATION TOOLS FOR THE DEVELOPMENT OF A PROCESS CONTROL SYSTEM	120
<i>I.N. Galenya, E.D. Turkot, A.N. Korkishko, E.A. Basumatorova</i> ORGANIZATION OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS WHEN PERFORMING CONSTRUCTION PROCESSES	123
<i>V.A. Egorov, I.V. Nikonorov</i> OBSERVER FOR RECOVERY SPEEDS OF THE SYNCHRONOUS MACHINE	130
<i>I.A. Ilchenko, V.F. Pegashkin</i> METHODOLOGY OF CONNECTING THE TECHNICAL AND ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL PROFILES OF THE PRODUCT AND PRODUCTION	135
<i>A.G. Korobeynikov, V.L. Tklich, O.I. Pirozhnikova, N.S. Potemina</i> ANALYSIS OF THE MECHANISMS OF DEFECT FORMATION IN THE PROCESS OF ASSEMBLY AND SOLDERING COMPONENTS OF INTEGRATED SAFETY SYSTEMS	138
<i>S.A. Krasnikov, S.V. Nikolaeva, K.V. Gusev, M.A. Ovchinnikov</i> SPECTRAL COMPUTER QUALIMETRY METHOD	143
<i>S.V. Kuznecov, Yu.S. Murugov, A.A. Rogovik, E.S. Anosova</i> EVALUATION OF CHANGES IN DEFORMATIONS OCCURRING IN STAMPS, DEPENDING ON THE LOCATION AND NUMBER OF GUIDE COLUMNS AND DEFORMATION FORCES	147
<i>A.A. Kulebyakin, K.I. Porsev</i> SIMULATION OF THE PROCESS OF ACTIVE ROBOTIC CONTROL OF DEVIATIONS OF THE PARAMETERS OF HOLES OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS	150
<i>E.N. Leonov, A.P. Pozhitkov</i> COMPONENTS OF INTELLIGENT ELECTRICAL NETWORKS IN INDUSTRY 4.0	153
<i>V.L. Luchinkin, R.S. Zaripova</i> DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO AUTOMATE THE CAR RENTAL PROCESS	156
<i>Si Thu Thant Sin, A.V. Chirkov</i> FEATURES OF AN ALGORITHMIZATION FOR TWO-DIMENSIONAL CUTTING STOCK PROBLEM WITH RESTRICTIONS	160
<i>A.Y. Khabibullin, L.A. Simonova, I.P. Balabanov</i> APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO REDUCE DATA TRAFFIC IN CAR HARNESS WIRES	164

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

<i>V.I. Vinogradov, T.B. Volkova</i> INFORMATION SYSTEM OF MEDIUM-TERM STORAGE OF ELECTRONIC DOCUMENTS OF VARIOUS TYPES	168
<i>M.R. Tikhonov, O.S. Shikula, M.D. Belyakova</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR ASSESSING THE STABILITY OF PROCESSES	173

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

<i>A.M. Dergachev, O.V. Doronin, K.I. Doronina, A.G. Gurianova, P.V. Balakshin, T.A. Markina</i> DETERMINISTIC THREAD MANAGEMENT TOOL BASED ON GOOGLE THREAD SANITIZER	176
--	-----

R.A. Emdikhanov, Yu.N. Smirnov

DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF THE
WORKING PROGRAMS OF THE DISCIPLINES OF THE DIGITAL EDUCATIONAL
ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY 184

A.M. Zamalieva, R.S. Zaripova

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR FORMING ECOLOGICAL CULTURE OF
POPULATION 188

V.S. Osipov, E.A. Seryakova, D.A. Jakovlev. I.S. Zamulin

BUILDING A VIRTUAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR VOCATIONAL
GUIDANCE TESTING IN OIL PRODUCING ENGINEERING 192

A.V. Panteleev, D.A. Salkin, S.D. Shibaikin, N.V. Krokhin, O.I. Pautkina

INVESTIGATION OF THE USE OF GRADIENT BOOSTING TO DETECT NETWORK
ANOMALIES 195

D.A. Khvostov, V.E. Sheyn

IMPLEMENTATION OF A MORTGAGE CALCULATOR TAKING INTO ACCOUNT
ADDITIONAL PAYMENTS 198

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

D.S. Alekseev, R.S. Kozlov

METHOD OF PRACTICAL ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF MEANS
ACTIVE LEAKAGE PROTECTION CONFIDENTIAL INFORMATION ON THE
TECHNICAL CHANNEL 201

ABSTRACTS 205

2.3.3

¹В.С. Минкин, ¹А.В. Репина, ¹Т.Ю. Миракова,
¹А.А. Иванова, ²Р.Х. Шагимуллин

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,
факультет наноматериалов и нанотехнологий, кафедра физики

²главный редактор журнала Научно-технический вестник Поволжья

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВУЛКАНИЗАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

В работе методом ЯМР изучено температурное поведение вулканизатов промышленных жидких тиоколов, отвержденных промышленными вулканизующими агентами: диоксидом марганца, диоксидом свинца и водным раствором бихромата натрия. По найденным температурным зависимостям ширины линии ЯМР определены температуры стеклования вулканизатов. Сравнение температурных зависимостей вулканизатов с температурным поведением исходного ПСО позволило определить особенности строения образующейся вулканизационной сетки олигомеров, что особенно важно для их дальнейшей эксплуатации на практике.

Ключевые слова: полисульфидный олигомер, комплексообразование, плотность цепей полимерной сетки.

Исследование структуры вулканизатов промышленных жидких тиоколов (полисульфидных олигомеров ПСО) представляет большой практический интерес за счет широкого использования последних в различных областях машиностроения и строительства.

Физико-механические и эксплуатационные свойства ПСО определяются плотностью цепей вулканизационной сетки и ее однородностью, а дефектность вулканизационных сеток не определяется фиксированием неоднородностей олигомера, поскольку ПСО имеют заданную функциональность, а молекулярно-массовое распределение (ММР) у них близко к наиболее вероятному [1,2].

Метод ЯМР позволяет наиболее полно проследить за изменением характера молекулярного движения в полимерах, установить температурные переходы, происходящие в них, исследовать влияние строения олигомерной цепи, молекулярной массы, способа получения и других факторов на молекулярную подвижность эластомеров [3].

Нами изучено влияние природы вулканизующих агентов и структуры образующейся вулканизационной сетки на изменение молекулярного движения в вулканизатах ПСО на примере промышленного жидкого тиокола НВБ-2 в широком температурном интервале.

Условия получения вулканизатов ПСО существенно влияют на механизм процесса вулканизации, а, следовательно, на структуру и параметры образующихся при этом полимерных сеток. Тип применяемого окислителя может существенно повлиять на процесс формирования структуры полимерной сетки, а, следовательно, на характер температурных переходов последних.

Рецептура вулканизатов ПСО и методика проведения экспериментов приведены в работе [1]. В работе использовались промышленные вулканизующие агенты в виде: водного раствора бихромата натрия ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), промышленных вулканизующих паст №9 на основе MnO_2 и №17 на основе PbO_2 [1,4], а также в виде порошков MnO_2 и PbO_2 .

Различие в структуре вулканизационных сеток должно оказывать влияние на молекулярную подвижность вулканизатов ПСО. Приведенные на рис.1 температурные зависимости ширины линии поглощения ЯМР для вулканизатов, полученных с различными отвердителями, показывают, что в области температур от -70 до $+10^\circ\text{C}$ для всех вулканизатов наблюдается резкий спад кривых, связанный с началом развитого сегментального движения

[4,5] в полимерах. Аналогичные зависимости температурного поведения ширины линии ЯМР наблюдаются и для других концентраций вводимых вулканизующих агентов.

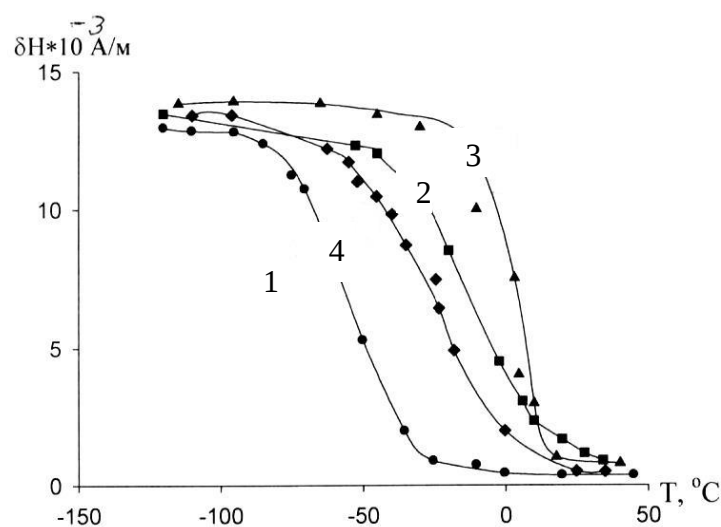


Рис. 1 – Температурная зависимость ширины линии ЯМР исходного ПСО (1) и его вулканизатов, полученных с использованием вулканизующих агентов $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (2), PbO_2 (3), MnO_2 (4). Коэффициент избытка вулканизующего агента равен 2,0.

Сравнение температурных зависимостей ширины линии ЯМР для исходного полисульфидного олигомера и его вулканизатов показывает, что в процессе вулканизации происходит заметное торможение движений макромолекул в образце, поскольку интервал резкого сужения ширины линии ЯМР смещается в сторону более высоких температур для всех исследованных вулканизатов и становится более растянутым. Это связано не только со снижением способности к конформационным превращениям, но и с большими временами релаксации отдельных кинетических единиц. Обычно начало сегментального движения в полимерах определяют по температуре резкого сужения ширины линии ЯМР (T_c^y) [3,4].

Экспериментально найденные значения T_c^y оказываются зависящими от типа вулканизующего агента и его дозировки. При использовании MnO_2 или PbO_2 независимо от их дозировки значения T_c^y лежат ниже, чем для вулканизатов с использованием $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (табл.1). Это можно объяснить либо меньшей плотностью сетки, либо пластифицирующим эффектом дибутилфталата вводимого в герметик в составе вулканизующих паст. Действительно, плотность сетки при использовании MnO_2 ниже, чем для вулканизатов, полученных с применением $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (табл.1). T_c^y для вулканизатов, полученных с использованием $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, полностью коррелируют с изменениями плотности сетки в зависимости от концентрации вулканизующего агента: минимальные значения T_c^y соответствуют максимально наблюдаемым $v_{\text{эфф}}$ и $v_{\text{хим}}$. При использовании MnO_2 такая корреляция отсутствует, поскольку при одновременном экстремальном изменении плотности полимерной сетки происходит равномерное монотонное увеличение количества пластификатора в системе. Причем с возрастанием коэффициента избытка (n) вулканизующего агента количество вводимого дибутилфталата становится существенным (г/100г полисульфида):

n	1,0	2,0	3,0	4,0
Количество ДБФ	3,2	6,5	9,7	13,0

Таблица 1 Плотности цепей молекулярных сеток и величины T_c^* вулканизатов ПСО в зависимости от типа, дозировки и способа применения окислителя

Вулканизирующий агент	MnO ₂				Водный раствор Na ₂ Cr ₂ O ₇				PbO ₂		
Избыток окислителя	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
$\nu \cdot 10^4$ моль/см ³											
Эффективных	0,77	2,27	2,15	1,60	2,30	3,30	3,0	2,77	0,62	1,345	1,26
Химических (1)*	0,20	1,15	1,05	0,80	0,25	1,58	1,4	1,17	0,46	0,82	0,62
Химических (2)*	0,09	0,14	0,14	0,18					0,10	0,20	0,16
$T_c^*, ^\circ\text{C}^*$											
(1)*	-30	-26	-22	-12	-20	-10	-18	-15	-5	0	+4
(2)*	-42	-26	-32	-18					-32	-10	-14

*Цифра 1 означает, что окислитель вводится в виде промышленных паст, 2 – в виде порошка.

Мы попытались связать между собой найденные по методике [4,5] из температурных зависимостей спектров ЯМР значения температур резкого сужения линии ЯМР - T_c^* , которые характеризуют температуру стеклования вулканизатов, с параметрами полимерных сеток вулканизатов. Оказалось, что содержание вулканизирующего агента определяет как плотность цепей сетки, так и значения T_c^* (табл.1).

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что величина T_c^* коррелирует с параметрами сетки только для вулканизатов, полученных с использованием в качестве вулканизирующего агента водного раствора бихромата натрия. При использовании диоксидов свинца и марганца в виде промышленных вулканизирующих паст такая корреляция отсутствует. Более того, повышение содержания пластификатора (дибутилфталата), вводимого в вулканизаты в составе вулканизирующих паст, не приводит к ожидаемому снижению величины T_c^* . Напротив, с увеличением содержания вулканизирующей пасты, а, следовательно, и количества пластификатора, значения T_c^* смещаются в область более высоких температур.

Иной характер имеет зависимость T_c^* от плотности цепей сетки для вулканизатов, полученных в отсутствие пластификатора. В этом случае наблюдается четкая корреляция изменения температуры сужения линии ЯМР и значений плотностей полимерных сеток: максимальные значения T_c^* во всех случаях соответствуют максимально наблюдаемым $\nu_{\text{эфф}}$ и $\nu_{\text{хим}}$. Этот факт может быть связан с тем, что для каждого вулканизирующего агента образуется своя характерная структура вулканизационной сетки. При этом оказывается, что введенный в составе вулканизирующих паст пластификатор, может существенно повлиять на процесс формирования полимерных сеток. Поэтому области перехода на температурных зависимостях ширины линии δH и найденные температуры сужения T_c^* для вулканизатов, полученных с пластификатором, могут определяться не только густотой пространственной сетки, как в случае порошкообразных окислителей, но и микроструктурой полимера, наличием локальных жестких фрагментов, которые могут оказывать заметное влияние на молекулярную подвижность цепей, но не вносить вклада в плотность химических цепей полимерной сетки. К их числу могут относиться установленные ранее нами адсорбционные связи макромолекул с диоксидами металлов, роль которых особенно велика при использовании гетерогенных окислителей: MnO₂ и PbO₂ [5]. При этом различное поведение

вулканизатов, проявляющееся по температурным зависимостям спектров ЯМР, связывается с разной степенью локализации окислителя в системе. Процессы формирования сетки из ПСО в присутствии вулканизирующей пасты на основе MnO_2 и без пластификатора будут различными: введение MnO_2 в состав композиции в виде гомогенной пасты, которая достаточно однородно распределяется по всему объему, способствует более полному превращению концевых групп олигомера, чем в случае применения такого же количества порошкообразного окислителя. При этом возрастает роль специфической адсорбции макромолекул на твердых поверхностях двуокиси марганца. В свою очередь наличие пластификатора в системе может оказывать влияние на число образующихся донорно-акцепторных связей за счет возможной координации атомов полимерной цепи и атомов марганца. Так, рассчитанные значения вторых моментов для вулканизатов, полученных с использованием вулканизирующей пасты, при низких температурах имеют большее значение, чем таковые в случае использования порошкообразного окислителя (26,2 и 20,1 Гс² соответственно); возрастание роли адсорбционных явлений в системах с пастообразной MnO_2 подтверждается также и по ранее найденным тепловым эффектам процесса вулканизации ПСО, а также по значениям параметров вулканизационной сетки [6].

Из литературных данных известно [6], что в процессе вулканизации ПСО диоксидами металлов развиваются процессы циклизации, особенно заметные при использовании диоксида свинца. Согласно этим данным образующиеся циклические соединения способны играть роль пластификатора и образовывать золь-полимер. Судя по полученным нами данным можно полагать, что при использовании диоксида свинца в виде вулканизирующей пасты процесс циклообразования затрудняется, при этом формируется сетка с достаточно высокой плотностью цепей. Это должно приводить к связыванию циклических структур в общей системе формирующейся сетки [1,2]. Следовательно, и для данных вулканизатов специфика их получения будет, в основном, определять их структуру, что также должно оказывать влияние на область наблюдаемых температурных переходов в ширине линии ЯМР.

Таким образом, корреляция $T_c^{\text{я}}$ с параметрами сетки наблюдается при использовании бихромата натрия и диоксидов свинца и марганца если при использовании последних создаются условия формирования однородной редко-сетчатой структуры. Введение пластификаторов, если эти вулканизирующие агенты применяются в виде промышленных паст, существенно улучшают условия для формирования полимерной сетки. Поэтому при сравнительно небольшом содержании пластификатора ($n=1,0-3,0$) значения $T_c^{\text{я}}$ закономерно смещаются в область более высоких температур в соответствии с повышением плотности цепей сетки.

При введении пластификаторов (в случае использования MnO_2 и PbO_2 в виде вулканизирующих паст) существенно улучшаются предпосылки образования более плотной полимерной сетки. В этом случае лишь при сравнительно небольшом содержании пластификатора значения $T_c^{\text{я}}$ также закономерно смещаются в область высоких температур в соответствии с повышением плотности цепей вулканизирующей сетки. В то же время характер зависимости между $T_c^{\text{я}}$ и $v_{\text{эфф}}$ и $v_{\text{хим}}$ или отсутствие определенной корреляции между ними могут служить критерием для оценки относительной однородности молекулярных сеток вулканизатов ПСО и наличия достаточно сильных специфических взаимодействий в системе.

Список литературы

1. *Хакимуллин Ю.Н.* Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение / Минкин В.С., Палютин Ф.М., Дебердеев Р.Я. – М.: Наука, 2007. – 301 с.
2. *Межиковский С.М., Иржак В.И.* Химическая физика отверждения олигомеров – Москва: Наука, 2008. – 400 с.
3. *Слоним И.Я., Любимов А.Н.* ЯМР в полимерах – Москва, 1966. – 300 с.
4. *Minkin V.S., Khakimullin Yu.N., Deberdeev R.Ya., Zaikov G.E.* «Structure and molecular activity of liquid thiokols vulcanisates» in book «Radical and Ion reactions. New York. Nova Science Publishers, Inc», 2001, p.209-215.
5. *Minkin V.S.* NMR in commercial polysulfide oligomers, Kazan, Абак, 1997, p.222.
6. *Minkin V.S., Khakimullin Yu.N., Deberdeev R.Ya., Oshepkov O.Ya., Zaikov G.E.* «Kinetic of the industrial liquid thiokols vulcanization» in book «Radical and Ion reactions. New York. Nova Science Publishers, Inc», 2001, p.107-113.

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

1.2.2

И.Н. Беляева

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», педагогический институт,
факультет математики и естественнонаучного образования,
кафедра информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания,
Белгород, ibelyaeva@bsu.edu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ГРИНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

В работе представлен способ решения краевой задачи на собственные значения. Используя разработанную в системе компьютерных вычислений Maple программу GRESA, для заданного дифференциального уравнения второго порядка была построена функция Грина в виде обобщенных степенных рядов. С помощью найденной функции Грина была решена краевая задача на собственные значения.

Ключевые слова: *функция Грина, дифференциальное уравнение, собственные значения.*

В науке и технике достаточно часто используются дифференциальные уравнения второго порядка [1, 2] вместе с краевыми условиями. В настоящее время для многих краевых задач невозможно получить фундаментальную систему решений в явном аналитическом виде. Разрабатываются различные приближенные численные методы, которые в сочетании с возможностями современных электронно-вычислительных машин дают очень хорошие результаты. Функция Грина [3-8] может применяться при решении краевых задач.

Рассмотрим математическую модель для решения следующей задачи. Необходимо определить наименьшую критическую силу, при которой стержень теряет устойчивость. Продольный изгиб данного стержня имеет форму усеченного конуса [9]. Критическая сила равна произведению модуля Юнга на наименьшее собственное число. Для построения математической модели описывающей форму конуса, используем параметр α . Данный параметр α определяет различие диаметров усеченного конуса.

Согласно приведенной модели, рассмотрим краевую задачу на собственные значения

$$\frac{d}{dx} \left[(1 + \alpha x)^4 \frac{dy}{dx} \right] + \lambda^2 y = 0, \quad (1)$$

в которой заданы следующие однородные краевые условия

$$y(0) = 0, \quad y(L) = 0. \quad (2)$$

Функция Грина обладает следующими свойствами [10]:

- данная функция непрерывна в точке $x = \xi$;
- производная функции Грина в точке $x = \xi$ терпит разрыв, который равен

$$\frac{\partial G(x, \xi)}{\partial x} \Big|_{x=\xi+0} - \frac{\partial G(x, \xi)}{\partial x} \Big|_{x=\xi-0} = \frac{1}{p_0(\xi)},$$

где $p_0(\xi)$ – это коэффициент при второй производной в уравнении (1);

- функции Грина удовлетворяет дифференциальному уравнению (1);
- функции Грина удовлетворяет граничным условиям (2).

Если краевая задача (1)-(2) имеет только тривиальное решение $y(x) \equiv 0$, тогда существует, одна и только одна функция Грина [10].

Была разработана в среде Maple программы GRESA [11], с помощью которой была построена функция Грина и решена задача на собственные значения (1).

Согласно разработанному способу, используя систему компьютерных вычислений, находим два линейно независимых $y_1(x)$ и $y_2(x)$:

$$\begin{aligned} y_1(x) &= \alpha \cos \left[\frac{\lambda}{\alpha(1+\alpha x)} \right] + \frac{\lambda}{1+\alpha x} \sin \left[\frac{\lambda}{\alpha(1+\alpha x)} \right], \\ y_2(x) &= -\alpha \sin \left[\frac{\lambda}{\alpha(1+\alpha x)} \right] + \frac{\lambda}{1+\alpha x} \cos \left[\frac{\lambda}{\alpha(1+\alpha x)} \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Если значения параметра λ не равны собственным значениям, которые получаются при равенстве нулю детерминанта U :

$$U = \begin{vmatrix} y_1(0) & y_2(0) \\ y_1(L) & y_2(L) \end{vmatrix} \neq 0. \quad (4)$$

Тогда при помощи разработанной программы получаем функцию Грина в следующем виде:

$$G(x, \xi) = \begin{cases} G_L(x, \xi), & 0 \leq x \leq \xi \leq L, \\ G_R(x, \xi), & 0 \leq \xi \leq x \leq L, \end{cases} \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} G_L(x, \xi) &= -\frac{\sin[z_1(x, \lambda)] \cdot \sin[z_2(\xi, \lambda)] (\alpha^2 + \alpha^3 x - \alpha^2 x \operatorname{ctg}[z_1(x, \lambda)] \lambda + \lambda^2)}{\sin[z(L, \lambda)] (1 + \alpha \xi) (1 + \alpha x) \lambda^3 (\alpha^2 + \alpha^3 L - \alpha^2 L \operatorname{ctg}[z_1(L, \lambda)] \lambda + \lambda^2)} \\ &\cdot (\alpha^2 + \alpha^3 L + \xi \alpha^3 + \xi \alpha^4 L - \alpha^2 L \operatorname{ctg}[z_2(\xi, \lambda)] \lambda + \alpha^2 \xi \operatorname{ctg}[z_2(\xi, \lambda)] \lambda + \lambda^2), \\ G_R(x, \xi) &= -\frac{\sin[z_1(\xi, \lambda)] \cdot \sin[z_2(x, \lambda)] (\alpha^2 + \alpha^3 \xi - \alpha^2 \xi \operatorname{ctg}[z_1(\xi, \lambda)] \lambda + \lambda^2)}{\sin[z(L, \lambda)] (1 + \alpha \xi) (1 + \alpha x) \lambda^3 (\alpha^2 + \alpha^3 L - \alpha^2 L \operatorname{ctg}[z_1(L, \lambda)] \lambda + \lambda^2)} \\ &\cdot (\alpha^2 + \alpha^3 L + x \alpha^3 + x \alpha^4 L - \alpha^2 L \operatorname{ctg}[z_2(x, \lambda)] \lambda + \alpha^2 x \operatorname{ctg}[z_2(x, \lambda)] \lambda + \lambda^2), \end{aligned}$$

и

$$z(L, \lambda) = \frac{\lambda L}{1 + \alpha L}, \quad z_1(x, \lambda) = \frac{\lambda x}{1 + \alpha x}, \quad z_2(\xi, \lambda) = \frac{\lambda(-\xi + L)}{(1 + \alpha L)(1 + \alpha \xi)}.$$

Собственные значения λ существуют при условии, что определитель (4) не равен нулю $U \neq 0$.

Собственные значения λ находятся из решения следующего трансцендентного уравнения:

$$\lambda^2 - \alpha^2 L \operatorname{ctg} \left(\frac{\lambda L}{1 + \alpha L} \right) \lambda + \alpha^2 + \alpha^3 L = 0. \quad (6)$$

В работе Михлина С.Г. [9] представлена приближенная формула

$$\frac{1}{\lambda^4} = L^4 \left(\frac{1}{90} - \frac{2}{45} \alpha \right) \quad (7)$$

для вычисления наименьшего собственного значения краевой задачи (1). Формула (7) в вычислениях показывает отклонение от точного значения меньше, чем на 5 %.

Было проведено сравнение полученных результатов для конкретных значений параметров $L=1$ и $\alpha=0.01$. При сравнении наименьшего собственного значения, вычисленного по формуле (6) с соответствующими значениями, полученными по формуле Михлина (7). По формуле (6) была вычислена величина собственного значения равная $\lambda=3.17$. А по формуле (7) была получена величина $\lambda=3.11$. Данные величины отличаются менее, чем на 2 %.

Для иллюстрации полученных результатов, на рисунке 1 представлены графики функций

$$f_1(\lambda) = \lambda^2 + \alpha^2 + \alpha^3 L \text{ и } f_2(\lambda) = -\alpha^2 L \operatorname{ctg}\left(\frac{\lambda L}{1 + \alpha L}\right) \lambda.$$

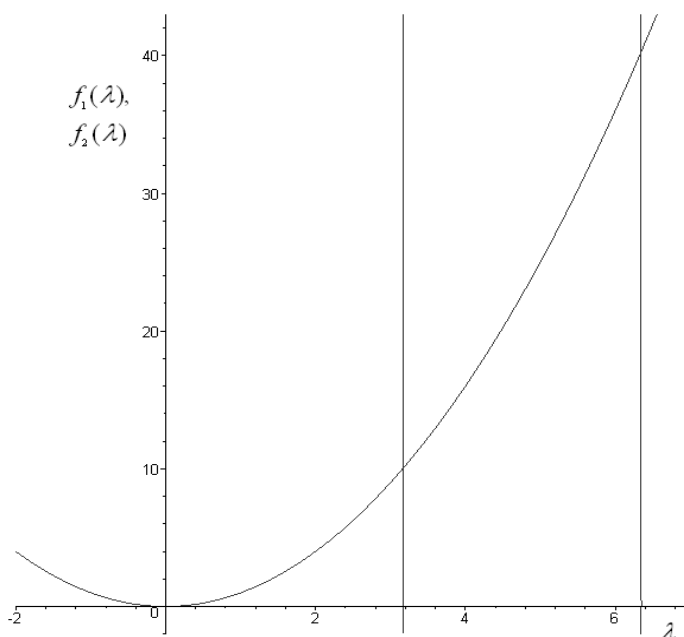


Рис.1 – Графики функций $f_1(\lambda)$ и $f_2(\lambda)$.

Из точек пересечения графиков функций $f_1(\lambda)$ и $f_2(\lambda)$ можно также найти величины первых собственных значений, которые согласуются с полученными выше результатами.

Список литературы

1. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 2013. 596с.
2. Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Физматлит, 2001. 576с.
3. Красильников П.С. Прикладные методы исследования нелинейных колебаний. М.-Ижевск.: АНО НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2015. 528с.
4. Сансоне Дж. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Т. 2. Москва: Издательство иностранной литературы, 1954. 416 с.
5. Курант Р. Методы математической физики. Т. 2. Москва-Ленинград: ГТТИ, 1945. 671 с.
6. Морс Ф.М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. Т. 1. Москва: Иностранная литература, 1958. – 930 с.
7. Морс Ф.М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. Т. 3. – Москва: Иностранная литература, 1958. – 886 с.
8. Привалов И.И. Интегральные уравнения. Москва-Ленинград: ОНТИ, 1937. 248 с.
9. Михлин С.Г. Приложения интегральных уравнений к некоторым проблемам механики, математической физики и техники. Москва-Ленинград.: ОГИЗ. Издательство технико-теоретической литературы, 1947. 304 с.
10. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Интегральные уравнения. – Москва: Наука. – 1976. – 216 с.
11. Беляева И.Н. Чеканов Н.А. Программа построения функции Грина для дифференциального уравнения второго порядка. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011616934. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 07.09.2011.

1.2.2

А.В. Волков¹ канд. техн. наук, А.А. Горбунов² канд. техн. наук, Е.В. Заварцева¹,
А.А. Александров³, А.С. Карякин³

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарева, Институт электроники и светотехники,

¹кафедра информационной безопасности и сервиса

²заведующий кафедрой светотехники

³кафедра светотехники;

elsoldador@rambler.ru, alexd@mail.ru, zavartseva-ev@rambler.ru, antonaalex@gmail.com,
ankar82@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА НА ПОРОГОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Моделирование и последующий анализ режима работы натриевой лампы высокого давления при появлении акустического резонанса является актуальной задачей. Анализ потребляемой мощности натриевой лампы высокого давления позволяет определить изменения, происходящие в лампе в зависимости от частоты появления акустического резонанса, а также возможные спектральные распределения различных гармонических составляющих, возникающих при различных значениях пиковой мощности. Для исследования потребляемой мощности необходимо определить значения напряжения и тока в течение положительного полупериода питающего напряжения. В статье рассматривается методика определения потребляемой пиковой мощности на различных частотах акустического резонанса.

Ключевые слова: пиковая мощность, акустический резонанс, натриевая лампа, математическая модель.

1. Введение

Чтобы провести анализ акустического резонанса, частота источника питания должна быть равна частоте акустического резонанса самой лампы. Однако на самом деле, чтобы преодолеть быстрое затухание амплитуды акустического резонанса, мощность, подаваемая на этой частоте, должна превышать пороговое значение. Это значение, как правило, не является известной величиной; чтобы определить его, необходимо провести анализ и последующее математическое моделирование.

2. Постановка задачи моделирования

Зная пороговую мощность акустических резонансов, мы можем знать возможные спектральные распределения гармонических составляющих потребляемых мощностей в разрядной лампе и выбирать подходящие режимы управления работой лампы [1].

Обычный метод оценки пороговых мощностей заключается в подключении к лампе тока низкой частоты F_c с постоянной амплитудой тока I_c с синусоидальным напряжением частоты F_s ($F_s > F_c$) и амплитудой U_{sm} . Первым источником является поддержание разряда, а вторым - возбуждение акустического резонанса. На рисунке 1 показана структурная схема источника питания, состоящая из преобразователя тока, подключенного параллельно источнику синусоидального напряжения для возбуждения акустических резонансов, которые мы использовали для нашего исследования. В эксперименте настраиваем источник тока на постоянную амплитуду равную 1,5 А и частоту 20 Гц, затем изменяем частоту синусоидального источника от 0 Гц до 100 кГц [3].

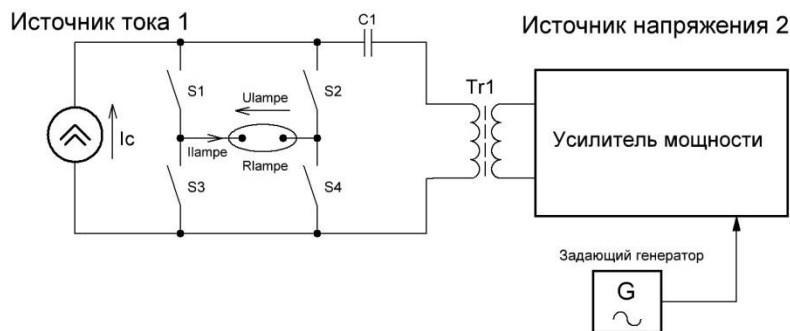


Рис. 1 Схема источника питания для возбуждающих акустических резонансов

Для оценки пиковой мощности, необходимой для возбуждения резонанса, мы сначала изучаем полные мощности, вводимые в лампу, а затем мгновенное значение мощности. Выражение напряжения и тока лампы в течение положительного полупериода можно записать:

$$U_{Lampe} = U_C + U_{Sm} \sin(\omega_S t) \quad (1)$$

$$I_{Lampe} = I_C + I_{Sm} \sin(\omega_S t) \quad (2)$$

Затем мы получаем мгновенную мощность, подаваемую в лампу в течение низкочастотного периода:

$$\begin{aligned} P_{Lampe}(t) &= U_{Lampe} I_{Lampe} \\ &= \left(U_C I_C + \frac{U_{Sm} I_{Sm}}{2} \right) + (U_C I_{Sm} + U_{Sm} I_C) \sin(\omega_S t) - \frac{U_{Sm} I_{Sm}}{2} \cos(2\omega_S t) \\ &= P_0 + P_1 \sin(\omega_S t) - P_2 \cos(2\omega_S t) \end{aligned} \quad (3)$$

В уравнении (3) полная мгновенная мощность в лампе состоит из средней мощности, «гармонических составляющих» мощностей P_1 и P_2 на частоте ω_S и $2\omega_S$ соответственно. Таким образом, мы характеризуем значение «пороговой мощности» P_s акустических резонансов на гармоническую мощность P_1 на частоте ω_S .

На схеме питания (рисунок 1) у нас есть два источника питания, подающих электроэнергию на одну и ту же лампу. В результате чего мы узнали, что текущая статическая характеристика напряжения натриевой лампы высокого давления представляет собой практически прямую линию на большом интервале вокруг номинальной работы.

В полуволне периода изменение напряжения высокочастотного синусоидального сигнала вокруг фиксированной рабочей точки определяется вольт-амперной характеристикой самой лампы. Мы можем считать, что эквивалентное сопротивление этим двум источникам питания одинаково. Тогда пороговая мощность P_s может быть записана:

$$P_s = U_C I_{Sm} + U_{Sm} I_C = R I_C U_{Sm} / R + U_{Sm} I_C = 2 U_C I_{Sm} \quad (4)$$

В уравнении (3), полная мощность также содержит гармонику на частоте $2\omega_S$. Таким образом, в процедуре возбуждения акустических резонансов мы должны обеспечить, чтобы ее амплитуда оставалась всегда низкой, чтобы не вызывать акустические резонансы. Действительно, если сопротивление лампы составляет 60 Ом и амплитуда тока I_C равна 1,5 А, в соответствии с пороговым уравнением мощности (4) амплитуда синусоидального напряжения для гармонической мощности P_1 150 Вт равна 50 В. Поэтому гармоническая мощность P_2 на частоте $2\omega_S$ будет равна $U_{Sm}^2 / (2R) = 20$ Вт. Это значение достаточно мало для удовлетворения нашего состояния. В работе [2,3], при появлении акустических резонансов, P_2 также составляет лишь 15% от P_1 .

Измеряя два параметра: I_C постоянного тока и синусоидальное напряжение U_{Sm} , мы можем определить амплитуду мощности P_s , необходимой для порога, который запускает акустический резонанс. В эксперименте мы поддерживали амплитуду I_C тока и регулировали напряжение переменного тока U_{Sm} до появления деформации дуги, вызванной акустическим резонансом. Частота синусоидального источника изменяется от 0 до 100 кГц.

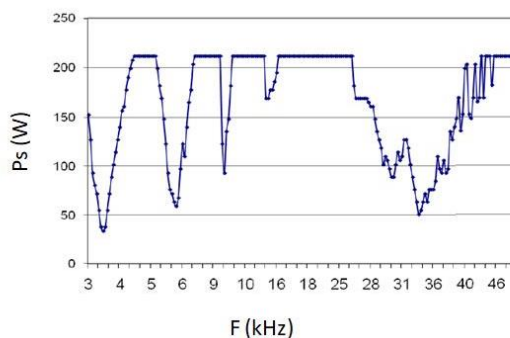


Рис. 2 Порог акустического резонанса на разных частотах в зависимости от мощности

На рисунке 2 показан пример экспериментальных результатов, которые обеспечивают пороговую мощность для лампы 150 Вт. Кривая включает несколько областей с минимальной мощностью возбуждения. Самая низкая мощность составляет около 6 кГц, где акустический резонанс очень сильный, а лампа очень нестабильна. Тогда все распределения мощности ниже этого минимального значения должны позволять полностью избегать акустических резонансов. Однако гармонические составляющие мощности, вводимые в лампу выбранным источником питания, должны адаптироваться к профилю мощности возбуждения лампы.

Выводы

В результате исследований мы обнаруживаем, что для этого типа ламп существуют «зоны» без акустического резонанса, что, следовательно, теоретически может обеспечить стабильную работу. Однако эта модель получена на основании экспериментальных данных. В действительности эти характеристики далеки от фиксированных и могут меняться с подаваемой мощностью, а также с возрастом лампы (из-за изменения температуры разряда в зависимости от мощности, а также от состава газов во времени жизни лампы). Следовательно, для выбора эффективного источника питания мы обязаны в реальном времени определять акустические резонансы по параметрам лампы в результате моделирования. Данные измерения необходимы для демонстрации влияния гармонической мощности на измеренную пороговую мощность и характеристики параметрических изменений лампы в случае акустического резонанса.

Список литературы:

1. Волков А.В. Автоматизация контроля и испытаний газоразрядных ламп на основе статистического анализа временных рядов, нейронных сетей и SCADA -технологий: дисс. канд. тех. наук. – Пенза, 2019. – 266 с.
2. Sylvain Epron, « Etudes et effets des oscillations acoustiques dans les lampes à décharge haute pression », thèse de doctorat en génie électrique en 1999, université Paul Sabatier, Toulouse, France.
3. de Groot J., Van Vliet J. The high pressure sodium lamp. – 1986. – Kluwer technische boeken B.V., Deventer. – 338 p.
3. Witting H.L. Acoustic resonances in cylindrical high-pressure arc discharges // Journal of Applied Physics. – May 1978. – Vol. 49, No 5. – P. 2680-2683.

1.2.2

Е.В. Гусев канд. техн. наук, А.П. Князев, А.П. Кононенко

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Кафедра 610 «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем»

Москва, ccg-gus@mail.ru, knyazev.aleksey2001@yandex.ru, konenych@gmail.com

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПЕРЕЛЁТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЁТА НА ЛУНУ

В данной статье рассмотрена задача моделирования космического полета, на основе которой произведён расчёт траекторий межпланетных перелётов. По результатам исследования была определена наиболее эффективная траектория полета на Луну с точки зрения массового расхода топлива.

Ключевые слова: полет к Луне, оптимальная траектория, гомановская траектория, биэллиптическая переходная орбита.

Целью данной работы является определение траектории перелёта от Земли к Луне, требующей наименьшего количества массы топлива.

Моделирование полётов происходит на примере ещё не состоявшегося пуска космического аппарата «Луна-25», данные по которому были получены из [1].

Двумерная симуляция Солнечной системы включает в себя 11 объектов: Солнце, Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Луну и систему, состоящую из ракеты-носителя Союз 2.1б и космического «Луна-25». Все объекты гравитационно взаимодействуют друг с другом.

Было смоделировано 3 перелёта к Луне:

- а) по долетной траектории;
- б) по облетной траектории;
- в) по биэллиптической переходной орбите.

Схемы данных перелётов представлены на рисунке 1.

План полёта по гомановским переходным орбитам:

- 1) вертикальный взлёт РН;
- 2) выход на орбиту 180 км вокруг Земли;
- 3) первый импульс для перелёта к Луне;
- 4) корректировка при подлёте к Луне;
- 5) второй импульс для выхода на орбиту 100 км вокруг Луны;
- 6) снижение перицентра орбиты до 18 км;
- 7) торможение и посадка на поверхность Луны.

Расчет импульсов для гомановских переходов происходит по следующим формулам [2]:

$$\Delta V = V_1 \left(\sqrt{\frac{2\bar{r}}{\bar{r} + 1}} - 1 \right) (1), \Delta V' = V_1 \frac{1}{\sqrt{\bar{r}}} \left(1 - \sqrt{\frac{2}{\bar{r} + 1}} \right) (2)$$

где V_1 – орбитальная скорость исходной орбиты, $\bar{r} = r_2/r_1$ – отношение радиусов орбит.

План полёта по биэллиптической переходной орбите:

- 1) вертикальный взлёт РН;
- 2) выход на орбиту 180 км вокруг Земли;
- 3) первый импульс для перелёта к Луне;
- 4) второй импульс;
- 5) корректировка при подлёте к Луне;
- 6) третий импульс для выхода на орбиту 100 км вокруг Луны;
- 7) снижение перицентра орбиты до 18 км;
- 8) торможение и посадка на поверхность Луны.

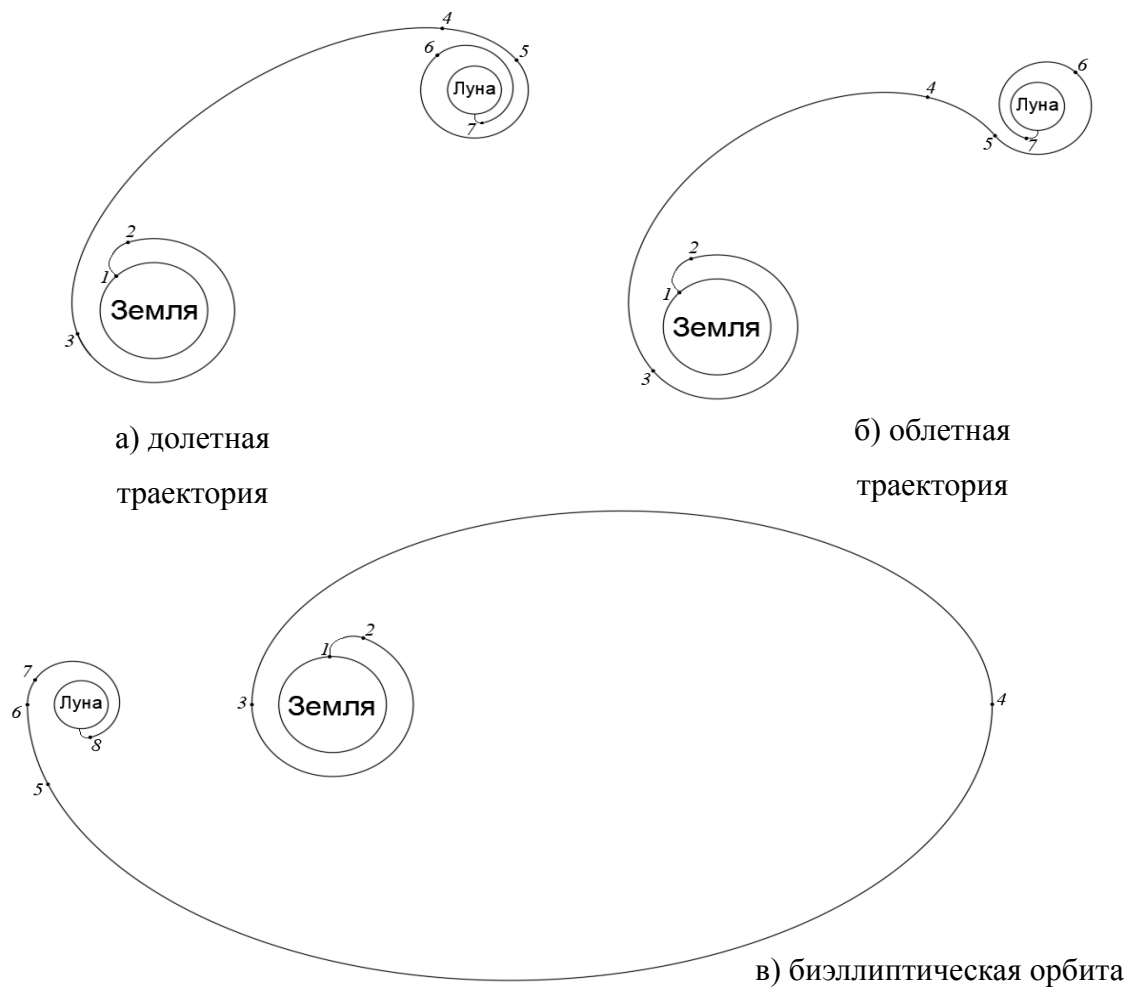


Рис.1 – Траектории перелётов к Луне

Расчет импульсов для биэллиптического перехода происходит по следующим формулам [3]:

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{2\mu}{r_1} - \frac{\mu}{a_1}} - \sqrt{\frac{\mu}{r_1}} \quad (3), \Delta V_2 = \sqrt{\frac{2\mu}{r_b} - \frac{\mu}{a_2}} - \sqrt{\frac{2\mu}{r_b} - \frac{\mu}{a_1}} \quad (4)$$

$$\Delta V_3 = \sqrt{\frac{2\mu}{r_2} - \frac{\mu}{a_2}} - \sqrt{\frac{\mu}{r_2}} \quad (5), a_1 = \frac{r_1 + r_b}{2}, a_2 = \frac{r_2 + r_b}{2} \quad (6)$$

где $\mu = GM$ – гравитационный параметр притягивающего тела, r_1 – радиус начальной круговой орбиты, r_2 – радиус конечной круговой орбиты, r_b – радиус общего апоцентра двух эллиптических участков переходной орбиты, a_1 и a_2 – большие полуоси эллиптических участков переходной орбиты.

Блок-схема алгоритма расчёта по разным траекториям полёта представлена на рисунке 2.

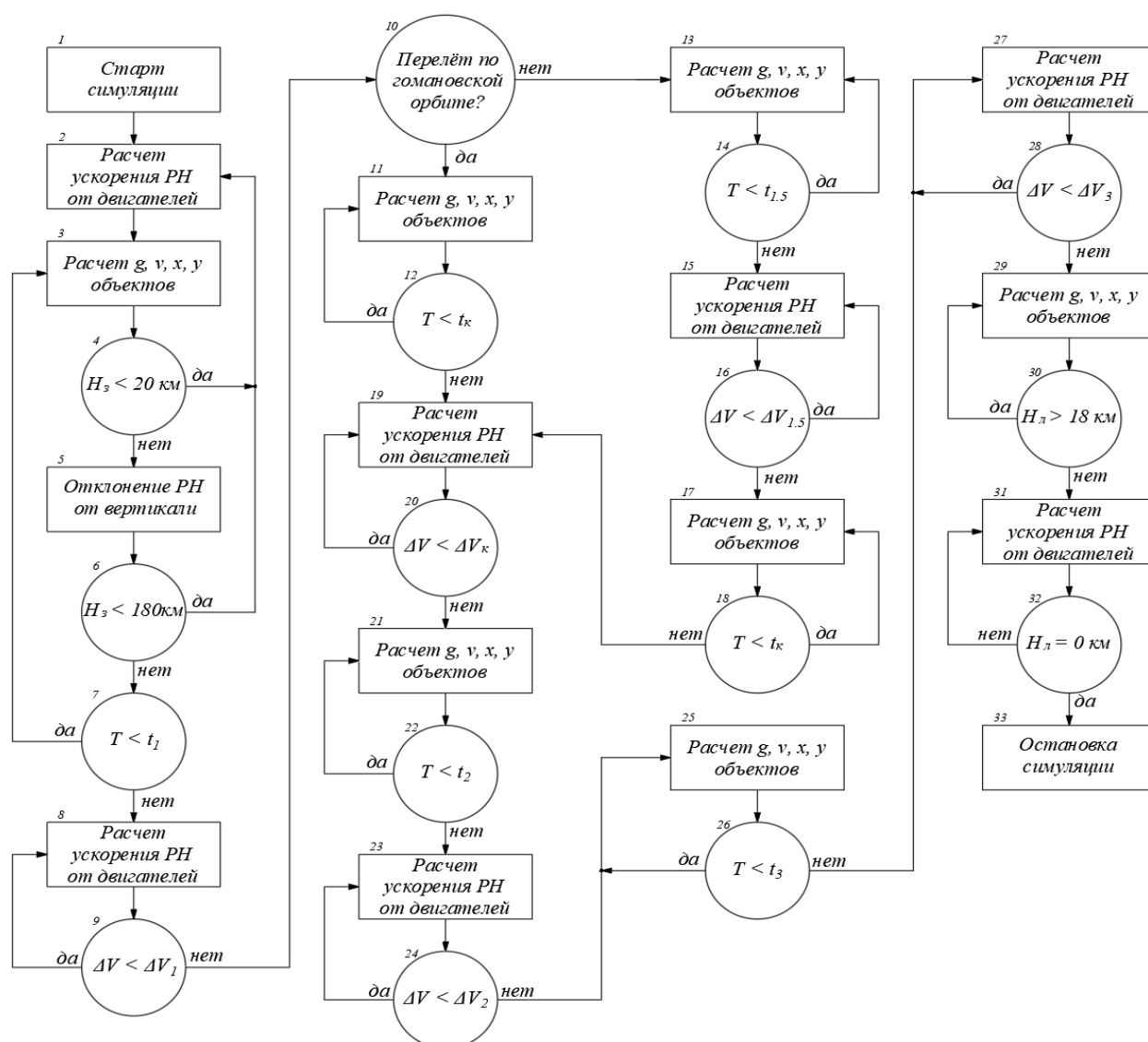


Рис. 2 – Блок-схема алгоритма расчёта полётов

На схеме приняты следующие обозначения: g – ускорения свободного падения каждого объекта, относительно других объектов; v – скорости объектов; x, y – координаты объектов; H_z – высота полёта над поверхностью Земли; H_l – высота полёта РН над поверхностью Луны; T – текущее время симуляции; t_1 – момент времени первого гомановского импульса и первого биэллиптического импульса; t_k – момент времени корректировки при подлёте к Луне; $t_{1.5}$ – момент времени второго импульса биэллиптической переходной орбиты; t_2 – момент времени второго гомановского и третьего биэллиптического импульса для выхода на орбиту 100 км вокруг Луны; t_3 – момент времени понижения перицентра орбиты до 18 км; ΔV – необходимый импульс; ΔV_1 – первые импульсы для соответствующих переходных орбит; $\Delta V_{1.5}$ – второй импульс; ΔV_k – импульс корректировки; ΔV_2 – вторые гомановские и третий биэллиптический импульсы для соответствующих переходных орбит; ΔV_3 – импульс для снижения перицентра орбиты до 18 км.

Итоговые данные по полётам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Полученные данные по полётам

Наименование этапа	Время, t , с	Масса топлива, m , кг	Импульс, Δv , м/с
Долетная траектория			
На старте	0	0	0
Выход на орбиту Земли	1035.95	282052.45	11249.2
Первый импульс,	4158.59	4542.4	ΔV_1 , 3184.55
Корректировка	222096	146.18	ΔV_k , 330
Выход на орбиту Луны	235875	113.73	ΔV_2 , 566.869
Понижение орбиты до 18 км	236904	6.66	ΔV_3 , 17.425
Посадка	240808	231.622	672.562
Суммарные затраты	240808	287093.042	16020.606
Облетная траектория			
На старте	0	0	0
Выход на орбиту Земли	1035.95	282052.45	11249.2
Первый импульс	4192.62	4542.46	ΔV_1 , 3184.68
Корректировка	232164	371.13	ΔV_k , 275
Выход на орбиту Луны	245943	110.96	ΔV_2 , 643.2
Понижение орбиты до 18 км	246972	6.17	ΔV_3 , 17.493
Посадка	250876	204.622	681.798
Суммарные затраты	250876	287287.792	16051.371
Биэллиптическая орбита			
На старте	0	0	0
Выход на орбиту Земли	1035.95	282052.45	11249.2
Первый импульс	4446.42	4578.56	ΔV_1 , 3262.97
Второй импульс	4326850	100.1	$\Delta V_{1.5}$, 230.764
Корректировка	9973950	56.12	ΔV_k , 100.53
Выход на орбиту Луны	9983989	46.18	ΔV_2 , 129.108
Понижение орбиты до 18 км	9985018	7.54	ΔV_3 , 17.396
Посадка	9988922	231.622	671.578
Суммарные затраты	9988922	287072.572	15661.546

Заключение. Наиболее эффективная по критериям время, масса топлива и импульс является долетная траектория. Это следует из функциональной зависимости: $Optim[T] = \min f(t, m, \Delta v)$.

Худшей траекторией является облетная траектория, так как и по времени и по затратам массы топлива она проигрывает остальным. С точки зрения затрат массы топлива биэллиптическая переходная орбита является наиболее выгодной, но времени на такой перелёт требуется в 40 раз больше, нежели остальным. Но учитывая, выгоду лишь в 20 кг топлива, она также не является оптимальной.

Список литературы

1. П.В. Казмерчук, В.К. Сысоев, М.Б. Мартынов, А.Д. Юдин, И.В. Москатиньев. Космический аппарат «Луна-25» – основа новых исследований Луны. – Вестник НПО имени С.А. Лавночкина. 2016. № 34/4 – С. 9-19.
2. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета: Учеб. пособие. – М.: Наука, 1990. – 448 с.
3. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. – М.: БИНОМ. – Лаборатория знаний, 2011. – 407 с.

1.2.2

**А.Е. Лебедев д-р техн. наук, А.В. Оборин, канд. техн. наук,
А.А. Ватагин, Ф.С. Орлов**

Ярославский государственный технический университет – институт инженерии и машиностроения, кафедра технологические машины и оборудования,
кафедра компьютерно-интегрированная технология машиностроения
Ярославль

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В РАЗРЕЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

В статье рассматривается математическое описание процесса переработки дисперсных сред в разреженном состоянии. Предложен общий подход к описанию процесса с использованием вероятного подхода. На основе предлагаемого подхода может быть составлена методика расчета аппаратов, работающих на принципе взаимодействия разреженных потоков.

Ключевые слова: *смешение, струйные потоки, сегрегация, дисперсные среды, фазовый объем.*

Переработка дисперсных материалов в их разреженном состоянии при взаимодействии струйных потоков является одним из наиболее эффективных способов, использующихся в различных отраслях промышленности. На данном принципе осуществляются такие процессы, как смешение и измельчение сыпучих сред, распыление жидкостей, разделение неоднородных систем, гранулирование.

Причиной распространения данного способа является большая поверхность контакта фаз, низкие энергетические затраты и высокая производительность при сравнительно простом аппаратном оформлении. Кроме того, существует немало производств, в которых проведение процесса на принципе взаимодействия струйных потоков – единственный путь получения продукта требуемого качества [1 – 5].

Для перевода материалов в разреженное состояние используются различные типы распыливающих устройств, которых к настоящему времени разработано огромное количество. Однако, несмотря на такое многообразие конструкций устройств для формирования потоков большинство из них не позволяют регулировать параметры распыла, а создаваемые ими потоки имеют неупорядоченную, неравномерную структуру [3, 4].

По этой причине достаточно сложно получить струи требуемой структуры и формы, потоки с одинаковыми параметрами распределения, а тем более с равномерным распределением объемной плотности частиц, что необходимо во многих случаях. Кроме того, сама организация условий взаимодействия струйных потоков способствуют хаотизации движения частиц, образованию застойных зон и областей с неодинаковой концентрацией взаимодействующих материалов. Все это приводит к возникновению таких нежелательных явлений как:

- сегрегация при смешении сыпучих сред;
- слияние капель при распылении жидкостей;
- брызгообразование и отражение частиц, искажающие требуемую картину взаимодействия.

Не менее важным проявлением нерационального организованного взаимодействия потоков является быстрый и неравномерный износ рабочих органов, особенно проявляющийся при больших скоростях движения, например ударном взаимодействии. Одним из путей повышения эффективности технологических процессов, проводимых на данном принципе, является модернизация распылительных устройств с целью обеспечения возможности управления процессами формирования и взаимодействия потоков, что

невозможно осуществить без проведения цикла теоретико-экспериментальных исследований.

Анализ литературных источников посвященных математическому описанию исследуемых процессов показал, что существует достаточно большое число работ, как отечественных, так и зарубежных исследователей, основанных на различных подходах (вероятностный, кибернетический, одночастичный) [2 – 6].

Практически все исследования относятся к решению частных задач, при этом отсутствует единый подход к математическому описанию. Кроме того, ввиду большого количества методов расчета, рекомендации по созданию одного и того же аппарата, предлагаемые различными разработчиками, часто бывают противоречивыми. Известные теоретические работы в большинстве случаев основаны на одночастичном подходе, а более сложные теории не имеют практических приложений.

В связи с вышесказанным, является целесообразным обобщить результаты исследований в различных отраслях и создать общий подход к математическому описанию процессов реализуемых в дисперсном состоянии, что позволит разработать новые высокоэффективные устройства и создать методы их расчета. По причине высокой сложности изучаемых процессов и наличием множества случайных факторов при математическом описании был выбран вероятностный подход, который достаточно эффективно используется при описании схожих процессов.

В отличие от существующих исследований, базирующихся на вероятностном методе, где дифференциальные функции распределения формируются по одной или нескольким линейным координатам или размеру элементов потока, нами предлагается использовать угол отдаления траекторий (рассеивания) частиц от начальной. Такой выбор обоснован формой потоков, расширяющейся от распылителя к периферии.

В общем случае при формировании струйного течения фазовое пространство целесообразно представить в виде случайной скорости (импульса) частицы v_l , ее размера D_l и угла отклонения (рассеивания) ϕ_1 . Индекс «1» будем относить к потоку, формируемому распыливающим органом, а «2» – к отраженному от преграды [7, 8].

Распределение количества элементов разреженного потока dN_l в элементе фазового пространства $d\Gamma_1 = dv_1 dD_1$ уменьшается по экспоненциальной зависимости:

$$dN_1 = A_1 \exp(-E_1 \cdot E_{01}^{-1}) d\Gamma_1. \quad (1)$$

где E_{01} – энергетическая постоянная, A_1 – нормировочный множитель. Стохастическая энергия E_l частицы может быть представлена в виде кинетической энергии, энергии взаимодействия с внешней средой и поверхностной энергии:

$$E_1 = E_k + E_{vz} + E_{pov}, \quad (2)$$

с учетом того, что

$$E_k = mv_1^2/2, E_{vz} = mv_y^2/2, E_{pov} = \pi D^2 \sigma. \quad (3)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, ϕ_l – угол отклонения, D_l – случайный размер частицы, v_l – случайная скорость частицы, v_y – поперечная составляющая случайной скорости, v_2 – случайная скорость частицы в потоке, отразившемся от отбойного органа.

Согласно предложенному распределению количества элементов потока в $d\Gamma_1$, имеется возможность сформировать выражение для дифференциальной функции распределения числа элементов потока по углу отклонения ϕ_1 в выбранном фазовом объеме $d\Gamma'_1 = dv_1 dD_1$:

$$f_1(\phi_1) = \frac{1}{N_1} \int_{D_{1\min}}^{D_{1\max}} \int_{v_{1\min}}^{v_{1\max}} A_1 \exp(-E_1(\phi_1, D_1, v_1)/E_{01}) dv_1 dD_1. \quad (6)$$

Наиболее вероятный угол отклонения можно определить из зависимости:

$$\phi_1^{cp} = \frac{1}{N_1} \int_{\Gamma} \phi_1 dN_1. \quad (7)$$

Следующей фазой исследования является определение параметров движения расширяющихся потоков за разбрасывающими органами. Несмотря на то, что в практически во всех проводимых процессах можно считать, что исходное распределение частиц в потоке сохраняется по всей его длине, существуют случаи, когда отклонения распределения частиц по сечению потока отличны от первоначального. Это происходит при движении струйных потоков в центробежно-ударных мельницах и устройствах, имеющих воздушную классификацию. Вызвано это влиянием на частицы аэродинамических сил, а также столкновениями между частицами. Это приводит к искажению первоначально сформированной структуры потока [6].

С целью учета вышеописанных явлений был предложен метод корректировки дифференциальной функции распределения количества элементов потока по углам отклонения, согласно которому капли и твердые частицы при движении отклоняются от оси потока, величина отклонений изменяется в зависимости от расстояния.

Представим случайный угол отклонения в виде:

$$\phi_1^p = \phi_1 + \phi_1^{st} + \phi_1^v. \quad (8)$$

Величины, учитывающие изменение угла отклонения, определим из выражений:

$$\phi_1^{st} = \arctg(K_v \cdot \tg \phi_1)(K_p s_L)^{-1}, \phi_1^v = s_L \cdot K_\phi \cdot K_{pv}. \quad (9)$$

где K_p и K_{pv} – коэффициенты, характеризующие тип разбрасывающего органа, s_L – расстояние от распылителя, K_ϕ – параметр формы частиц.

Тогда:

$$\phi_1^p = \phi_1 + \arctg(K_v \cdot \tg \phi_1)(K_p s_L)^{-1} + s_L \cdot K_\phi \cdot K_{pv}. \quad (10)$$

При реализации многих процессов с целью их интенсификации и снижения габаритов аппаратов целесообразно организовывать столкновение сформированных потоков с отбойниками и преградами. Предложено рассматривать отраженный дисперсный поток, как сформированный в момент столкновения. Расчетная схема процесса показана на рис. 1. Разбрасывающий орган 1 создает поток 2, падающий на отбойник 3, в результате чего формируется поток 4.

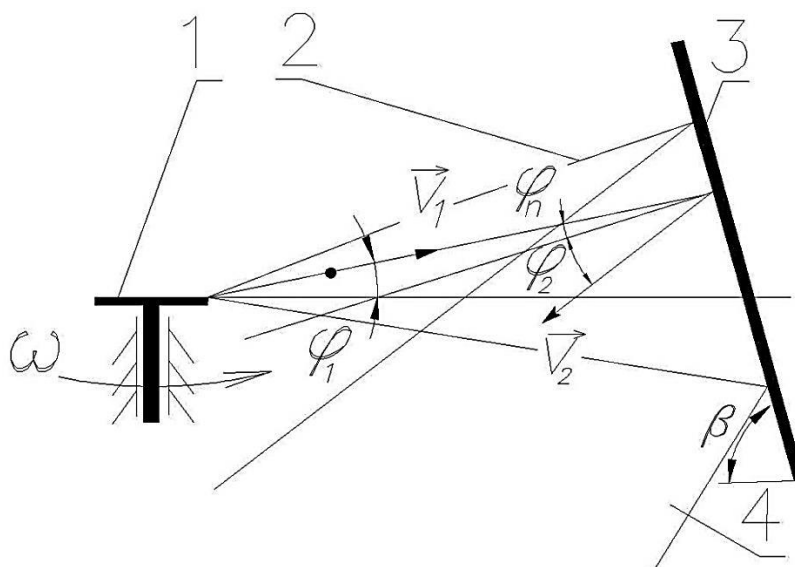


Рис. 1 – Расчетная схема взаимодействия твердых частиц с поверхностью наклонного отбойного элемента: 1 – разбрасывающий орган, 2 – набегающий поток, 3 – отбойник, 4 – отраженный поток

Зависимость между ϕ_2 и ϕ_1 определим из формул:

$$K = \operatorname{tg} \phi_2 \operatorname{tg}^{-1} \phi_n, \phi_n = \pi/2 - \phi_1 - \beta. \quad (11)$$

Следовательно, для угла рассеивания будем иметь:

$$\phi_1 = \pi/2 - \beta - \phi_2/K. \quad (12)$$

Подстановка (12) в (6) позволяет получить формулу для дифференциальной функции распределения числа частиц по углам отражения $f_2(\phi_2)$.

Предлагаемое математическое описание процессов формирования, движения и взаимодействия разреженных потоков позволяет описать процессы смешения и ударного измельчения сыпучих сред, распыливания жидкостей, а также переработки неоднородных систем в дисперсном состоянии.

Список литературы

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Таршис М.Ю. Теория и принципы моделирования процесса смешивания сыпучих материалов и создания устройств с гибкими элементами для его реализации: монография / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. - 100 с.
3. Лебедев А.Е. Аппараты для переработки дисперсных сред. Теория и расчет. Монография / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, А.А. Ватагин, С. Суид. – Ярославль : Издат. дом ЯГТУ, 2018. – 132 с. ISBN 978-5-9914-0737-3.
4. Ватагин А.А. Совершенствование процессов смешивания сыпучих сред в аппаратах с подвижной лентой / А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин, А.Б. Капранова, И.С. Гуданов – Ярославль : Издат. дом ЯГТУ, 2022. – 110 с. ISBN 978-5-9914-0964-3.
5. Капранова А.Б. Моделирование процесса смешивания сыпучих сред в центробежном устройстве: монография / А.Б. Капранова, А.И. Зайцев. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010.- 80с.
6. Лебедев А.Е. Дисперсные потоки твердых частиц в ударно-струйных измельчителях материалов. Теория и расчет / А. Е. Лебедев, А. И. Зайцев. - Ярославль: Изд. ЯГТУ, 2012. –83 с.
7. Ватагин А.А. Новые методы снижения сегрегации сыпучих сред при смешении / А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин // Современные задачи инженерных наук – МНТФ Косыгин-2017: сб. научн. трудов VI-й Междунар. науч.-техн. - М.: Изд-во ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». 2017. – Том 3. – С. 436-438.
8. Ватагин А.А. Математическая модель формирования разреженного потока щеточным распылителем / А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова, А.А. Ватагин, Д.Д. Бахаева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 9, с.99-102.

1.2.2

Г.А. Овсенко¹, Р.С. Кашаев¹, О.В. Козелков¹, А.В. Каляшина²¹Казанский государственный энергетический университет²Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)
Казань, galinka.ovseenko@mail.ru**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЕЩЕСТВ**

В работе разработана модель цифрового фильтра двухконтурной системы измерения концентраций веществ в мехатронном комплексе. Для достижения поставленной цели решались задачи построения и расчетов цифровых фильтров двухконтурной измерительной системы, которые являются помехоустойчивыми, и допускают перепрограммирование с целью изменения качества измерения.

Ключевые слова: концентрация, качества измерения, мехатронный комплекс, MatLab, цифровой фильтр, нефти.

Актуальность проблемы заключается в необходимости повышения точности измерительных систем измерения концентрации газа в мехатронном устройстве контроля сырой нефти, строящихся на основе компенсационных систем с обратной связью с применением цифровых технологий. С этой целью в данной работе решались задачи построения и расчетов цифровых фильтров двухконтурной измерительной системы, которые являются помехоустойчивыми и допускают перепрограммирование с целью изменения качества измерения в среде MatLab Simulink[1].

Была разработана структурная схема динамической модели астатической системы, измерения концентрации вещества представлена на рис. 1.

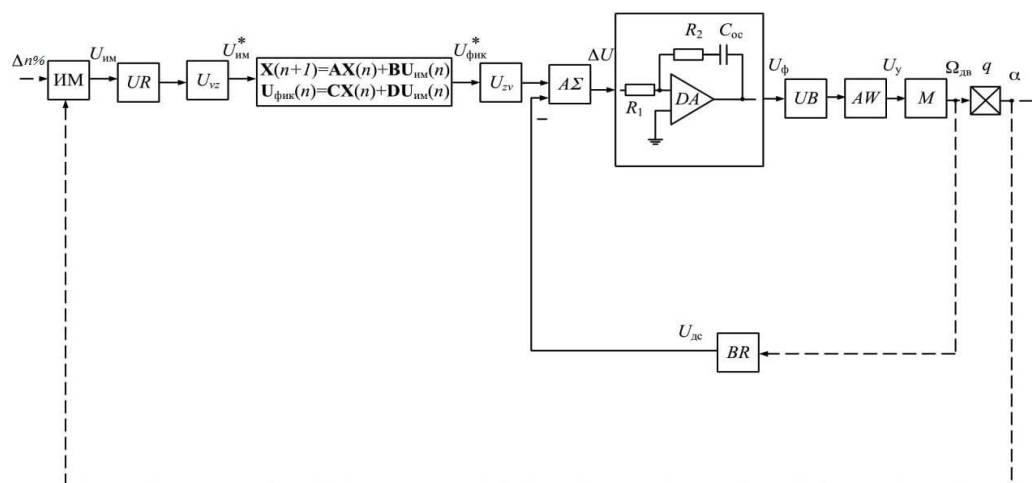


Рис. 1 - Структурная схема динамической модели астатической системы измерения вещества

Принцип действия системы заключается в следующем. При изменении температуры от требуемого значения на величину ΔT изменяется сопротивление терморезистора, который включен в одно из плеч измерительного моста (ИМ). Наступает, раз баланс ИМ и на его выходе формируется сигнал переменного тока $U_{им}$ пропорциональный величине ΔT . Сигнал $U_{им}$ подается на демодулятор, который формирует медленноменяющийся сигнал, величина которого пропорциональна амплитуде входного сигнала, а знак соответствует его фазе.

Был выбран и асинхронный микродвигатель серии ЭМ-25М таблица 1 и рассчитаны его параметры.

Таблица 1

Основные технические данные двигателя серии ЭМ-1М

Тип	P, Вт	n,об/мин	f, Гц	Uy, В	Мдв, Г см	Мп, Гсм	дрот,мм	mрот,кг
ЭМ-25М	25	4200	50	36	570	900	6	0,16

С учетом этих расчетов была построена MatLab Simulink модель внутреннего контура измерительной системы, представлена на рис. 2.

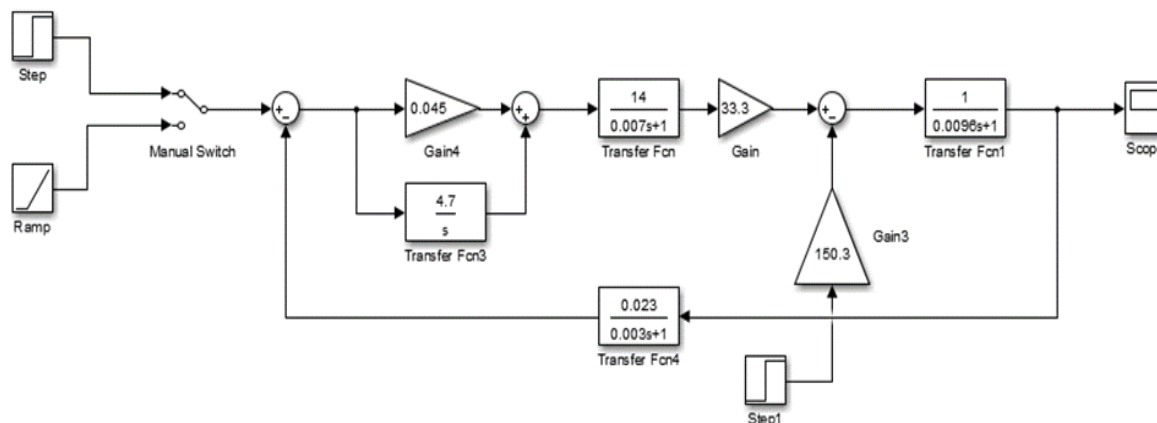


Рис. 2 - Структурная схема динамической модели внутреннего контура измерительной системы в среде MatLab Simulink

Была разработана цифровая модель, которая позволила построить схему программирования. В результате моделирования были получены графики представленные на рис. 3

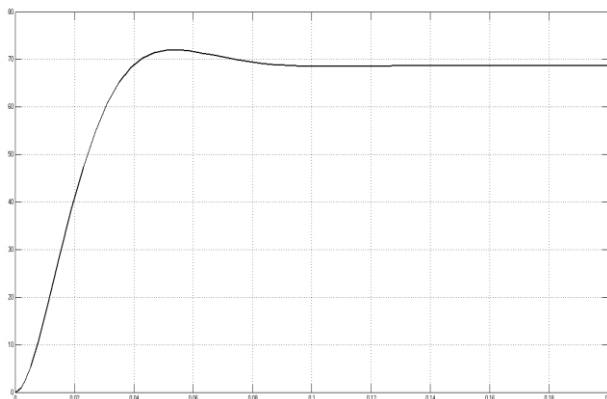
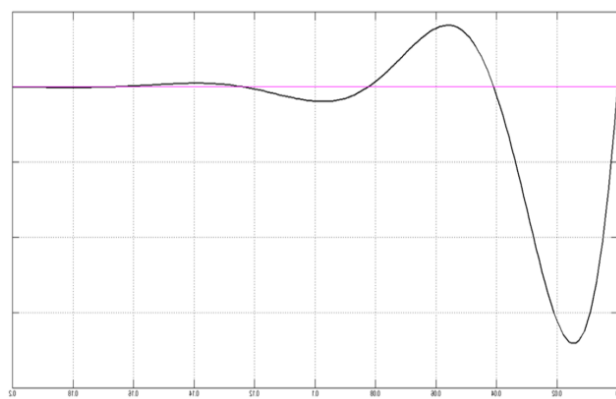


Рис. 3 – Переходный процесс по цепи измерения (график 1)



Переходный процесс по цепи воздействия момента сопротивления (график 2)

Из рис. 3 график 1 переходный процесс по цепи измерения видно, что процесс имеет регулирования 4,5% что соответствует настройки контура оптимум по модулю. Из график 2 следует, что 0,06 секунде, что говорит о компенсации момента составляющей погрешности. Ниже приведен синтез аналогового интегро-дифференцирующего фильтра измерительной системы. Моделирование показало, что интегро-дифференцирующего фильтра рассчитан правильно. После проведена дискретная аппроксимация аналогового фильтра внутреннего контура и аналогового интегро-дифференцирующего фильтра измерительного контура. В основе дискретной аппроксимации лежит схема рис. 4.

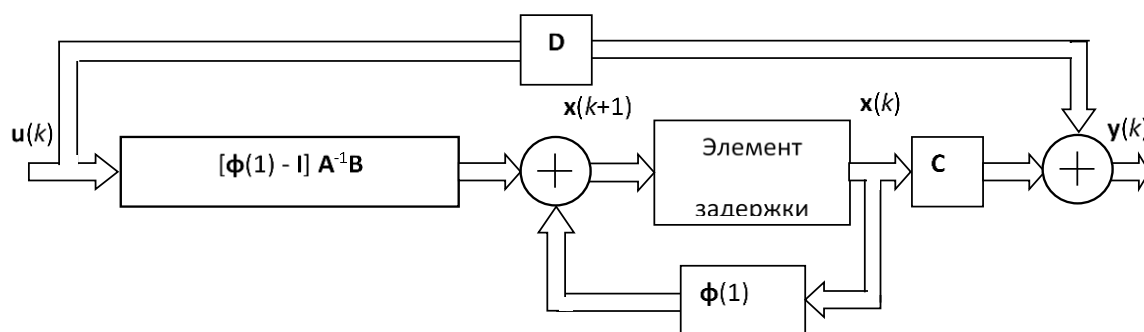


Рис. 4 – Векторная структурная схема цифровой системы с элементом задержки

Для дискретной аппроксимации используют:

-метод Тастина (метод трапеции).

Применяется в MatLab при помощи функции Bilinear

$$\frac{U_{\text{вых}}(n)}{U_{\text{вх}}(n)} = \frac{T^0}{2} * \frac{1 + Z^{-1}}{1 - Z^{-1}}$$

Из этого получаем:

$$S^{-1} = \frac{T^0}{2} * \frac{1 + Z^{-1}}{1 - Z^{-1}}$$

$$W_{\text{пи}}(s) = \frac{K_{\text{пи}}(T_{\text{пи}}S + 1)}{T_{\text{пи}}}$$

$$W(s) = K_{\text{пи}} + \frac{K_{\text{пи}}/T_{\text{пи}}}{S}$$

$$W(S^{-1}) = K_{\text{пи}} + \frac{K_{\text{пи}}}{T_{\text{пи}}} S^{-1}$$

В $W(S^{-1})$ подставляем: $S^{-1} \approx \frac{T_0}{2} \frac{Z+1}{Z-1}$ после чего получаем:

$$W(S^{-1}) = \frac{K_{\text{пи}}(z-1) + \frac{K_{\text{пи}} T_0}{T_{\text{пи}}} (z+1)}{z-1} = \frac{b_1 z + b_0}{z-1}$$

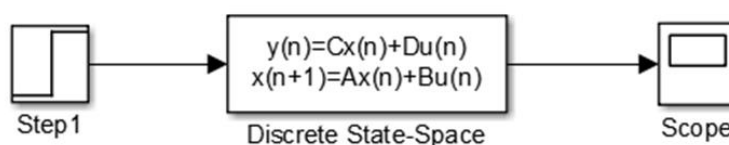
Далее применяется метод непосредственного программирования в результате, которого строится структурная схема цифрового фильтра с элементами задержки Z^{-1} . Для того чтобы провести данную процедуру необходимо определить $W_{\text{пи}}(Z^{-1})$

$$W_{\text{пи}}(Z^{-1}) = \frac{z(b_1 + b_0 Z^{-1})}{z(1 - Z^{-1})} = \frac{U_{\text{пи}}}{\Delta U_{\text{вх}}}$$

$$U_{\text{пи}} = \frac{b_1 + b_0 Z^{-1}}{1 - Z^{-1}} \Delta U_{\text{вх}}$$

$$W_{\text{пи}}(Z) = \frac{b_1 z + b_0}{z-1}$$

По схеме определяется алгоритм работы цифрового ПИ-фильтра в векторно-матричной форме в виде Discrete State-Space.



Результат моделирования показан на рис. 5 в виде графика переходной характеристики измерительной системы цифрового фильтра измерительного контура

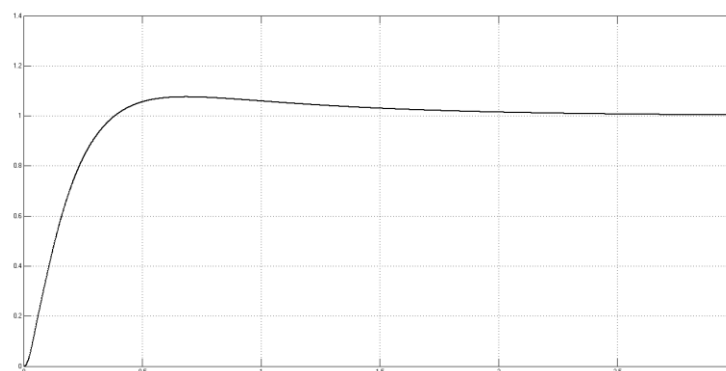


Рис. 5 - Переходная характеристика измерительной системы цифрового фильтра

В результате проведенной работы по оптимизации мехатронного приборно-программного комплекса для контроля свойств сырой нефти фильтра первого порядка можно сделать следующие выводы. Проведенное исследование показало улучшение точностных характеристик прецизионной измерительной системы с цифровым фильтром пятого порядка, что доказывает безусловное преимущество применения цифровых технологий в измерительных системах данного класса [5].

Список литературы

1. Андреев М.В., Рубан Н.Ю., Суворов А.А. Математическое моделирование цифровой дифференциальной защиты трансформера в среде MATLABSIMULINK // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. №1. С.79-84.
2. Погодицкий О.В. Цифровые системы управления // Казанский гос. энергетический ун-т. 2010. С. 85-96.
3. Овсянников С.В., Бошляков А.А. // Проектирование мехатронных систем. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. С. 56-65.
4. Лапшин А.С., Кубалова А.Р., Кубалов Р.И. Анализ, моделирование, экспериментальное исследование и оптимизация фильтра на встречных стержнях микрополосковом исполнении в сборнике // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании II Международная конференция научно-техническая и научно-методическая конференция. 2013. №3. С. 89-93.
5. Ovseenko G.A., Kozelkov O.V., Kashaev R.S. Installation for the crude oil purification from admixtures by electromagnetic fields, driving by analyzer on the base of proton magnetic resonance relaxometry // Proceedings of the International Conference «Process Management and Scientific Developments». Birmingham. United Kingdom. 2021. 215pp.

1.2.2

А.Д. Омарова канд. физ.-мат. наук, Е.В. Гулынина канд. физ.-мат. наук

Филиал ГБОУ ВО «Ставропольский государственный педагогический институт»
в г. Ессентуки, гуманитарно-технический факультет,
кафедра математики, информатики,
Ессентуки, ann.omarova@yandex.ru

**УСЛОВИЕ ЕДИНСТВЕННОСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ И
СХОДИМОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПРИБЛИЖЕНИЙ
К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ
С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМ ВОГНУТЫМ ОПЕРАТОРОМ**

В работе представлены результаты, дополняющие известные условия существования неотрицательного решения уравнений межотраслевого баланса с дифференцируемым вогнутым оператором. Приведено дополнительное условие существования неотрицательного решения операторного уравнения, сформулирована и доказана теорема о сходимости последовательных приближений к решению нелинейных уравнений с дифференцируемым вогнутым оператором. Обозначенные в теореме условия гарантируют более быструю сходимость последовательных приближений к решению нелинейного операторного уравнения с дифференцируемым вогнутым оператором.

Ключевые слова: уравнения с нелинейными операторами, операторное уравнение, неразложимый оператор, спектральный радиус, вогнутость оператора, сходимость последовательных приближений.

Вопросам поиска неотрицательных решений операторных уравнений различного вида, в том числе - уравнений Леонтьева межотраслевого баланса и уравнений межотраслевого баланса, учитывающих возможности утилизации вредных отходов – Леонтьева-Форда, посвящены работы выдающихся математиков: В.В. Леонтьева, Д. Форда, М.А. Красносельского, Г.М. Вайникко, П.П. Забрейко, Я.Б. Рунца, В.Я. Стеценко, Х. Никайдо и других.

При этом, вопросы, связанные с поиском условий существования положительного решения такого вида уравнений, являются актуальными, так как к ним сводится задача межотраслевого баланса в многосекторной экономике.

В данной статье приведем еще одно условие существования и единственности положительного решения операторного уравнения заданного вида, а так же сформулируем и докажем условие сходимости последовательных приближений к решению нелинейного операторного уравнения с дифференцируемым вогнутым оператором.

Рассмотрим операторное уравнение вида:

$$x = F(x) + c. \quad (1)$$

Здесь:

$x \in E$ – неизвестный элемент, подлежащий определению;

$F(x)$ – оператор, областью определения которого является множество $K \subset E$ векторов;

c – заданный вектор из K ;

K – конус в E .

Приведем одно из условий, гарантирующее при каждом $c \geq \theta$, однозначную разрешимость уравнения (1) [1].

Теорема 1. Пусть конус K -телесен и нормален и для некоторого фиксированного вектора u_0 , являющегося внутренним элементом K , т.е. $u_0 \gg \theta$ и некоторого постоянного q : $0 \leq q < 1$ выполняется неравенство

$$F(u_0) \leq qu_0. \quad (2)$$

Пусть оператор $F(x)$ - вполне непрерывен.

Тогда модель (2) продуктивная.

В теореме утверждается, что каждому вектору $c \geq \theta$ чистого выпуска отвечает единственный план $x \geq \theta$ валового выпуска, обеспечивающий вектор c чистого выпуска.

Но, это свойство не имеет силы для рассматриваемого класса нелинейных моделей.

Приведем соответствующий пример. Рассмотрим в R^2 с конусом K неотрицательных векторов, оператор:

$$F\{x_1, x_2\} = \{ \sqrt{x_1}, \sqrt{x_2} \},$$

и пусть $c = \{0, 2\}$.

Тогда уравнение $x = F(x) + c$ имеет, по крайней мере, два неотрицательных решения: $x^* = \{0; 4\}$ и $x^{**} = \{1; 4\}$. Вместе с тем, оператор $F(x)$ в этом примере удовлетворяет условиям 1 – 3 относительно свойств оператора $F(x)$ [1]:

1. $F(\theta) = \theta$, $F(x)$ – монотонный оператор, т.е. из $\theta \leq x \leq y$ следует, что:

$$F(x) \leq F(y).$$

2. Для каждой пары векторов $x_1, x_2 \in K$ и $\lambda \in [0; 1]$ выполняется неравенство

$$F[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \lambda F(x_1) + (1-\lambda)F(x_2) \quad (3)$$

свойство вогнутости оператора затрат.

3. Оператор $F(x)$ непрерывен (по норме пространства E относительно x на K и более того, дифференцируем по Фреше в каждой точке $x \in K$). При этом $F'(x)$ будет обозначать производную Фреше оператора $F(x)$ в точке x , это значит, что

$$\frac{\|F(x+h) - F(x) - F'(x)h\|}{\|h\|} \rightarrow 0, \quad (4)$$

при $\|h\| \rightarrow 0$; здесь $F'(x)h$ - линейный по h оператор.

Кроме того, оператор F удовлетворяет условию теоремы 1 [1].

Этот пример показывает, что для единственности ненулевого решения уравнения (1) оператор $F(x)$ должен удовлетворять некоторым дополнительным ограничениям.

Введем следующее дополнительное условие:

4. Производная $F'(x)$ оператора $F(x)$ – неразложимый оператор.

Опираясь на вышеприведенные условия, сформулируем и докажем теорему существования и единственности положительного решения нелинейной модели (1) [2].

Теорема 2. Пусть выполнены условия 1 - 4 и условие (2) теоремы 1. Тогда для каждого $c > \theta$ уравнение (1) имеет единственное неотрицательное решение:

$$x^* = x(c).$$

Последовательности x_n, y_n , определенные формулами:

$$x_{n+1} = F_c(x_n) \quad (x_0 = c), \quad y_{n+1} = F_c(y_n) \quad (y_0 = t_0 u_0) \quad (5)$$

монотонно сходятся к x^* , причем

$$x_n \leq x_{n+1} \leq x^* \leq y_{n+1} \leq y_n. \quad (6)$$

Последовательные приближения

$$v_{n+1} = F_c(v_n) \quad (n = 0, 1, \dots) \quad (7)$$

сходятся к x^* , начиная с любого начального приближения $v_0 > \theta$.

Доказательство. Покажем вначале, что для любого $c > \theta$ уравнение (1) имеет единственное решение. Допустим противное, пусть для некоторого $c_0 > \theta$ существует, по крайней мере, два различных решения:

$$\bar{x}_1 = F(\bar{x}_1) + c_0, \quad \bar{x}_2 = F(\bar{x}_2) + c_0.$$

Ясно, что оба вектора $\pm(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ не могут одновременно принадлежать K . Пусть для определенности: $-(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \notin K$.

В силу свойства вогнутости оператора $F(x)$:

$$F(x_2) - F(x_1) \leq F'(x_1)(x_2 - x_1),$$

имеем:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = F(\bar{x}_1) - F(\bar{x}_2) \leq F'(\bar{x}_2)(\bar{x}_1 - \bar{x}_2). \quad (8)$$

Так как оператор $F(x)$ – монотонный, то его производная Фреше $F'(x)$, $(x \geq \theta)$ – положительный линейный оператор. Отсюда, учитывая (8) на основании теоремы об оценке снизу спектрального радиуса линейного положительного оператора $F'(\bar{x}_2)$ [3] заключаем, что:

$$r[F'(\bar{x}_2)] \geq 1. \quad (9)$$

Вместе с тем, в силу условия:

$$F(x_2) - F(x_1) \leq F'(x_1)(x_2 - x_1),$$

(полагая здесь $x_2 = \theta$, $x_1 = \bar{x}_2$), имеем:

$$-F(\bar{x}_2) \leq -F'(\bar{x}_2)\bar{x}_2, \text{ т.е. } F(\bar{x}_2) \geq F'(\bar{x}_2)\bar{x}_2,$$

следовательно:

$$\bar{x}_2 = F(\bar{x}_2) + c_0 > F(\bar{x}_2) \geq F'(\bar{x}_2)\bar{x}_2,$$

то есть:

$$F'(\bar{x}_2)\bar{x}_2 < \bar{x}_2.$$

Из последнего неравенства и теоремы о строгой оценке сверху спектрального радиуса линейного положительного неразложимого оператора, заключаем, что

$$r[F'(\bar{x}_2)] < 1. \quad (10)$$

Неравенства (9) и (10) показывают, что мы пришли к противоречию. Тем самым, доказана единственность решения уравнения (1) для каждого $c > \theta$.

Рассмотрим последовательности x_n , y_n , построенные по формулам (5). В ходе доказательства теоремы 1 [1] было подтверждено, что $x_n \leq y_n$ ($n = 1, 2, \dots$) и $\{x_n\}$ и $\{y_n\}$ монотонно сходятся к решениям x^* , y^* уравнения (1). В виду единственности положительного решения этого уравнения пределы x^* и y^* этих последовательностей совпадают.

Остается доказать сходимости последовательности $v_{n+1} = F_c(v_n)$ ($n=0,1,2,\dots$) к решению x^* , начиная с любого начального приближения v_0 , $v_0 > \theta$.

Выберем число $t_0 > 1$ так, чтобы выполнялось неравенство:

$$c \leq t_0(1 - q)u_0 \quad (11)$$

и чтобы выполнялось условие:

$$t_0 u_0 \geq v_0. \quad (12)$$

В силу условий:

$$c \leq F_c(c), F_c(t_0 u_0) \leq t_0 u_0 \quad (13)$$

последовательность $y_{n+1} = F_c(y_n)$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), начиная с $y_0 = t_0 u_0$ монотонно убывает и сходится к x^* .

Из (12) следует, что: $x_0 = c \leq v_1 \leq y_1$.

Поэтому, в силу монотонности оператора F , будем иметь для каждого натурального n :

$$x_n \leq v_{n+1} \leq y_{n+1}. \quad (14)$$

Учитывая, что x_n , y_n сходятся к x^* , из неравенства (14) непосредственно делаем вывод о сходимости $\{v_n\}$ к x^* .

Теорема 2 полностью доказана.

Перейдем к формулировке условий, обеспечивающих сходимость последовательных приближений к решению нелинейного уравнения (1).

Полученные выше результаты можно свести в следующую теорему.

Теорема 3.

1. Если уравнение (1) имеет неотрицательное решение $x \geq \theta$ для некоторого $c \gg \theta$, то модель (1) продуктивная.

2. При выполнении условий 1 – 3 и дополнительного условия 4 валовый выпуск x продуктивной модели однозначно определяется по заданному плану чистого выпуска.

3. Для отыскания валового выпуска x по заданному плану c чистого выпуска применим метод последовательных приближений (7), сходящийся к вектору валового выпуска x при любом начальном приближении $v_0 \geq \theta$.

Утверждения 2, 3 доказаны в статье А.Д. Омаровой и А.Б. Чебоксарова [1]. В доказательстве нуждается лишь утверждение 1. Покажем, что оно эквивалентно условию (2).

1. Из утверждения 1 вытекает условие (2). Действительно, пусть для некоторого фиксированного $c_0 \gg \theta$ существует решение $x_0 \geq \theta$ уравнения (1). Очевидно, $x_0 \gg \theta$ и для некоторого $\beta > 0$ выполняется неравенство: $c_0 \geq \beta x_0$. Имеем: $F(x_0) = x_0 - c_0 \leq (1 - \beta)x_0$.

Остается положить $q = (1 - \beta) < 1$.

2. Из условия (2) следует утверждение 1.

Положим $v_0 = u_0 - F(u_0) = u_0 + q u_0 - F(u_0)$. В силу (2):

$$v_0 \geq (1 - q) u_0 \gg \theta$$

и $u_0 = F(u_0) + v_0$, т.е. уравнение (1) имеет неотрицательное решение $u_0 \geq \theta$ для $c = v_0 \gg \theta$.

При выполнении условия (2) единственное решение уравнения (1) можно получить не только по методу последовательных приближений (7), но и по следующему, так называемому модифицированному методу Ньютона:

$$z_{n+1} = F_c(z_n) + F'(z_0)(z_{n+1} - z_n), \quad (n = 0, 1, \dots), \quad (15)$$

взяв в качестве начального приближения любой вектор $z_0: z_0 \geq \theta$, удовлетворяющий неравенству $F_c(z_0) \leq z_0$ (в качестве z_0 можно выбрать $z_0 = u_0$). Это вытекает из следующей теоремы.

Теорема 4. Пусть выполнены условия 1 – 4, условия (2) и $F'(x)$ монотонно зависит от x (убывает). Тогда последовательность $\{z_n\}$, определенная согласно (15), монотонна: $z_0 \geq z_1 \geq z_2 \geq \dots$, а при выполнении дополнительного условия: конус K правилен, $\{z_n\}$ сходится к единственному решению x^* уравнения (1).

Доказательство. Выше уже было доказано существование и единственность решения x^* уравнения (1).

Покажем, что

$$r[F'(u_0)] < 1. \quad (16)$$

В силу (2) и условий:

$$F(x_2) - F(x_1) \leq F'(x_1)(x_2 - x_1), \quad (17)$$

имеем:

$$qu_0 \geq F(u_0) \geq F'(u_0)u_0$$

откуда следует [4]:

$$r[F'(u_0)] \leq q < 1. \quad (18)$$

Последнее неравенство гарантирует, что последовательность z_n однозначно определена формулой (15).

Пусть $z_0 \geq \theta$, $z_0 = t_0 u_0$ ($t_0 > 1$) и $F_c(z_0) \leq z_0$.

Так как x^* - решение уравнения (1), то

$$F_c(x^*) = x^*. \quad (19)$$

В силу (15) при $n = 0$ имеем:

$$z_1 = F_c(z_0) + F'(u_0)(z_1 - z_0) \leq z_0 + F'(u_0)(z_1 - z_0),$$

то есть:

$$[I - F'(u_0)](z_1 - z_0) \leq \theta,$$

отсюда, при условии того, что $F'(u_0) \geq 0$, неравенства (16), в силу которых оператор $[I - F'(u_0)]^{-1}$ не только существует, но и положителен, получим, что $z_1 - z_0 \leq \theta$, т.е.

$$z_1 \leq z_0.$$

В то же время, учитывая (19) и условия [1]:

$$F_c(x_2) - F_c(x_1) \leq F'_c(x_1)(x_2 - x_1) = F'(x_1)(x_2 - x_1), \quad (20)$$

имеем:

$$\begin{aligned} x^* &= F_c(x^*) \leq F_c(z_0) + F'(z_0)(x^* - z_0) = \\ &= F_c(z_0) + F'(z_0)(z_1 - z_0) + F'(z_0)(x^* - z_1) = z_1 + F'(z_0)(x^* - z_1), \end{aligned}$$

то есть:

$$[I - F'(z_0)](x^* - z_1) \leq \theta.$$

Из последнего неравенства, учитывая, что $[I - F'(z_0)]^{-1} \geq \theta$, получим

$$x^* - z_1 \leq \theta, \text{ т.е. } x^* \leq z_1.$$

Далее, аналогично получим:

$$\begin{aligned} z_2 &= F_c(z_1) + F'(u_0)(z_2 - z_1) \leq \\ &\leq F_c(z_0) + F'(z_0)(z_1 - z_0) + F'(u_0)(z_2 - z_1) = z_1 + F'(u_0)(z_2 - z_1), \end{aligned}$$

то есть:

$$[I - F'(u_0)](z_2 - z_1) \leq \theta$$

и потому $(z_2 - z_1) \leq \theta$, т.е. $z_2 \leq z_1$.

Аналогично:

$$\begin{aligned} x^* &= F_c(x^*) \leq F_c(z_1) + F'(z_1)(x^* - z_1) = \\ &\leq F_c(z_1) + F'(z_1)(z_2 - z_1) + F'(z_1)(x^* - z_2) = z_2 + F'(z_1)(x^* - z_2), \end{aligned}$$

то есть:

$$[I - F'(z_1)](x^* - z_2) \leq \theta. \quad (21)$$

Так как $x^* \leq z_1$, то $F'(z_1) \leq F'(x^*)$, откуда следует, что $r[F'(z_1)] \leq r[F'(x^*)]$.

Так как $x^* = F_c(x^*) = F(x^*) + c \geq F(x^*) > F'(x^*)x^*$, то учитывая последнее неравенство и неразложимость оператора $F'(x^*)$, получим в силу теоремы о строгой оценке спектрального радиуса положительного линейного оператора $F'(x^*)$, $r[F'(x^*)] < 1$. Значит, $r[F'(z_1)] < 1$ и, в соответствии с (21):

$$x^* - z_2 \leq \theta, \quad \text{т.е. } z_2 \geq x^*.$$

Итак, доказано, что:

$$x^* \leq z_2 \leq z_1 \leq z_0.$$

Аналогичным образом, методом индукции, можно доказать монотонное убывание последовательности $\{z_n\}$ и ее ограниченность снизу (по конусу) элементом x^* .

Из монотонности и ограниченности снизу $\{z_n\}$ следует ввиду правильности конуса K ее сходимости к некоторому элементу z^* . Учитывая это и переходя к пределу в (15) при $n \rightarrow \infty$, получим

$$z^* = F_c(z^*).$$

Отсюда из неотрицательности z^* , в силу теоремы 2 - существования и единственности положительного решения нелинейной модели (1), вытекает, что $z^* = x^*$, т.е. $\{z_n\}$ сходится к x^* .

Теорема доказана.

Таким образом, мы рассмотрели математическую модель межотраслевого баланса (1) с дифференцируемым вогнутым оператором, а так же сформулировали дополнительное условие существования и единственности положительного решения этого уравнения, а так

же сформулировали и доказали условие сходимости последовательных приближений к решению нелинейного операторного уравнения с дифференцируемым вогнутым оператором (1).

В ходе исследования использованы понятия и методы теории функциональных и операторных уравнений, в том числе уравнений с операторами, действующими в линейных полуупорядоченных банаховых пространствах.

Отраженные в статье теоремы, дополняют полученные ранее результаты, направленные на выявление условий существования положительного решения у нелинейных экономико-математических моделей Леонтьева и Леонтьева-Форда с немонотонными операторами. Найден новый подход к поиску приближенного решения операторных уравнений вида (1), гарантирующий более быструю сходимость последовательных приближений к решению нелинейного операторного уравнения с дифференцируемым вогнутым оператором.

Список литературы

1. Омарова А.Д., Чебоксаров А.Б. Уравнения с дифференцируемыми вогнутыми операторами. Постановка задачи. Признак продуктивности модели с вогнутым оператором // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. - №3. - С. 125-127.
2. Омарова А.Д. Нелинейные модели Леонтьева-Форда межотраслевого баланса с немонотонными операторами: дис. канд. физ.-мат. Наук. - Ставрополь, 2002. – 78-91.
3. Стеценко В.Я. Критерии неразложимости линейных операторов. // Успехи математических наук. – 1966. - № 21. Выпуск 5(131): С. 265-267.
4. Красносельский М.А., Лифшиц Е.А., Покорный В.В., Стеценко В.Я. Положительно обратимые линейные операторы и разрешимость линейных уравнений.// ДАН Тадж.ССР. - 1974. - Т.ХVII, № 1. - С.12-15.
5. Радченко В.В., Стеценко В.Я. Применение метода Ньютона-Канторовича для расчета нелинейного межотраслевого баланса // Модели и методы экономических целенаправленных систем.- Новосибирск, 1977. - С.160-166.
6. Беллман Р., Калаба Р. Квазилинеаризация и нелинейные краевые задачи. - М.: Мир, 1968. – С. 270.

1.2.2

А.И. Хайбуллина канд. техн. наук, А.Р. ХайруллинКазанский государственный энергетический университет
Казань, haybullina.87@mail.ru**ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ТЕПЛООБМЕНА МАСЛООХЛАДИТЕЛЯ ПРИ
НАЛОЖЕННЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ ПОТОКА**

В работе численным методом исследован теплообмен в трубе при пульсирующем течении масла с числом Рейнольдса 280, 350, 420. Амплитуда пульсаций A/D находилась в диапазоне от 11 до 23, число Струхала от 0,021 до 0,032, скважность и частота пульсаций были постоянными и соответствовали 0,3 и 1 Гц соответственно. Диаметры D трубы был 0,014 м. Длина трубы составляла $100D$. Пульсаций потока имели несимметричный характер. Численный эксперимент проводился с помощью AnsysFluent. В работе сделана оценка теплогидравлической эффективности пульсационного метода интенсификации. Рост гидравлического сопротивления достигал 10, при этом рост интенсификации теплообмена не превышал 9%. По полученным данным численного эксперимента была рассчитана оценка снижения площади теплообмена маслоохладителя МБ–60–90. Снижение площади теплообмена маслоохладителя может составлять от 3% до 9% в зависимости от режима пульсаций.

Ключевые слова: *пульсирующие течения, интенсификация теплообмена, трубчатый теплообменный аппарат.*

Маслоохладители широко используется в различных инженерных приложениях. Кожухотрубные маслоохладители применяются для охлаждения масла в подшипниках насосно-перекачивающих станций, которые служат для транспортировки нефтепродуктов в нефтехимической промышленности. Ввиду высокой вязкости масла его течение в маслоохладителе ламинарное. Число Рейнольдса составляет не более 1000. Следовательно, коэффициент теплоотдачи со стороны масла невысокий, что уменьшает эффективность охлаждения маслоохладителей. Обычно не высокая производительность компенсируется увеличением теплообменной поверхности. Для повышения теплоотдачи используется различные методы интенсификации [1]. Для интенсификации теплообмена применяются пассивные и активные методы. К пассивным методам относят трубы с внутренним спиральным оребрением [2], размещение внутри труб скрученных лент [3], применение гофрированных труб [4]. К активным методам относят вращение теплообменной поверхности [5], использование электрического поля [6], пульсации потока [7-9]. В данной работе исследуется влияние пульсаций потока на теплообмен в трубном пространстве маслоохладителя. Также оценивается возможность снижения теплообменной поверхности маслоохладителей за счет пульсаций потока. Применение пульсаций для интенсификации теплообмена в трубе исследовались многими авторами [10-13]. Однако полученных результатов в данной области все еще не достаточно. Следует добавить, что пульсации потока в выше указанных работах близки к синусоидальным пульсациям. В данной работе пульсации имеют несимметричный характер. В прошлых работах авторов показана эффективность несимметричных пульсаций [14,15]

Расчетная область представляла собой трубу с диаметром $D = 14$ мм и длиной $L = 1400$ мм (рис. 1). Скорость на входе трубы u м/с рассчитывалась в зависимости от числа Рейнольдса $Re = uD/\nu$, где ν – кинематическая вязкость масла, $\text{м}^2/\text{с}$. На выходе трубы задавалась давление окружающей среды $P = 101325$ Па. В данном исследовании рассматривается теплообмен при охлаждении масла в внутри труб маслоохладителя, температура стенки трубы была меньше на один градус входной температуры $T_{\text{ст}} = 49$ °С,

$T_{\text{вход}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пульсация скорости, задавалась на входе в трубу и имела необходимую частоту $f = 1/T$ Гц, где T – период пульсаций, s и относительную амплитуду A/D . Несимметричность пульсаций характеризовался параметром скважности $\psi = T_1/T$, где T_1 – период времени соответствующий обратному течению в трубе, s [16]. Течение несжимаемой жидкости моделировалось с помощью нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS) [17].

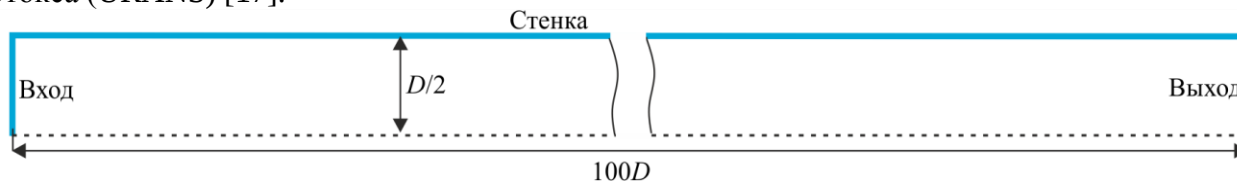


Рис. 1 – Расчетная область модели.

Численное исследование теплообмена при пульсирующем течении в трубе проводилось в AnsysFluent. Течение жидкости решалось в осесимметричной постановке. Сходимость сеточного решателя была показана на 100×10000 элементах [18]. Для верификации полученных результатов полученное число Нуссельта Nu сравнивалось с известным эмпирическим уравнением для ламинарного течения в трубе при $Re \leq 2300$ [19]. Расчет проводился для стационарного течения при числе Re 200, 250 и 300. Результаты согласуются с эмпирическим уравнением, отклонение составило не более 19%.

При численном исследовании число Рейнольдса находилось в диапазоне от 280 до 420, амплитуда пульсаций A/D от 11 до 23, число Струхала $Sh = fD/u$ от 0,021 до 0,032, скважность ψ и частота f пульсаций были постоянными и соответствовали 0,3 и 1 Гц соответственно.

На рис. 2 рост теплоотдачи, при наложении пульсаций, сопоставлен с ростом гидравлического сопротивления. При всех исследованных режимах полученные значения находятся в нижней области графика, что говорит о том, что рост гидравлического сопротивления всегда опережал рост интенсификации теплообмена. Рост гидравлического сопротивления достигает 10, при этом рост интенсификации теплообмена не превышает 9%.

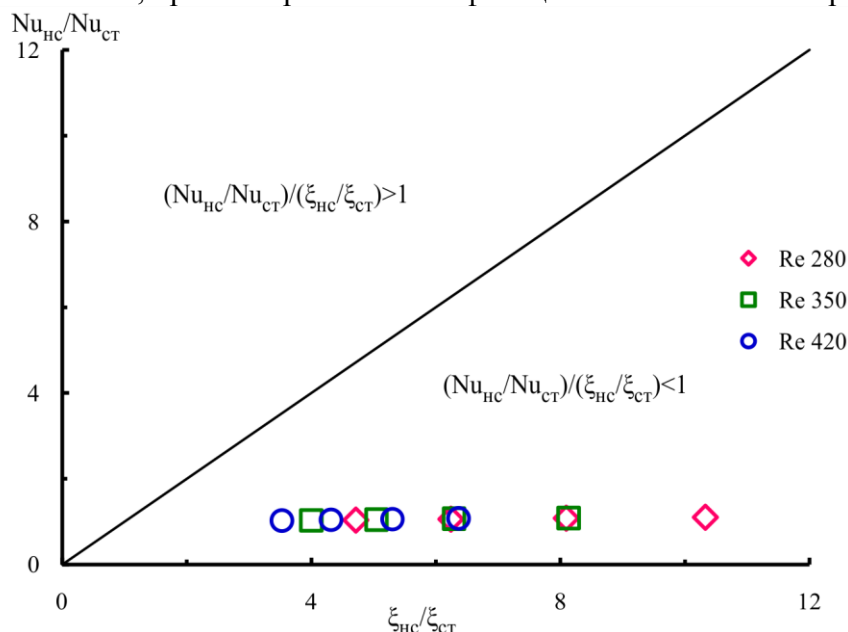


Рис. 2. – Теплогидравлическая эффективность пульсаций в трубе.

Оценка уменьшения площади теплообмена, при применении пульсаций, выполнялась на примере маслоохладителя МБ–63–90 [20]. Внутри трубок маслоохладителя принималось масло турбинное Т-22, снаружи вода. Объемный расход масла и воды принимался $90\text{ м}^3/\text{ч}$ и $120\text{ м}^3/\text{ч}$. Начальная $T_{1м}$ и конечная $T_{2м}$ температура масла $56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $45,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Начальная $T_{1в}$ и

конечная $T_{2в}$ температура воды 36,6 °С и 40,5 °С. Площадь поверхности теплообмена F 63,0, м². Наружный D_n и внутренний D_v диаметр трубок 0,016 м и 0,014 м. Площадь среднего расчетного сечения в одном ходе для воды и масло 0,027 м² и 0,022 м² соответственно. Подробная методика расчета уменьшения площади теплообмена приведена в работе [23].

Необходимая площадь теплообмена для поддержания теплопроизводительности согласно основному уравнению теплопередачи снижается с увеличением амплитуды пульсаций и повышается с увеличением числа Рейнольдса (рис. 3,4). Уменьшение площади теплообмена с увеличением числа Рейнольдса связано с уменьшением числа Струхала. Коэффициент теплопередачи существенно зависит от теплоотдачи масла, что связано с его ламинарным течением. Поэтому процент уменьшения площади теплообмена при пульсирующем течении согласуется с процентом интенсификации теплообмена, но не равен ему.

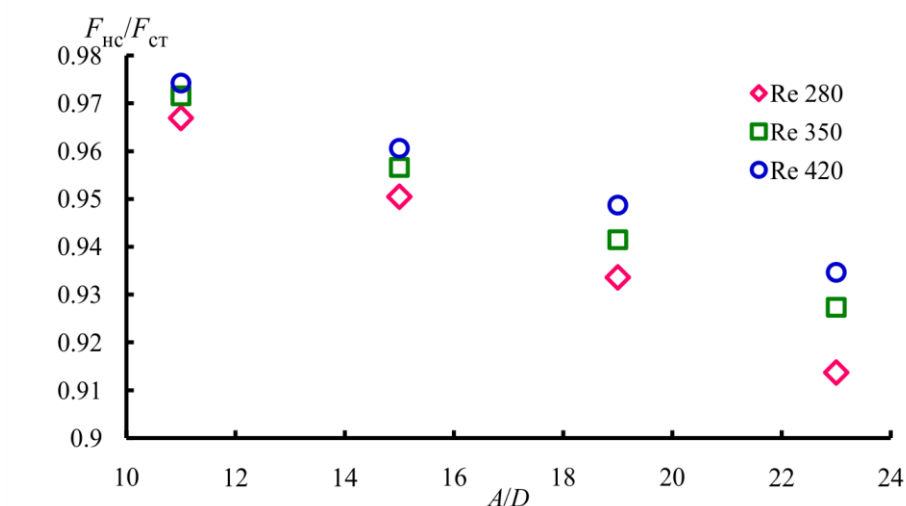


Рис. 3. – Уменьшение площади теплообмена в зависимости от амплитуды пульсаций.

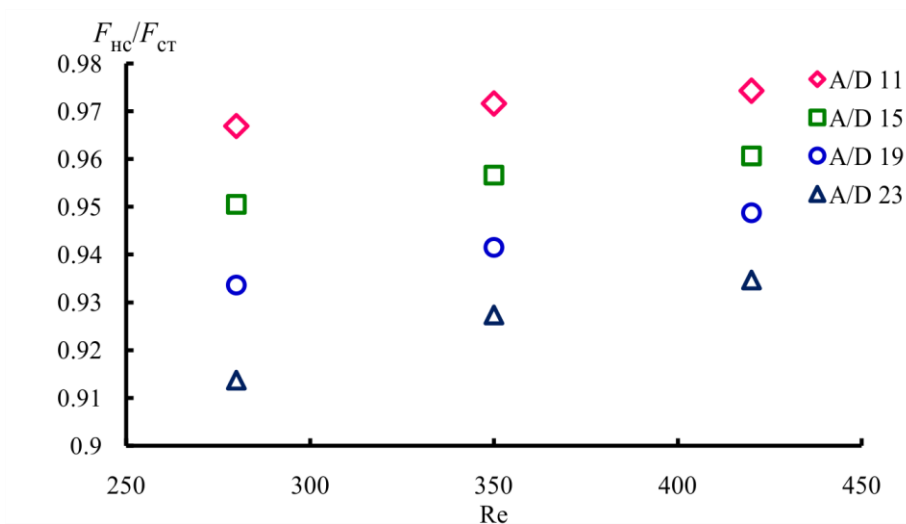


Рис. 4. – Уменьшение площади теплообмена в зависимости от числа Рейнольдса.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 18-79-10136 <https://rscf.ru/project/21-79-03028/>

Список литературы

1. Maradiya C., Vadher J., Agarwal R. The heat transfer enhancement techniques and their Thermal Performance Factor // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 2018. Vol. 7, № 1. P. 1–21.
2. Skrypnik A.N. et al. Thermohydraulic Efficiency of Tubes with Internal Spiral Finning // J Eng Phys Thermophy. 2018. Vol. 91, № 1. P. 52–63.
3. Bhattacharyya S., Chattopadhyay H., Haldar A. Design of twisted tape turbulator at different entrance angle for heat transfer enhancement in a solar heater // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 2018. Vol. 7, № 1. P. 118–126.
4. Amrar Z. et al. Parametric study of heat transfer coefficient and friction factor in a corrugated channel // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2022. Vol. 196. P. 123290.
5. Jeng T.-M., Tzeng S.-C., Xu R. Heat transfer characteristics of a rotating cylinder with a lateral air impinging jet // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2014. Vol. 70. P. 235–249.
6. Shakiba A., Vahedi K. Numerical analysis of magnetic field effects on hydro-thermal behavior of a magnetic nanofluid in a double pipe heat exchanger // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2016. Vol. 402. P. 131–142.
7. Jin D.X., Lee Y.P., Lee D.-Y. Effects of the pulsating flow agitation on the heat transfer in a triangular grooved channel // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2007. Vol. 50, № 15–16. P. 3062–3071.
8. Jin Q., Wen J.T., Narayan S. Oscillatory valve effect on temperature synchronization in microchannel cooling systems // Applied Thermal Engineering. 2022. Vol. 204. P. 117999.
9. Kurtulmuş N., Sahin B. Experimental investigation of pulsating flow structures and heat transfer characteristics in sinusoidal channels // International Journal of Mechanical Sciences. 2020. Vol. 167. P. 105268.
10. Habib M.A. et al. Convective heat transfer characteristics of laminar pulsating pipe air flow // Heat and Mass Transfer. 2002. Vol. 38, № 3. P. 221–232.
11. Elshafei E.A.M. et al. Experimental study of heat transfer in pulsating turbulent flow in a pipe // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2008. Vol. 29, № 4. P. 1029–1038.
12. Patro P., Gupta R., Khuntia A.K. Numerical Study for the Prediction of Heat Transfer in a Pulsating Turbulent Flow in a Pipe // Procedia Engineering. 2015. Vol. 127. P. 854–861.
13. Yuan H. et al. Heat transfer of pulsating laminar flow in pipes with wall thermal inertia // International Journal of Thermal Sciences. 2016. Vol. 99. P. 152–160.
14. Ilyin V.K. et al. Factors influencing on the thermal flow with the cross-section of the corridor tube bundle in low-frequency non-symmetric pulsations // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2017. Vol. 240. P. 012026.
15. Ilyin V.K. et al. Thermal and hydraulic efficiency of the corridor tube bundle in conditions of pulsating flow of fluid // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2017. Vol. 240. P. 012025.
16. Haibullina A.I., Savelyeva A.D., Hayrullin A.R. Numerical analysis of heat transfer in tubular type heat exchangers of transport vehicles with pulsating flow // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 918, № 1. P. 012164.
17. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений, Санкт-Петербург: Изд. Политехнический университет, 2009, 143 с.
18. Haibullina A.I., Hayrullin A.R. Heat Transfer in Pulsating Laminar Flow in a Pipe: Evaluation of the Reduction in the Heat Exchange Area of Oil Cooler // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2022. Vol. 988, № 4. P. 042038.
19. Mavridou S.G., Konstandinidis E., Bouris D.G. Experimental evaluation of pairs of inline tubes of different size as components for heat exchanger tube bundles // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. Vol. 90. P. 280–290.
20. Пермяков В.А. Теплообменники вязких жидкостей, применяемые на электростанциях / В.А. Пермяков В.А., Е.С. Левин, Г.В. Дивова. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 175 с.

1.2.2

А.И. Хайбуллина канд. техн. наук, А.Р. Хайруллин, А.Н. Долгова

Казанский государственный энергетический университет
Казань, haybullina.87@mail.ru

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЛНИСТОМ КАНАЛЕ ПРИ
НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ**

В работе численным методом рассмотрен теплообмен при пульсациях потока теплоносителя. Геометрические параметры исследуемого канала были выбраны с целью имитации течения между пластинами пластинчатого теплообменника. Высота канала H составляла 4 мм, длина $22,5H$, высота выступов $1H$, шаг выступов $4,5H$. В качестве рабочей среды выступала вода. Численные исследования проводились в AnsysFluent. Для моделирования турбулентности применялась модель Spalart-Allmaras. Число Рейнольдса находилось в диапазоне от 100 до 400, частота пульсаций от 0,166 Гц до 0,5 Гц, относительная амплитуда пульсаций была постоянной 4,5H. В результате численных исследований получено, что при всех частотах и числе Рейнольдса наблюдается интенсификация теплообмена. Наиболее эффективному режиму интенсификации соответствовала частота 0,5 Гц при числе Рейнольдса 100. Наиболее неэффективному режиму интенсификации соответствовала частота 0,166 Гц при числе Рейнольдса 400.

Ключевые слова: *пластинчатый теплообменник, волнистый канал, интенсификация теплообмена, пульсационное течение, численный эксперимент.*

В составе энергетических установок, широко применяются крупногабаритные теплообменные аппараты. Повышение энергетической эффективности и компактности теплообменников напрямую зависит от применяемых методов интенсификацией теплообмена [1–3]. Одним из таких методов является пульсация потока, созданная преднамеренно с целью интенсификации теплообмена [4]. Создание пульсирующего потока теплоносителя, с целью повышения эффективности теплообменного устройства рассматривалось многими авторами. Теплообмен и гидродинамика в условиях пульсирующего течения исследован в трубах круглого сечения [5,6], в каналах с углублениями [7,8], при обтекании одиночного цилиндра [9,10], течения за выступом [11], пучков труб [12].

Практически во всех работах пульсации имеют симметричный характер. При этом работы с несимметричным характером пульсаций при возвратно поступательном движении теплоносителя ограничены. Несимметричные пульсации показали свою эффективность по сравнению с симметричными пульсациями в работах [13,14]. Целью данной работы является исследование возможности интенсификации теплообмена в волнистом канале в условиях несимметричных возвратно поступательных пульсаций.

Геометрические параметры исследуемого канала (рис. 1) были выбраны с целью имитации течения между пластинами пластинчатого теплообменника. Высота канала H составляла 4 мм, длина $22,5H$, высота выступов $1H$, шаг выступов $4,5H$. Течение несжимаемой жидкости моделировалось с помощью нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS). В качестве модели турбулентности была выбрана модель Spalart-Allmaras [15]. В качестве рабочей среды выступала вода.

При стационарном течении на входе в расчетную область (рис. 1) задавалась постоянная температура потока $t_f = 300^\circ\text{K}$, постоянная скорость потока u соответствующая числу Рейнольдса Re 100, 200, 300, 400. Число Рейнольдса рассчитывались следующим образом $Re = H \cdot u / \nu$, где ν – кинематическая вязкость воды. На нагреваемом участке канала (рис. 1) задавалось постоянная температура стенки $t_w = 315^\circ\text{K}$. На выходе постоянное давление $P = 101325$ Па.



Рис. 1 – Расчетная область модели.

В работе [16] экспериментальным путем была получена гидравлическая картина течения теплоносителя, при несимметричных пульсациях с возвратно-поступательным движением потока жидкости. Поэтому в данной работе для имитации подобных пульсаций применялась методика, предложенная в работе [16]. Характер пульсаций скорости задавался на входе в расчетную область канала с необходимой частотой f и относительной амплитудой A/H пульсаций, где A – обратный ход жидкости в канале, м. Частота пульсаций находилась по формуле $f = 1/T$ Гц, где $T = T_1 + T_2$ период пульсаций состоящий из двух полупериодов, с. Первый полупериод пульсаций был постоянной величиной $T_1 = 0.33$, с. Второй полупериод T_2 менялся в зависимости от частоты f . Скорость стационарного течения равнялась скорости пульсационного течения осредненного за период пульсаций. Частота пульсаций f находилась в диапазоне от 0,166 Гц до 0,5 Гц, относительная амплитуда пульсаций была постоянной $A/H = 4,5H$. Расчеты проводились в AnsysFluent. Количество элементов сетки составило 20404 элемента. Относительный средний размер одной ячейки составлял $y_w/H = 0,04$.

На рис. 2-3 представлены результаты численного эксперимента. Интенсификация теплообмена оценивалась по приросту числа Нуссельта в пульсационном течении по сравнению со стационарным течением. Число Нуссельта определялось по формуле $Nu = \alpha H / \lambda$, где α – теплоотдача канала находилась по уравнению Ньютона-Рихмана, Вт/м² К; λ – теплопроводность воды Вт/м К. Температурный напор в уравнении Ньютона-Рихмана определялась как разница между нагреваемым участком канала и средней температурой жидкостью в нагреваемом участке (рис. 1).

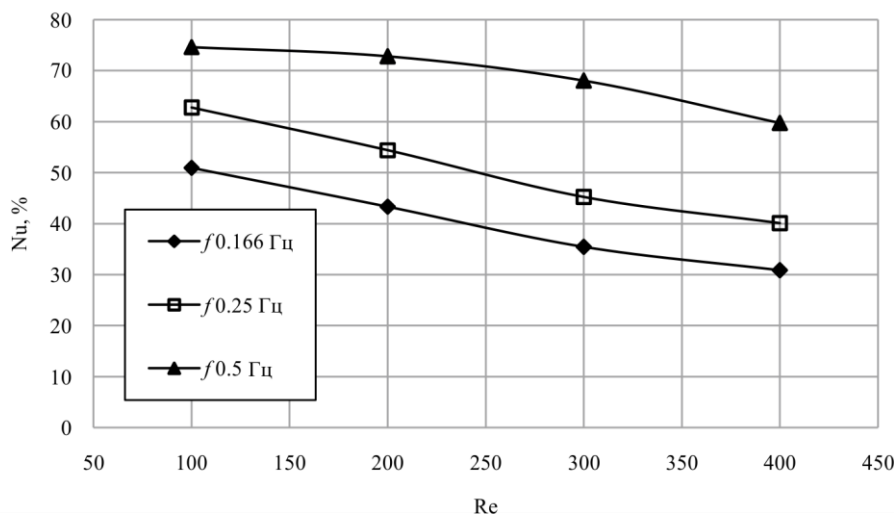


Рис. 2. – Зависимость прироста числа Нуссельта от числа Рейнольдса.

На рис. 2 представлена зависимость прироста числа Нуссельта от числа Рейнольдса при разных частотах пульсаций. Как видно по рис. 2 с увеличением числа Рейнольдса происходит снижение прироста числа Нуссельта при всех частотах пульсаций. Уменьшение прироста числа Нуссельта связано с уменьшением числа Струхала $Sh = fH/u$ при повышении числа Рейнольдса. Число Струхала снижается, поскольку при увеличении числа Рейнольдса скорость на входе в расчетную область повышается.

На рис. 3 показана зависимость прироста числа Нуссельта от частоты пульсаций. По рис. 3 видно, что с увеличением частоты пульсаций происходит увеличение приростов числа Нуссельта при всех числах Рейнольдса. Наиболее эффективным режимом пульсаций

оказался режим с частотой $f = 0,5 \text{ Гц}$ и $Re = 100$, наиболее неэффективному режиму соответствовал режим с частотой $f = 0,166 \text{ Гц}$ и $Re = 400$.

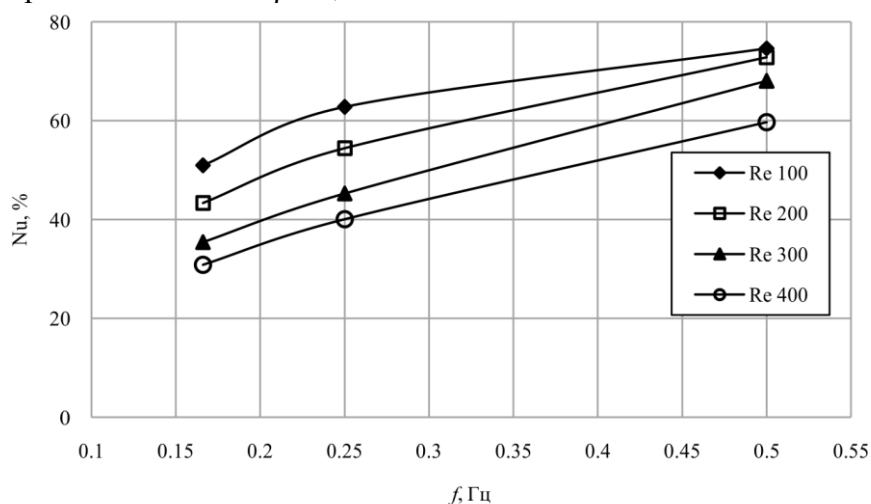


Рис. 3. – Зависимость прироста числа Нуссельта от частоты пульсаций.

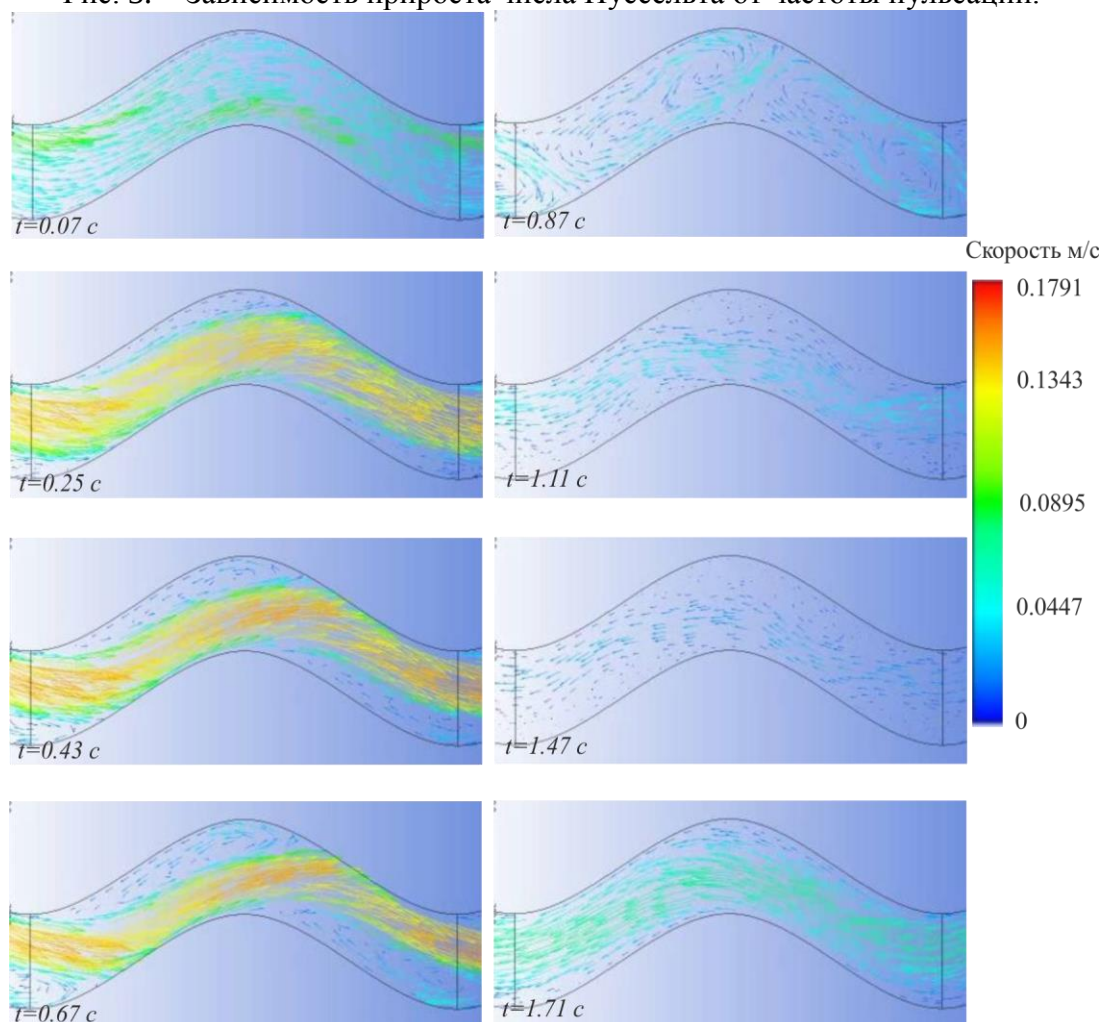


Рис. 4. – Мгновенные векторы скоростей для разных моментов времени при $Re=100$, $f=0,5 \text{ Гц}$.

На рис. 4 показаны мгновенные поля векторов скоростей при пульсационном течении. По рис. 4 отчетливо видна нестационарная картина течения в канале с переменной скоростью потока, приводящая к ее перестройке.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 18-79-10136 <https://rscf.ru/project/21-79-03028/>

Список литературы

1. Alam T., Kim M.-H. A comprehensive review on single phase heat transfer enhancement techniques in heat exchanger applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 81. P. 813–839.
2. Maradiya C., Vadher J., Agarwal R. The heat transfer enhancement techniques and their Thermal Performance Factor // *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7, № 1. P. 1–21.
3. Nguyen D.H., Ahn H.S. A comprehensive review on micro/nanoscale surface modification techniques for heat transfer enhancement in heat exchanger // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2021. Vol. 178. P. 121601.
4. Ye Q., Zhang Y., Wei J. A comprehensive review of pulsating flow on heat transfer enhancement // *Applied Thermal Engineering*. 2021. Vol. 196. P. 117275.
5. Badr H.M. Effect of free-stream fluctuations on laminar forced convection from a straight tube // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1997. Vol. 40, № 15. P. 3653–3662.
6. Bi H. et al. Heat transfer and flow characteristics of intermittent oscillating flow in tube // *Applied Thermal Engineering*. 2023. Vol. 225. P. 120233.
7. Jin D.X., Lee Y.P., Lee D.-Y. Effects of the pulsating flow agitation on the heat transfer in a triangular grooved channel // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2007. Vol. 50, № 15–16. P. 3062–3071.
8. Zontul H., Şahin B. Experimental investigation of convective heat transfer performance and hydrodynamics of pulsating flow through the rectangular grooved channel // *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2023. Vol. 141. P. 110796.
9. Gaheen O.A. et al. Experimental investigation on the convection heat transfer enhancement for heated cylinder using pulsated flow // *Thermal Science and Engineering Progress*. 2021. Vol. 26. P. 101055.
10. Sellappan P., Pottebaum T. Vortex shedding and heat transfer in rotationally oscillating cylinders // *J. Fluid Mech*. 2014. Vol. 748. P. 549–579.
11. Khanafer K. et al. Mixed convection analysis of laminar pulsating flow and heat transfer over a backward-facing step // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2008. Vol. 51, № 25–26. P. 5785–5793.
12. Zheng W. et al. Heating performance and spatial analysis of seawater-source heat pump with staggered tube-bundle heat exchanger // *Applied Energy*. 2022. Vol. 305. P. 117690.
13. Ilyin V.K. et al. Thermal and hydraulic efficiency of the corridor tube bundle in conditions of pulsating flow of fluid // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2017. Vol. 240. P. 012025.
14. Ilyin V.K. et al. Factors influencing on the thermal flow with the cross-section of the corridor tube bundle in low-frequency non-symmetric pulsations // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2017. Vol. 240. P. 012026.
15. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений, Санкт-Петербург: Изд. Политехнический университет, 2009, 143 с.
16. Хайбуллина А.И., Хайруллин А.Р., Ильин В.К. Теплообмен в проточном канале с пучком труб коридорного расположения при наложении на поток жидкости противоточных низкочастотных несимметричных пульсаций // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2016. № 11-12. С. 56-67.

1.2.2

А.Р. Хайруллин, А.И. Хайбуллина канд. техн. наукКазанский государственный энергетический университет
Казань, kharullin@yandex.ru**ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ПЕН
С ОТКРЫТЫМИ ЯЧЕЙКАМИ**

В работе проведена оценка теплогидравлической эффективности высокопористых сред с открытыми ячейками при различной порозности и плотности пор. Числа Рейнольдса находились в диапазоне от 20 до 80. Рабочей средой был воздух при числе Прандтля 0,71. Теплогидравлическая эффективность пен оценивалась как отношение числа Нуссельта к коэффициенту гидравлического сопротивления. Результаты расчетов показали, что с увеличением порозности и числа Рейнольдса происходит повышение теплогидравлической эффективности пористой среды. Плотность пор не оказывает влияние на теплогидравлическую эффективность пористой среды.

Ключевые слова: пористая среда, теплогидравлическая эффективность, коэффициент гидравлического сопротивления.

Уменьшение габаритов теплообменников по-прежнему остается важной задачей во многих инженерных приложениях. Высокопористые пены с открытыми ячейками нашли широкое применение в различных энергетических системах, ввиду малых габаритов и высоких характеристик теплообмена.

Последние десятилетия использование пористых сред для интенсификации теплообмена и других целей привлекает интерес многих исследователей [1]. Теплоотдача пен с открытыми порами зависит от таких параметров как порозность, режим течения, теплофизических свойств среды, теплопроводности твердого материала и т.д. Режим течения определяется числом Рейнольдса. За характерную длину может приниматься диаметр фибр [2,3], гидравлический диаметр канала [4] заполненного пеной или диаметр пор пены. В работах [5,6] исследовали теплообмен пены из алюминия, в качестве характерного размера использовался диаметр фибр. Порозность находилась в диапазоне от 0,9 до 0,96, показано, что с увеличением числа Рейнольдса происходит повышение теплообмена. В работе [7] исследовали теплообмен в алюминиевой пене в потоке воздуха со скоростью от 1 до 5 м/с. Результаты показали увеличение теплообмена на 300% по сравнению с пустым каналом. Характеристики теплообмена при течении через канал с алюминиевой пеной исследованы в работе [8]. Число Рейнольдса базировалось на диаметре пор. При фиксированном числе Рейнольдса с увеличением порозности теплоотдача алюминиевой пены уменьшалась. В работе [9] экспериментальным методом исследовали теплопередачу при течении в кольцевом пространстве с высокопористой вставкой из алюминиевой пены. Результаты показывают, что алюминиевая пена увеличивает теплопередачу от поверхности по сравнению с ламинарным потоком в чистом кольцевом пространстве. Предложены корреляции для числа Нуссельта. Интенсификация теплообмена при вынужденной конвекции в канале со вставками из пенометалла изучалась экспериментальным методом в работе [10]. По сравнению с пустой трубой вставка из пеннометалла приводит к увеличению теплопередачи до 10 раз. Показано сильное влияние геометрических параметров пены. Показано, что в случае полностью спеченной пены со стенкой трубы, теплообмен выше в среднем на 30%, по сравнению с пеной без соединения со стенкой.

Несмотря на большое количество работ в этой области, оценки теплогидравлической эффективности пористых сред уделено меньшее количество работ. В меньшей степени исследовано независимое влияние геометрических параметров (порозность, число пор на дюйм (PPI)) на теплогидравлическую эффективность пористых сред, ввиду сложности проведения таких экспериментов. Однако такие исследования возможны при проведении математического моделирования. В данной работе проведена оценка влияния геометрических параметров на теплогидравлическую эффективность пористых сред с открытыми порами на основе результатов численных исследований.

Для оценки теплогидравлической эффективности пористых сред были использованы данные, полученные в работе [11] в результате численных исследований. В работе [11] проведено исследования теплообмена и потерь давления в трехмерной пористой структуре. В данной работе рассмотрено влияние количество пор на дюйм (PPI) при значениях PPI 10, 20, 40, 80. Порозность ε соответствовала 0,743, 0,806, 0,864, 0,914, 0,954 при диаметре фибр d_s в мм 0,5, 0,7, 0,9, 1,1, 1,3 соответственно. Число Рейнольдса Re принимало значения 20, 40, 60, 80. Число Прандтля Pr было 0,71. Теплогидравлическая эффективность пористой среды оценивалась как отношение числа Нуссельта Nu к коэффициенту гидравлического сопротивления ξ . При расчете числа Нуссельта за характерную длину принимался диаметр фибр. Коэффициент гидравлического сопротивления определялся по уравнению Дарси-Вейсбаха при известных удельных потерях давления, в качестве характерного размера принимался диаметр фибр.

На рис. 1-3 приведена теплогидравлическая эффективность для пористых сред при различной порозности, PPI и числе Рейнольдса.

На рис. 1 приведена зависимость теплогидравлической эффективности от порозности для различных PPI и Re . Как видно по рис. 1 увеличение порозности приводит к росту отношения Nu/ξ независимо от PPI и числа Рейнольдса. Максимальное увеличение отношения Nu/ξ происходит при максимальном числе Рейнольдса, теплогидравлическая эффективность увеличивается с 3 до 44.

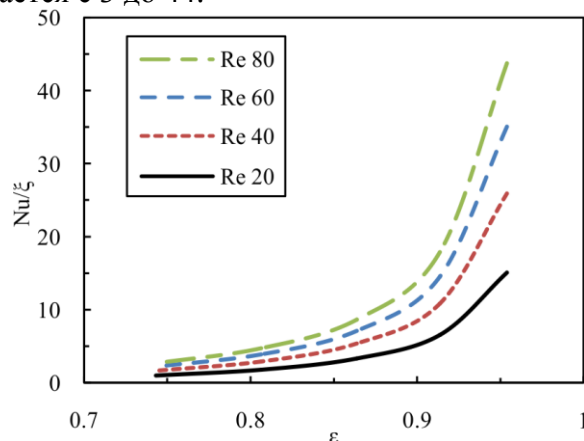


Рис. 1 – Теплогидравлическая эффективность пористой среды в зависимости от порозности при PPI 10 и 20.

На рис. 2 приведена зависимость теплогидравлической эффективности пористой среды в зависимости от плотности пор. Как видно по рис. 2 PPI не оказывает влияние на теплогидравлическую эффективность пористых сред. Следует отметить, что данная зависимость может существенно измениться, при использовании другого характерного размера, при расчете числа Нуссельта и коэффициента гидравлического сопротивления. При выборе диаметра фибр в качестве характерного размера, при оценке теплогидравлической эффективности, уменьшается количество геометрических параметров пористой среды.

На рис. 3 показано влияние числа Рейнольдса на отношение Nu/ξ . По рис. 3 видно, что с увеличением числа Рейнольдса происходит повышение теплогидравлической эффективности независимо от порозности пены. Максимальное влияние число Рейнольдса оказывает на пористую среду с максимальной порозностью.

Проведенная сравнительная оценка теплогидравлической эффективности показывает, что наилучшими теплогидравлическими характеристиками обладают пены с высокой порозностью. При этом максимальной теплогидравлической эффективностью обладают пены с максимальными числами Рейнольдса в исследованном диапазоне числа Рейнольдса от 20 до 80.

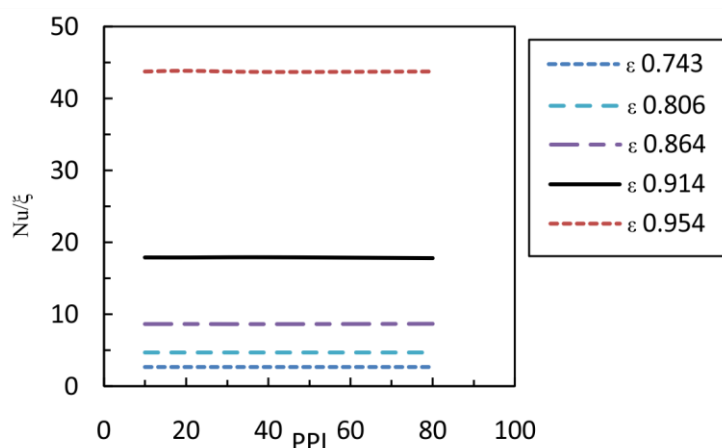


Рис. 2. – Теплогидравлическая эффективность пористой среды в зависимости от PPI при числе Рейнольдса 80.

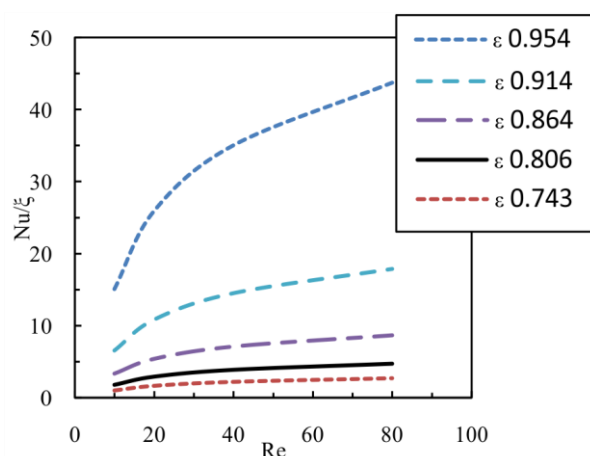


Рис. 3. – Теплогидравлическая эффективность пористой среды в зависимости от числа Рейнольдса при PPI 10.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>.

Список литературы

1. Wang H., Guo L., Chen K. Theoretical and experimental advances on heat transfer and flow characteristics of metal foams // *Sci. China Technol. Sci.* 2020. Vol. 63, № 5. P. 705–718.
2. Diani A. et al. Numerical investigation of pressure drop and heat transfer through reconstructed metal foams and comparison against experiments // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. Vol. 88. P. 508–515.
3. Hayrullin A., Haibullina A., Sinyavin A. Heat transport phenomena in Voronoi foam due to pulsating flow // *Transportation Research Procedia*. 2022. Vol. 63. P. 1236–1243.
4. Dietrich B. Heat transfer coefficients for solid ceramic sponges – Experimental results and correlation // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2013. Vol. 61. P. 627–637.
5. Mancin S. et al. Air forced convection through metal foams: Experimental results and modeling // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2013. Vol. 62. P. 112–123.
6. Mancin S. et al. Heat Transfer Performance of Aluminum Foams // *Journal of Heat Transfer*. 2011. Vol. 133, № 6. P. 060904.

7. Hamadouche A. et al. Experimental investigation of convective heat transfer in an open-cell aluminum foams // *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2016. Vol. 71. P. 86–94.
8. Hwang J.-J. et al. Measurement of Interstitial Convective Heat Transfer and Frictional Drag for Flow Across Metal Foams // *Journal of Heat Transfer*. 2002. Vol. 124, № 1. P. 120–129.
9. Noh J.-S., Lee K.B., Lee C.G. Pressure loss and forced convective heat transfer in an annulus filled with aluminum foam // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2006. Vol. 33, № 4. P. 434–444.
10. Hutter C. et al. Heat transfer in metal foams and designed porous media // *Chemical Engineering Science*. 2011. Vol. 66, № 17. P. 3806–3814.
11. Хайбуллина А.И., Хайруллин А.Р., Ильин В.К., Синявин А.А. Теплообмен и гидравлическое сопротивление пористых сред сгенерированных методом диаграммы вороного // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2022. № 5. С. 61–64.

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

2.3.1

**Г.Н. Аглямзянова¹ канд. физ-мат. наук, Л.З. Гумерова² канд. педагог. наук,
И.Ю. Мышкина² канд. техн. наук, Л.Ю. Грудцына²**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
¹инженерно-строительное отделение, кафедра математики,
²отделение информационных технологий и энергетических систем, кафедра системного анализа и информатики,
Казань, dina.airat@mail.ru gum9370@mail.ru mirinau@mail.ru larisa_u_g@mail.ru

РАЗРАБОТКА НА C++ МЕЖПЛАТФОРМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ГРАФИЧЕСКИМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ

В данной статье представлен пример создания оконного приложения с графическим пользовательским интерфейсом (далее GUI) на C++ для начинающих. В качестве кроссплатформенного инструмента выбран фреймворк Qt.

Ключевые слова: оконное приложение, виджеты Qt Creator, редактор форм Qt Creator, графический пользовательский интерфейс.

Многие языки программирования, в том числе и C++, и Python представлены без встроенных возможностей построения графического интерфейса пользователя. Однако популярность этого вида интерфейса вынуждает к созданию специального программного обеспечения. Кроссплатформенные инструменты разработки приложения с графическим интерфейсом пользователя (GUI — graphical user interface) все еще находятся в стадии непрерывного активного развития [1]. Рассмотрим пример программирования на C++ приложения GUI с помощью кроссплатформенного инструмента Qt.

Qt - один из старейших фреймворков возродился со своей новой версией Qt 5, возможности которого позволили его широкое внедрение в современные гаджеты. Несомненно важным преимуществом его является оконная система, которая и позволяет создавать пользовательские интерфейсы.

Приведем пример одного из способов написания программ с графическим пользовательским интерфейсом при помощи средств разработки Qt Creator.

В Qt все элементы управления реализованы в виде объектов классов, производных от QWidget, и называются виджетами [2]. В общем случае визуальным представлением виджета является прямоугольная область экрана, содержащая некоторое изображение. При этом виджет может генерировать события или реагировать на внешние события. Это называется поведением виджета. Реализация его базируется на механизме слотов и сигналов, важнейшим в Qt Creator.

Если любой виджет не является дочерним, то он автоматически представляется в виде окна, то есть дополняется стандартными атрибутами окна, включая границы, заголовок и кнопки управления окном.

Обычной практикой является создание собственных виджетов, используемых в качестве окон приложения либо как дочерних (элементов управления).

Для создания проекта оконного приложения в Qt, необходимо нажать «Файл» → «Создать файл или проект» и выбрать «Приложение Qt Widgets». Далее нужно указать имя и папку проекта. После чего выбрать, какой базовый класс использовать для главного окна, для данной работы больше всего подходит QWidget

В библиотеке Qt Creator представлено огромное число классов, предназначенных для конкретного случая. Рассмотрим некоторые из них, которые могут пригодиться при выполнении данной.

QString – аналог строкового класса из стандартной библиотеки C++ `std::string`. Все классы в библиотеке Qt используют данный тип при работе со строками.

QColor – представление цвета в формате RGB, HSV или CMYK. Конструктор: **QColor(int r, int g, int b, int a = 255)**. Получение всех цветовых компонент: **void QColor::getRgb(int* r, int* g, int* b, int* a = 0) const**. Проверка того, что объект цвета проинициализирован: **bool QColor::isValid() const**. Для показа диалога необходимо вызвать статическую функцию: **QColor QColorDialog::getColor(const QColor& initial = Qt::white, QWidget* parent = nullptr, const QString& title = QString(), QColorDialog::ColorDialogOptions options = ColorDialogOptions())**. Функция вернёт выбранный пользователем цвет. Если пользователь не выбрал цвет, то будет возвращён неинициализированный объект (см. `bool isValid() const`). Здесь и далее `parent` – указатель на родительский виджет.

QMessageBox – диалоговое окно с вопросом/информацией и несколькими кнопками. Для показа диалога необходимо вызвать необходимую статическую функцию: **QMessageBox::StandardButton QMessageBox::critical(QWidget* parent, const QString& title, const QString& text, QMessageBox::StandardButtons buttons = Ok, QMessageBox::StandardButton defaultButton = NoButton)**. Функция возвращает название кнопки, которую нажал пользователь.

Важной частью Qt является система сигналов и слотов, позволяющая отправлять «сообщение» от одного объекта другому. Как следует из названия, для работы требуется отправитель сообщения-сигнала и получатель – слот.

Пример: Необходимо показать текст в консоли через 5 секунд после запуска. Для начала создаём класс-получатель сигнала. Он должен наследоваться от `QObject`, содержать макрос `Q_OBJECT` и располагаться в `h`-файле.

```
class TestTimer : public QObject
{
    Q_OBJECT
```

// Слоты-функции, которые вызываются при срабатывании какого-то сигнала

```
public slots:
```

```
void OnTimeout() const
```

```
{
```

```
    std::cout<<"Timeout!";
```

```
}
```

```
};
```

Подключаем объект созданного класса к сигналу окончания времени таймера `QTimer`:

```
int main(int argc, char *argv[])
```

```
{
```

```
    QApplication a(argc, argv);
```

```
    TestTimer testTimer;
```

```
    QTimer timer;
```

```
    QObject::connect(&timer, &QTimer::timeout, &testTimer, &TestTimer::OnTimeout);
```

```
    timer.start(5000);
```

```
    return a.exec();
```

```
}
```

Как видно, для подключения слота к сигналу необходимо вызвать статическую функцию `QObject::connect`.

Аналогичный результат можно получить без создания класса-получателя сигнала, если использовать глобальную функцию. Ещё более краткий код получается, если использовать анонимные функции [3].

Для редактирования формы виджета, необходимо выбрать его в списке слева, после чего откроется редактор форм. Слева расположен список доступных элементов, которые можно расположить на виджете. Справа сверху – иерархия виджета. Справа снизу – свойства в данный момент выбранного элемента виджета.

Доступ ко всем элементам, которые были добавлены в виджет, осуществляется через переменную `ui`, которая находится в классе виджета.

Имя переменной элемента соответствует свойству `objectName`. Например, если была добавлена кнопка в форму, то подключение к сигналу нажатия на эту кнопку будет выглядеть так:

```
QObject::connect(ui->pushButton, &QPushButton::clicked, [this]()  
{  
    QMessageBox::critical(this, "Внимание!", "Вы нажали на кнопку!");  
});
```

Здесь `ui->pushButton` – получение указателя на кнопку с именем `pushButton`.

Но гораздо удобнее подключать сигнал к слоту через сам редактор форм. Для этого надо нажать правой кнопкой на элемент, к сигналу которого вы хотите добавить действие и выбрать «Перейти к слоту...». Далее в окне надо выбрать тот сигнал, к которому вы хотите подключиться.

Далее сам Qt автоматически добавит слот в класс виджета, вида: `on_название_Элемента_название_Сигнала`. Подключение слота к сигналу осуществляется автоматически на основании имени слота. Поэтому, если изменить имя элемента в редакторе формы, то слот перестанет работать и надо будет исправлять его имя вручную.

Разработанная программа является образцом простого оконного приложения. Важно, чтобы начинающий проработал каждый этап создания приложения для обретения первичных навыков. Такой опыт позволит в дальнейшем успешно решать более сложные задачи объектно-ориентированного программирования.

Список литературы

1. Qt. Профессиональное программирование [Текст] : разработка кроссплатформенных приложений на C++ / Марк Саммерфилд ; [пер. с англ. А. Слинкина]. - Санкт-Петербург ; Москва : Символ ; 2011. - 551 с. : ил.; 24 см. - (High tech).; ISBN 978-5-93286-207-0
2. QT 4: программирование GUI на C++ / Жасмин Бланшет, Марк Саммерфилд ; [пер. с англ. В. И. Казаченко]. - Москва : КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. - 628 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-91136-038-2
3. *Солдатенко И.С.* Практическое введение в язык программирования Си: учебное пособие / И.С. Солдатенко, И.В. Попов. Санкт-Петербург: Лань, 2018. 132 с. – ISBN 978-5-8114-3150-2. – URL: <https://e.lanbook.com/book/109619> (дата обращения: 14.07.2020). Текст: эл.

2.3.1

В.Т. Бобронников д-р техн. наук, А.К. Дьячук канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», институт «Аэрокосмический», кафедра «Системный анализ и управление», Москва, vlbobronnikov@yandex.ru, annakd16@mail.ru

РАЗРАБОТКА МАКЕТА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Создан макет системы поддержки принятия решений при формировании гибридной ветродизельной системы энергоснабжения для автономного потребителя энергии с учетом функционального, затратного, эксплуатационных и экологического показателей ее эффективности. Представлены результаты расчета частных показателей и выбора оптимальных параметров системы, предназначенной для ее эксплуатации в г. Анадырь, Чукотская АО, полученные с использованием данного макета. Макет может быть преобразован в реальную систему поддержки принятия решений после доработки базы данных системы.

Ключевые слова: ветродизельная система, автономный потребитель, имитационная функциональная модель, экономическая модель, система поддержки принятия решений, многокритериальная оптимизация.

Введение. Зеленая энергетика интенсивно развивается как дополнение и замена традиционных углеводородных систем энергоснабжения. Одним из направлений такого развития являются ветродизельные системы энергоснабжения (ВДЭС) индивидуальных потребителей или небольших населенных пунктов, расположенных в удаленных районах и не имеющих возможности пользоваться сетевой энергией.

Начальным этапом создания ВДЭС по заказу потребителя энергии (ПЭ) является этап формирования облика системы, то есть выбор ее структуры и параметров компонентов, с учетом мощности, запрашиваемой ПЭ, климатических условий в месте развертывания системы, а также различных показателей ее эффективности. С позиций системного анализа такую задачу принято называть задачей синтеза системы [1].

Данная статья является продолжением исследования [2], посвященного решению задачи синтеза ВДЭС. Целью статьи является разработка макета системы поддержки принимаемых решений (СППР), реализованной в виде программного комплекса и предназначенной для использования при синтезе ВДЭС по заказу ПЭ.

1. Постановка задачи. Рассматривается ВДЭС, состав, структура и схема функционирования которой подробно описаны в [2]. Требуется сформировать рациональный облик ВДЭС, выбрав основные параметры системы [3, 4]: установленную мощность ветрогенератора (ВГ) $N_{ВГ}$, номинальную мощность дизельного генератора (ДГ) $N_{ДГ}$ и емкость аккумуляторной батареи (АБ) $E_{АБ}$ с учетом рассматриваемых показателей эффективности системы и ограничений.

На практике такой выбор обычно осуществляет лицо, принимающее решение (ЛПР), опираясь на свой профессиональный опыт и субъективные предпочтения [1, 5, 6]. Работу ЛПР можно сделать более эффективной, а результат – количественно более обоснованным, если задача будет решаться с применением СППР.

При использовании СППР работа ЛПР при формировании облика ВДЭС сводится к заданию условий функционирования ВДЭС, выбору критерия предпочтения, учитывающего рассматриваемые показатели эффективности системы, метода оптимизации из набора методов, заложенных в систему [1, 7].

В созданном макете СППР учитываются функциональный, экономический, эксплуатационные и экологический показатели эффективности ВДЭС.

В качестве главного критерия эффективности ВДЭС рассматривается прогнозируемая относительная удельная стоимость энергии $J_{ВДЭС}$, получаемой с помощью ВДЭС, вычисляемая как отношение суммарных затрат на создание и эксплуатацию ВДЭС $C_{ВДЭС}$ к аналогичным затратам при использовании исключительно дизельной системы (ДЭС) $C_{ДЭС}$. Этот показатель рассчитывается с помощью функциональной и экономической моделей ВДЭС.

Функциональная модель является имитационной [2]. Она рассчитывает количество энергии, вырабатываемой ВГ и ДГ при их совместном использовании в составе ВДЭС. Экономическая модель позволяет рассчитать суммарные затраты на приобретение, доставку, развертывание и эксплуатацию системы.

Создание ВДЭС будет более привлекательным для ПЭ, если удельная стоимость энергии, получаемой с помощью ВДЭС, будет соизмерима с ее стоимостью при использовании только ДЭС. Одним из вариантов достижения этого условия может быть государственная финансовая поддержка проекта (ГП).

Суммарные затраты также можно снизить, утилизируя избыточную энергию, вырабатываемую ВГ в периоды сильного ветра при полностью заряженной АБ ограниченной емкости.

Поэтому в макете предусмотрена возможность решения задачи синтеза ВДЭС при четырех вариантах расчета показателя $J_{кВт ч}$: Вар. 1 – номинальный (без ГП и без утилизации (УТ)), Вар. 2 – с ГП, Вар. 3 – с УТ, Вар. 4 – совместно с ГП и УТ. Очевидно, что Вар. 4 для ПЭ будет экономически наиболее эффективным.

Эксплуатационную эффективность ВДЭС характеризуют два показателя: среднемесячное число включений ДГ $n_{вкл}$ ДГ и коэффициент утилизации избыточной энергии $K_{УТ}$ как отношение суммарной утилизируемой энергии в суммарной энергии, вырабатываемой ВГ.

Экологическим показателем является коэффициент замещения $K_{ЗАМ}$ как отношение энергии, полученной ПЭ с помощью ВГ в составе ВДЭС в течение расчетного периода эксплуатации ВДЭС, к суммарной энергии, полученной ПЭ в течение этого периода.

Основными проектными параметрами ВДЭС, подлежащими выбору при решении задачи синтеза системы, являются установленная мощность ВГ $N_{ВГ}$ и ёмкость АБ $E_{АБ}$. Мощность ДГ $N_{ДГ}$ целесообразно принимать равной максимальной (пиковой) мощности $N_{ПЭ}$, запрашиваемой ПЭ.

2. Общая схема решения задачи синтеза ВДЭС. Функциональная схема СППР показана на рис. 1. Основными компонентами СППР являются: ядро системы, база данных и интерфейсы для взаимодействия оператора с системой.

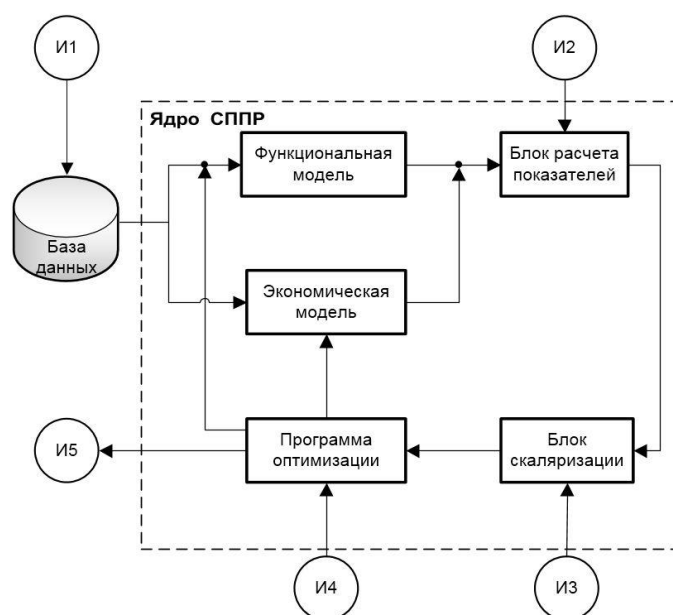


Рис. 1 – Функциональная схема СППР

Компонентами ядра СППР являются: функциональная и экономическая модели, блок расчета частных показателей эффективности системы, блок скаляризации, в котором формируется скалярный критерий предпочтения, учитывающий рассматриваемые частные показатели эффективности ВДЭС, набор программ для решения задачи оптимизации параметров $N_{ВГ}$ и $E_{АБ}$ методами математического программирования.

База данных содержит: варианты циклограмм нагрузок ПЭ, характеристики ветра для возможных мест развертывания системы на территории РФ функциональные и стоимостные характеристики компонентов ВДЭС, представленных на рынке.

Инициализация программы макета осуществляется через входные интерфейсы, в которых задаются (см. рис. 1):

- циклограмма нагрузок ПЭ и параметры скорости ветра в планируемом месте эксплуатации системы, извлекаемые из базы данных (И1);
- список показателей эффективности ВДЭС и ограничений, подлежащих учету по согласованию с заказчиком (И2);
- способ формирования скалярного критерия предпочтения из предлагаемого набора способов (И3);
- метод решения задачи оптимизации из числа включенных в ядро программы (И4);
- начальное приближение для решения оптимизационной задачи (И4).

В качестве вычислительных алгоритмов для решения задачи оптимизации в макете предусмотрены: метод случайного покоординатного поиска, метод равномерно распределенных последовательностей Холтона [7], программы оптимизации *fmincon*, *fminsearch* системы программирования *Matlab*.

Выходной интерфейс (И5) решает следующие задачи:

- визуализация введенных исходных данных и процесса решения оптимизационной задачи;
- визуализация и документирование результатов решения задачи синтеза ВДЭС: выбранные значения параметров $N_{ВГ}^*$, $E_{АБ}^*$ и $N_{ДГ}^*$, а также значения показателей ее эффективности, для их представления заказчику системы.

Общий вид окна макета СППР приведен на рис. 2.

СППР для синтеза облика ВДЭС

Исходные данные для расчёта

Наименование региона:

Мощность $N_{\text{потр}}$, запрашиваемая потребителем: [кВт]

Параметры модели: [2 .. 7; 5.. 30]

$N_{ВГ}$: Номинальная мощность ВГ, кВт

$E_{АБ}$: Емкость АБ, кВтч

Вариант расчета критерия стоимости:

Оптимизация

Учет ограничений в методе главного критерия

Ограничения

$M_{N_ВКЛ_ДГ}$: ☒

$K_{ИЗБ}$, %: ☐

$K_{ЗАМ}$, %: ☐

Метод оптимизации:

Способ аппр-ции показателей:

Результаты

Векторный критерий эффективности:

$J_{ВДЭС}$	$M_{N_ВКЛ_ДГ}$	$K_{ИЗБ}$	$K_{ЗАМ}$
1.07434	6.53092	22.5546	60.7005

Число пробных точек:

Рис. 2 – Окно макета СППР

3. Численный пример. Для иллюстрации возможностей разработанного макета был рассмотрен пример решения задачи синтеза ВДЭС при ее разворачивании в г. Анадырь, Чукотская АО.

Предполагалось, что мощность, запрашиваемая ПЭ, $N_{ПЭ}=1$ кВт остается постоянной в течение суток и года. Мощность ДГ $N_{ДГ}=N_{ПЭ}$. Расчетное время эксплуатации системы принималось равным 10 годам. Параметры функциональной и экономической моделей взяты из [2].

Для выбора рациональной стратегии формирования скалярного критерия предпочтения, учитывающего частные показатели эффективности системы, предварительно была решена задача анализа данной системы. Для этого были рассчитаны рассматриваемые показатели эффективности ВДЭС при вариациях $N_{ВГ} \in [2; 0.5; 7]$ кВт и $E_{АБ} \in [5; 2.5; 30]$ кВт·ч.

В результате решения задачи анализа было установлено:

1) При используемой экономической модели главный критерий $J_{ВДЭС}$ и показатель $n_{ВКЛ ДГ}$ практически не зависят от емкости АБ $E_{АБ}$.

2) При увеличении $N_{ВГ}$ критерий $J_{ВДЭС}$ возрастает практически линейно, а показатель $n_{ВКЛ ДГ}$ убывает по экспоненциальному закону.

Значения $J_{ВДЭС}$ и $n_{ВКЛ ДГ}$ при вариациях $N_{ВГ}$ и $E_{АБ}$ на «плоскости достижимости» $J_{ВДЭС}$ ($n_{ВКЛ ДГ}$) показаны на рис. 3.

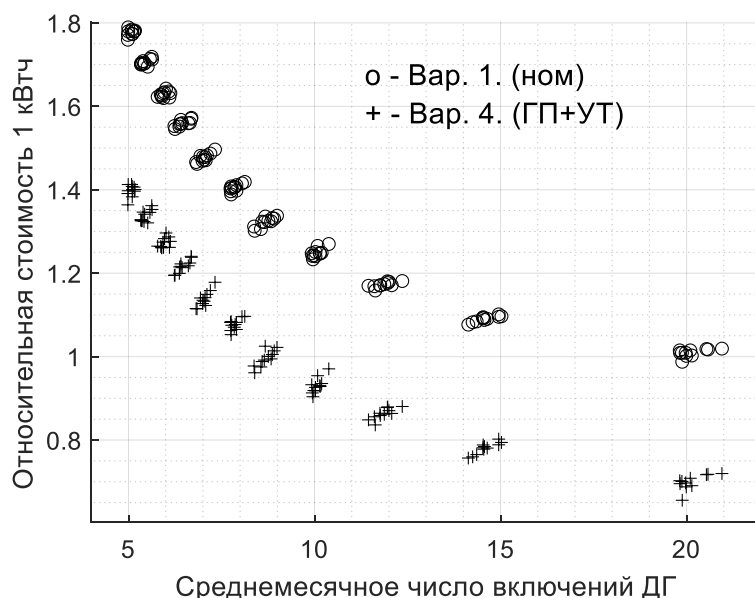


Рис. 3 – Точки достижимости критерия $J_{ВДЭС}$ и показателя $n_{ВКЛ ДГ}$ при вариациях параметров ВДЭС $N_{ВГ}$ и $E_{АБ}$

3) Показатели $K_{УТ}$ и $K_{ЗАМ}$, в основном, зависят от характеристик ветра в месте разворачивания системы и слабо зависят от характеристик самой ВДЭС.

Опираясь на эти выводы, было сформулировано следующее правило преобразования рассматриваемых частных показателей эффективности системы в задачу условной оптимизации скалярного критерия:

$$[N_{ВГ}^*, E_{АБ}^*] = \arg \min (J_{ВДЭС}(N_{ВГ}, E_{АБ}), n_{ВКЛ ДГ}(N_{ВГ}, E_{АБ}) \leq n_{ВКЛ ДГ}^*, (1)$$

где $n_{ВКЛ ДГ}^*$ – допустимое среднее число включений, задаваемое оператором по согласованию с ПЭ – заказчиком системы.

Как следует из (1), показатели $K_{УТ}$ и $K_{ЗАМ}$ при решении задачи оптимизации не учитываются. Их значения только вычисляются для выбранных параметров ВДЭС и сообщаются ПЭ.

Для решения задачи оптимизации (1) был применен метод равномерно распределенных последовательностей Холтона. Полученные оптимальные значения $N_{ВГ}^*$ и $E_{АБ}^*$ для четырех вариантов экономической модели системы при ограничении $n_{ВКЛ ДГ}^* = 7$ и соответствующие значения частных показателей эффективности системы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты решения задачи оптимизации ВДЭС в примере

Параметр Вариант	$J_{ВДЭС}^*$	$N_{ВГ}^*$, кВт	$E_{АБ}^*$, кВт·ч	$K_{изб}$	$K_{зам}$
Вар. 1. ном.	1.4501	5.0186	19.6319	22.4261	60.7687
Вар. 2. ГП.	1.2501	5.0186	19.6319	22.4261	60.7687
Вар. 3. УТ	1.2774	5.0186	19.6319	22.4261	60.7687
Вар.4. ГП+УТ	1.0743	5.0054	19.1442	22.5546	60.7005

Как видно из данных табл. 1, при $n_{вкл ДГ}^* = 7$ критерий $J_{ВДЭС}^*$ можно уменьшить с 1.45 для Вар. 1 (номинальный) до 1.07 для Вар. 4 (с ГП и УТ). Это означает, что при данном варианте ВДЭС стоимость 1 кВт·ч энергии близка к ее стоимости при использовании ДЭС.

Условие $J_{ВДЭС}^* \leq 1$ можно выполнить, увеличив допустимое среднее число включений ДГ $n_{вкл ДГ}^*$ (см. рис. 3). Однако частые включения ДГ вручную усложнят эксплуатацию системы. Эту проблему можно устранить, применяя ДГ, запускаемый автоматически по командам контроллера ВДЭС. Но при этом варианте общая стоимость системы также возрастет.

Также можно отметить весьма высокое значение коэффициента замещения $K_{зам} \approx 60\%$, достижимое из-за сильных ветров в Чукотском АО.

Заключение. Разработан макет системы поддержки принятия решений при формировании облика ветродизельной энергетической системы для автономного потребителя с учетом нескольких показателей ее эффективности. Приведенный численный пример иллюстрирует работоспособность созданного макета.

Макет может быть преобразован в реальную СППР после внесения в его базу данных необходимой информации о характеристиках ветра в различных регионах страны, о характеристиках доступных компонентов ВДЭС, представленных на рынке, а также актуальных данных о затратах на приобретение, логистику, развертывание, эксплуатацию и техническое обслуживание системы.

Список литературы

1. Бобронников В.Т. Системный анализ в инженерных исследованиях. Учебное пособие. – М.: Издательство МАИ, 2018. – 144 с.: ил.
2. Bobronnikov V., Trifonov M. Technique of a wind-diesel power system formation for a stand-alone consumer using a cost-efficiency criterion: systems approach. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2022. T. 11. № 5. С. 288- 295.
3. Shivaie M. et al. A reliability-constrained cost-effective model for optimal sizing of an autonomous hybrid solar/wind/diesel/battery energy system by a modified discrete bat search algorithm // Solar Energy. 2019. Vol-189. P. 344-356. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.07.075>
4. Kaldellis J. K. (ed.) Stand-Alone and Hybrid Wind Energy Systems Technology, Energy Storage and Applications. Woodhead Publishing. 2010. 576 p.
5. Bonczek R.H., Holsapple C.W., Whitston A.V. Foundations of Decision Support Systems. Academic Press, 1981. ISBN 978-0-12-113050-3.
6. Макшанов А.В., Журавлев А.Е., Тындыкаръ Л.Н. Системы поддержки принятия решений. Учебное пособие. 2-е изд., С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 108 с. ISBN 978-5-8114-8489-8.
7. Медынский М.М., Дьячук А.К. Численные методы оптимизации с использованием системы MAPLE 11. Учебное пособие. – М.: МАИ–ПРИНТ, 2009. – 288 с.: ил.

2.3.1

¹Н.Н. Васин д-р техн. наук, ¹С.А. Сарычева, ²А.Л. Золкин канд. техн. наук

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»,
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Самара,

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника»,
Самара, ats@samgups.ru, snezhana.sarycheva.97@mail.ru, alzolkin@list.ru

КОНФИГУРИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА EIGRP КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье отмечено, что в настоящее время телекоммуникационные системы являются критически важными для связи, передачи данных и информации между людьми, компаниями и организациями. Системы связи и передачи данных позволяют операторам железнодорожного транспорта управлять движением поездов, контролировать состояние оборудования и отслеживать положение грузов. Это улучшает качество обслуживания и повышает производительность железнодорожной инфраструктуры. Авторы делают акцент на том, что специалисты в области сетевых технологий являются востребованными на рынке труда, так как они играют ключевую роль в создании, поддержке и развитии сетевых инфраструктур железнодорожной отрасли. Эти специалисты занимаются проектированием, настройкой и администрированием компьютерных сетей, а также обеспечивают безопасность сетевых систем и данных технологического процесса. Благодаря развитию технологий и расширению сетевой инфраструктуры, специалисты в сетевой области будут продолжать быть востребованными в ближайшем будущем. Именно поэтому, как отмечают авторы, необходимо формирование высококвалифицированных специалистов за счет совершенствования образовательного процесса в высшем учебном заведении. В работе отмечено, что лабораторные работы по сетевым технологиям являются важным компонентом формирования профессиональных компетенций в области информационных технологий. Они обеспечивают обучающихся необходимыми практическими навыками, которые помогают им понимать и применять современные сетевые технологии. В работе также рассматривается принцип конфигурирования протокола EIGRP, который может стать способом формирования профессиональных компетенций для специалистов в области железнодорожного транспорта. Итогом работы является заключение касательно того, что в свете быстро меняющейся технологической обстановки и растущего спроса на высококвалифицированных специалистов в области телекоммуникаций, лабораторные работы по сетевым технологиям играют важную роль в подготовке будущих профессионалов для обеспечения эффективности технологических процессов железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: технологический процесс, протокол EIGRP, конфигурирование, профессиональные компетенции, системы передачи информации, устойчивость сетей, телекоммуникационные системы, системы коммутации, лабораторное оборудование, базовые характеристики маршрутизаторов, конфигурирование устройств, передача пакетной информации.

Формирование профессиональных компетенций обучающихся железнодорожной отрасли является важным аспектом в обучении будущих специалистов в данной области. В современной железнодорожной индустрии, где важность эффективного использования ресурсов и оптимизации процессов достигает критических значений, специалистам

необходимо постоянно совершенствовать свои навыки и умения. Одним из ключевых компонентов успешной работы в этой области является настройка протокола EIGRP, который позволяет улучшить производительность сети и обеспечить более эффективное управление данными.

Именно поэтому целью работы является рассмотрение принципа работы протокола EIGRP как способа формирования профессиональных компетенций у обучающихся в области сетевых технологий.

Задачи, поставленные в ходе исследования:

- обосновать значимость телекоммуникационных систем в современном мире;
- выявить потребность в формировании профессиональных компетенций в области сетевых технологий обучающихся железнодорожной отрасли;
- рассмотреть принцип выполнения лабораторной работы по сетям пакетной коммутации как способа формирования навыков и умений в области телекоммуникаций обучающегося;
- сделать вывод о востребованности подготовки высококвалифицированных кадров в области сетевых технологий.

Методы исследования. Сеть передачи информации (СПИ) – это комплекс технических и программных средств, предназначенных для передачи данных между компьютерами, серверами и другими устройствами внутри сети или между сетями [1].

СПИ может включать в себя различные компоненты, такие как сетевые интерфейсы, маршрутизаторы, коммутаторы, сетевые кабели и другие устройства [2]. СПИ использует различные протоколы передачи данных, такие как TCP/IP, FTP, HTTP, DNS и другие. Протоколы дают возможность устройствам, подключенным к сети, обмениваться информацией и выполнять определенные функции [3].

Недостатки СПИ могут включать в себя проблемы безопасности и конфиденциальности, сбои в работе, а также трудности в настройке и обслуживании.

Телекоммуникационные системы могут быть связаны с сетью передачи данных различными способами, в зависимости от типа системы и требований к передаче данных. Некоторые из основных методов связи между телекоммуникационными системами и сетью передачи данных включают:

1. использование модема. Модемы позволяют переводить данные из цифрового формата в аналоговый и обратно, что позволяет передавать данные по телефонной линии или другим типам соединений;
2. использование маршрутизатора. Маршрутизаторы позволяют маршрутизировать данные между различными сетями, в том числе между телекоммуникационными системами и сетью передачи данных;
3. использование протоколов передачи данных. Существуют различные протоколы передачи данных, такие как TCP/IP, которые могут использоваться для связи между телекоммуникационными системами и сетью передачи данных;
4. использование сетевых интерфейсов. Сетевые интерфейсы позволяют связывать различные устройства в сети, включая телекоммуникационные системы и сеть передачи данных [4].

Важность телекоммуникационных систем заключается в следующем:

1. соединение людей: телекоммуникационные системы позволяют людям обмениваться информацией и общаться на расстоянии;
2. улучшение бизнес-процессов: телекоммуникационные системы позволяют компаниям и организациям связываться с клиентами и партнерами, управлять данными и процессами, повышать эффективность и улучшать качество продукции и услуг;
3. улучшение качества жизни: телекоммуникационные системы позволяют людям получать доступ к информации, образованию, здравоохранению и другим сервисам, что улучшает их качество жизни;

4. экономический рост: телекоммуникационные системы играют важную роль в развитии экономики, позволяя компаниям расширять свой бизнес, улучшать производительность и привлекать новых клиентов;

5. улучшение общественной безопасности: телекоммуникационные системы используются правоохранительными органами для обеспечения безопасности и защиты граждан [6].

Таким образом, телекоммуникационные системы являются неотъемлемой частью современной жизни и играют важную роль в улучшении коммуникации, бизнеса, экономики и общественной безопасности. Специалисты в области сетевых технологий являются одними из наиболее востребованных на рынке труда [5,7].

Результаты исследования. Лабораторные работы по сетевым технологиям являются обязательной частью обучения студентов-железнодорожников. Они выполняют важную роль в формировании компетенций и умений в области сетевых технологий.

Во-первых, лабораторные работы помогают студентам понять основные принципы работы компьютерных сетей. Они получают возможность ознакомиться с различными протоколами, настройками сетевых устройств и пониманием принципов организации сетевых взаимодействий. Это позволяет им глубже понимать теоретический материал и применять его на практике.

Во-вторых, лабораторные работы сетевых технологий позволяют студентам продемонстрировать свои навыки и умения в работе с сетевым оборудованием. Они имеют возможность на практике настраивать, тестировать и отлаживать сетевые системы. Это помогает им понять основные ошибки и проблемы, которые могут возникнуть в работе сетей и разработать методы их решения.

Наконец, лабораторные работы по сетевым технологиям существенно улучшают уровень подготовки студентов-железнодорожников. Они учатся работать с современным сетевым оборудованием, получают практический опыт работы в команде и усваивают процедуры проверки достоверности пересылаемых данных.

Именно поэтому как один из способов формирования профессиональных компетенций в области сетевых технологий обучающихся железнодорожных вузов предлагается рассмотреть поэтапное выполнение лабораторной работы в программном эмуляторе сети «Cisco Packet Tracer» под названием «Конфигурирование протокола EIGRP».

EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) – это протокол динамической маршрутизации, который используется для управления трафиком внутри сети. Конфигурирование EIGRP является важным навыком для специалистов в области железнодорожного транспорта, поскольку оно позволяет управлять маршрутизацией данных и обеспечивать надежность и безопасность сети [8,9].

Компетенции, которые могут быть развиты через конфигурирование протокола EIGRP, включают:

1. знание основных принципов маршрутизации. Конфигурирование EIGRP требует понимания основ маршрутизации и способов обеспечения эффективного пути трафика между узлами сети;

2. умение исправлять ошибки в работе сети. Во время конфигурирования EIGRP может возникнуть целый ряд ошибок в работе, таких как неправильные настройки, проблемы с маршрутизацией и т.д. Для эффективной работы сети необходимо умение быстро определять и устранять подобные ошибки;

3. навыки работы с сетевыми устройствами. При работе с протоколом EIGRP необходимо иметь практические навыки работы с сетевыми устройствами, такими как маршрутизаторы и коммутаторы.;

4. умение управлять трафиком в сети. EIGRP позволяет управлять трафиком внутри сети, обеспечивая быстрое и эффективное перемещение данных между узлами. Разработка навыков управления трафиком является важным аспектом профессиональной компетенции специалистов в области железнодорожного транспорта;

5. умение работать в команде. Для эффективного конфигурирования EIGRP необходимо уметь работать в команде и координировать свои действия с другими участниками проекта. Работа в команде увеличивает эффективность работы команды и помогает достичь лучших результатов [10,11].

Цель лабораторной работы заключается в изучении принципов конфигурирования динамической маршрутизации в сетях пакетной коммутации. Она направлена на получение знаний и умений в конфигурировании протокола EIGRP. Для этого необходимо сформировать схему сети пакетной коммутации. Для этого используются в рамках данной лабораторной работы 3 маршрутизатора серии 2911, 4 коммутатора серии 2960, а также 4 оконечных устройства (табл. 1, рис.1).

Таблица 1 – Исходные данные

Протокол	Сеть 1	Сеть 2	Сеть 3	Сеть 4
EIGRP	192.168.20.24/29	172.16.20.96/27	10.1.30.0/27	192.168.10.96/28

В целом, разработка компетенций в конфигурировании протокола EIGRP является важной частью профессионального развития специалистов в области железнодорожного транспорта. Эти навыки помогут специалистам обеспечивать безопасность и надежность сети, управлять трафиком и достигать лучших результатов при работе в команде.

Сеть 5 имеет адрес 200.5.5.0/30, Сеть 6 – 200.5.5.4/30.

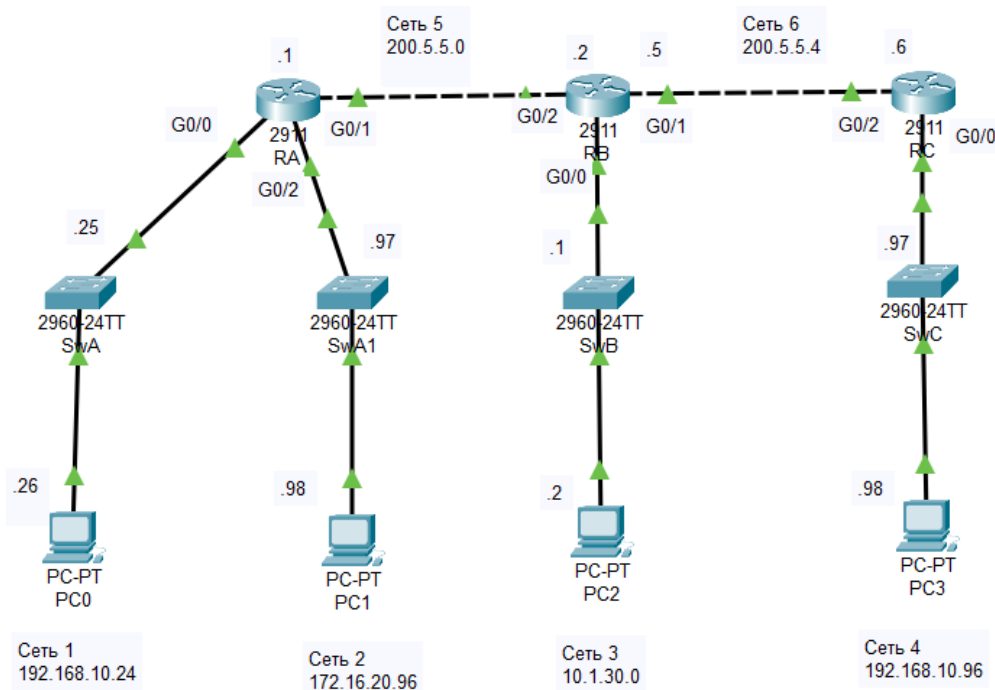


Рисунок 1 – Схема сконфигурированной сети пакетной коммутации

Вначале необходимо проверить конфигурацию на всех маршрутизаторах. На всех маршрутизаторах сконфигурируем протокол маршрутизации EIGRP. Составной сети представлена как автономная система, под номером 71. При адресации типа classless в сетях EIGRP можно адресовать подсети с использованием масок переменной длины, причем, масок типа wildcard-mask. Подобная маска получается путем инвертирования обычной маски подсети. Далее выполняем проверку верификации конфигурации всех маршрутизаторов.

Административное расстояние включает код протокола 90 и вычисленную метрику, рассчитанные для полосы пропускания равной 1000000 кбит/с. Задержка интерфейсов GigabitEthernet равна 100 мкс.

Далее модифицируем схему сети (рис. 2).

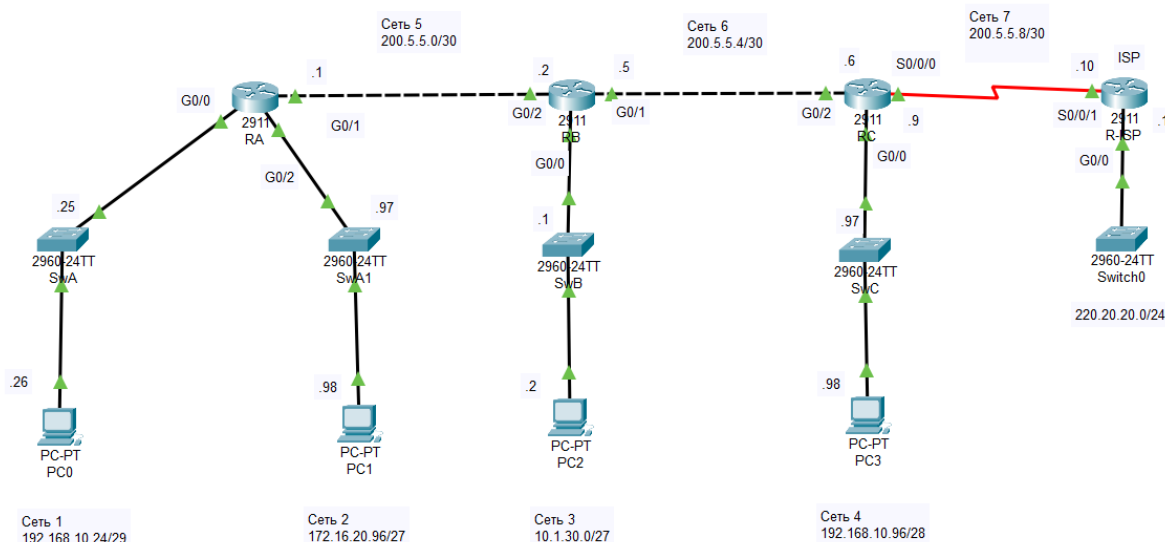


Рисунок 2 – Схема модифицированной сети пакетной коммутации

После чего необходимо сконфигурировать интерфейсы маршрутизаторов. Далее необходимо создать на RC маршрут по умолчанию в сеть R-ISP и статический маршрут к сетям предприятия. Импортированные маршруты получают метку EX в таблице маршрутизации и административное расстояние 170.

Таким образом, в ходе проведения лабораторной работы проведено ознакомление с протоколом динамической маршрутизации в сетях пакетной коммутации. Сконфигурированы протоколы вектора расстояния RIP-2 и EIGRP.

Заключение. В современном мире, где технологии играют все более важную роль в нашей жизни, спрос на специалистов в области сетевых технологий только растет. Именно поэтому для формирования профессиональных компетенций будущих инженеров необходимо внедрение эффективных способов изучения основ пакетной коммутации. Лабораторный практикум по сетевым технологиям позволяет обучающимся получить практические навыки работы с различным оборудованием и программным обеспечением, а также углубить свои знания в области сетевых технологий.

Список литературы:

1. Сарычева, С.А. Разработка комплекса лабораторных работ по технологиям компьютерных сетей для изучения передачи пакетной коммутации / С. А. Сарычева, А. О. Кочетова, А. Е. Тарасова // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05-16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – 166 с.
2. Кочетова, А.О. Рассмотрение цепей с взаимной индуктивностью / А. О. Кочетова, С. А. Сарычева // Научная статья года 2022: Сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 30 мая 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 17-21.
3. Чирков М.А., Лачина Т.А., Чистяков М.С. Знания и информация как синергия платформенного подхода цифровизации глобального развития// Свободная мысль. – 2020. – С. 37-44. DOI: 10.24411/0869-4435-2020-00003.
4. Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – М.: ИНТУИТ. 2017. – 408 с.
5. Минеев Н.В., Мельникова М.А., Зерняев Д.В. Формирование профессиональных компетенций обучающихся СПО: на примере подготовки специалистов железнодорожного транспорта // Современное педагогическое образование. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-professionalnyh-kompetentsiy-obuchayuschihsya-spo-na-primere-podgotovki-spetsialistov-zheleznodorozhnogo-transporta> (дата обращения: 04.04.2023).

6. Тарасов Е.М., Надежкин В.А., Золкин А.Л., Сарычева С.А. Разработка комплекса мероприятий по работе с современными телекоммуникационными системами в условиях вуза // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 3. С. 103-110.
7. Васин Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 284 с.
8. Yumashev A, Koneva E, Borodina M, et al. Electronic apps in assessing risk and monitoring of patients with arterial hypertension. La Prensa Medica Argentina 2019;105 (4), 235-245.
9. Тарасов Е.М., Надежкин В.А., Золкин А.Л., Сарычева С.А., Кочетова А.О. Формирование кадрового потенциала на железнодорожном транспорте: тенденции подготовки специалистов в сфере телекоммуникационных технологий// Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 3. С. 111-117.
10. Васин Н.Н. Основы построения сетей пакетной коммутации [Электронный ресурс]. Учебное пособие. М.: ИНТУИТ <https://intuit.ru/studies/courses/3645/887/info> (Дата обращения: 21.11.2022).
11. Надежкин, В.А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // Образование – Наука – Производство : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 169-173.

2.3.1.

В.В. Воробьева, И.Б. Гинзбург канд. техн. наук, Ю.Н. Кондрашов д-р техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, wws1550@gmail.com, iliagi@mail.ru, jkondr@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В СРЕДЕ JUPYTERLAB

В статье проанализированы потребности дистанционного обучения при проведении лабораторных и практических занятий по использованию языка программирования Python для анализа данных и визуализации полученных результатов. Предложено решение задачи обеспечения проведения дистанционного обучения с использованием веб-приложения и программных модулей для анализа данных, установленных на сервере. Это позволяет эффективно проводить занятия без дополнительных программных средств, кроме стандартного веб-браузера, на стороне клиента, а также работать с большими выборками данных на сервере.

Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторный практикум, проблемы дистанционного обучения, Python, Project Jupyter, анализ данных.

Для анализа данных требуется наличие различного установленного программного обеспечения (ПО), самих анализируемых данных, а также специфическое оборудование, обладающее большим объемом оперативной и постоянной памяти для работы с большими наборами данных. В профессиональной повседневной работе наличие всего этого у специалиста, занимающегося анализом данных, вполне естественно. Однако при обучении программированию будет слишком затратным требовать от каждого учащегося наличия аппаратной конфигурации, соответствующей требованиям современного ПО для анализа данных. В результате должны использоваться лабораторные классы с необходимым оборудованием. В таких условиях эффективное дистанционное обучение является затрудненным при наличии возможности удаленного подключения студентов к компьютерам в лабораторных классах, либо невозможно, если подключиться к лабораторным компьютерам нельзя.

Чтобы преодолеть эти проблемы, необходимо, помимо прочих способов обучения, развивать способы дистанционного обучения [1] и учитывать это при создании любых новых учебных систем. Для дисциплин, где уже удалось обеспечить адаптацию учебных материалов, используемых средств и учебного процесса к дистанционному формату взаимодействия с учащимися заметно повышение заинтересованности учащихся, интенсивности обучения и улучшение достигаемых результатов по сравнению с традиционной формой обучения.

Для обеспечения доступности преподавателям и учащимся на персональных стационарных и мобильных устройствах и в лабораторных классах средств анализа данных и вычислительных мощностей предлагается использовать унифицированную клиент-серверную среду с веб-интерфейсом на основе JupyterLab [2], которая позволит, как и в случае с обучением проведению математических расчетов [3], пользоваться всем необходимым ПО и средой разработки без необходимости установки и конфигурирования на стороне клиента при наличии доступа в Интернет, либо с локальной установкой всего набора ПО при отсутствии доступа в Интернет. Поскольку все составляющие среды разработки и программные компоненты для анализа данных являются ПО с открытым исходным кодом, то никаких лицензионных ограничений нет.

Для обучения анализу данных на сервере, в отличие от клиентского устройства, можно установить сразу все популярные библиотеки, чтобы у учащихся была возможность их сравнивать и выбирать необходимые для анализа различных данных.

В качестве основы при обучении автоматизированному анализу данных с помощью языка Python можно выбрать библиотеки **pandas** [4] и **seaborn** [5].

В этой связке **pandas** отвечает за обработку и анализ данных. Предоставляет структуры для эффективной работы с большими объемами табличных данных и инструменты для работы с данными временных рядов. Поддерживает чтение и запись разных форматов данных, таких как CSV, JSON, SQL, BigQuery, Excel и базы данных.

Pandas предоставляет две основные структуры данных для хранения и обработки данных: **Series** и **DataFrame**. **Series** – это подобие одномерного массива, который может содержать данные любого типа, идентичен столбцу в электронной таблице или полю в таблице базы данных. **DataFrame** – это двумерная таблица данных со строками и столбцами, аналог электронной таблицы или таблицы базы данных.

В библиотеке **pandas** реализовано множество способов индексирования и выборки данных, включая индексирование на основе меток (с использованием меток строк и столбцов) и индексирование на основе позиций (с использованием целочисленных индексов).

Присутствуют функции для обработки отсутствующих данных, например, заполнение отсутствующих значений указанным значением или удаление строк или столбцов с отсутствующими данными.

Есть функции для слияния и объединения данных из разных источников, таких как файлы различных форматов и базы данных.

Pandas предлагает функции для группировки и агрегации данных, включая вычисление среднего, медианы и стандартного отклонения группы значений. Имеет поддержку работы с данными временных рядов, включая функции повторной выборки и смещения данных временных рядов. Обладает возможностями построения графиков.

Благодаря этим возможностям **pandas** является популярной библиотекой для анализа данных на языке Python.

Однако **pandas** не лишена недостатков. Существенным недостатком является плохая совместимость **pandas** с трехмерными матрицами, поэтому для обработки многомерных массивов лучше использовать **NumPy**.

Библиотека **seaborn** используется для создания визуализаций статистических данных. Построена на основе **Matplotlib** и предоставляет высокоуровневый интерфейс для создания статических, анимированных и интерактивных статистических графиков. Предоставляет различные функции для визуализации распределений, взаимосвязей между переменными и других типов статистических данных.

Функции для создания графиков включают точечные и линейные графики, гистограммы и графики распределения и др. Имеются настраиваемые параметры внешнего вида графиков, такие как изменение цветов, стилей и палитр.

Также имеются функции для оценки и визуализации статистических моделей, такие как линейная регрессия и ядерная оценка плотности.

Доступны специальные функции для визуализации категориальных данных, такие как блочные диаграммы, скрипичные графики и точечные диаграммы.

Присутствуют функции для визуализации данных временных рядов, такие как линейные графики и графики ядерной оценки плотности.

В отличие от **Matplotlib** с низкоуровневым интерфейсом **seaborn** имеет высокоуровневый интерфейс, что облегчает создание информативных статистических графиков и привлекательных визуализаций.

Пользователям доступны диаграммы отношений, диаграммы для категориальных данных, графики распределения, графики регрессии, матричные графики, сетки с несколькими графиками. Также имеются темы для оформления визуализаций **Matplotlib**.

Seaborn позволяет строить модели линейной регрессии и статистические временные ряды и хорошо работает со структурами данных NumPy и pandas, а также быстро визуализирует одномерные и двумерные данные.

Seaborn обладает достаточной простотой и высокой производительностью, что позволяет быстро визуализировать данные и представлять их в интерактивном и наглядном виде.

К недостаткам данной библиотеки можно отнести некоторые ограничения в интерактивности получаемых визуализаций данных, а также ограниченность возможностей настройки стилей получаемых визуализаций имеющимися стандартными стилями seaborn.

Однако несмотря на все названные недостатки библиотека seaborn используется для визуализации данных в эстетически привлекательной форме во многих специализированных приложениях и различных информационных системах для анализа данных.

В связи с вышесказанным изучение библиотек языка Python для анализа данных обязательно должно включать в себя изучение библиотек pandas и seaborn. В ходе проведенных испытаний данные библиотеки показали полную совместимость с JupyterLab.

В результате создания специализированных веб-приложений для анализа данных на базе JupyterLab могут решаться не только любые учебные задачи по анализу данных на языке Python при очном, дистанционном и гибридном обучении, но также могут быть созданы полноценные системы для профессионального анализа данных с веб-интерфейсом, которые позволяют не только учащемуся, но и профессиональному разработчику проводить различные исследования, осуществлять фильтрацию, преобразование и разработку моделей данных для извлечения полезной информации и принятия решений.

Список литературы

1. Бродский А.В., Гинзбург И.Б., Столярчук В.А. Эволюция способов дистанционного обучения // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №11. С. 24-26.
2. JupyterLab - JupyterLab 3.6.2 documentation [Электронный ресурс] URL: <https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения 27.03.2023).
3. Гинзбург И.Б., Кондрашов Ю.Н., Смирнов О.Л. Изучение библиотек языка Python для математических расчетов в среде JupyterLab // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. №3. С. 57-59.
4. pandas - Python Data Analysis Library [Электронный ресурс] URL: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения 27.03.2023).
5. seaborn: statistical data visualization [Электронный ресурс] URL: <https://seaborn.pydata.org/> (дата обращения 27.03.2023).

2.3.1

**Т.Э. Гельфман канд. техн. наук, А.П. Пирхавка канд. техн. наук,
В.О. Скрипачев, Е.В. Солдатов**

МИРЭА - Российский технологический университет, Москва,
skripatchevv@inbox.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Актуальность проблемы применения моделей для исследования надежности систем спутниковой связи определяется рядом факторов, среди которых значительное место занимает необходимость проведения проектных исследований, имитации испытаний и функционирования этих систем. Современные радиоэлектронные системы содержат тысячи компонентов, поэтому аналитический подход оказывается очень сложным. Получение численных значений показателей надёжности, то есть прогнозирование надежности систем спутниковой связи можно осуществить методом Монте-Карло с использованием предложенной программы моделирования резервированных систем на ранних этапах проектирования (технического предложения и эскизного проекта). Показано применение программы оценки вероятности безотказной работы радиоэлектронных систем методом Монте-Карло при различных методах резервирования, кратности резервирования и интенсивности отказов элементов для выбора наиболее перспективного варианта построения системы с точки зрения безотказности, быстродействия и массогабаритных параметров.

Ключевые слова: система спутниковой связи, радиоэлектронная система, надежность, метод Монте-Карло.

Современные системы спутниковой связи (ССС) используют для решения большого круга задач: спутниковое телевидение, спутниковая связь, обеспечение ретрансляции сигналов с различных космических аппаратов, осуществляющих мониторинг окружающей среды и т.д. Проблема обеспечения высокой надежности является актуальной для всех типов СССР. При анализе надежности СССР выделяют аспекты элементной и структурной надежности. На повышение элементной надежности влияет усовершенствование элементной базы за счет новых материалов и перспективных технологий. Структурная надежность связана с выбранной структурой системы, с качеством её проектирования. Уровень надежности СССР определяет конкурентоспособность вновь создаваемых систем на внешнем и внутреннем рынке. Постоянное усложнение функций СССР, рост предъявляемых к ним требований, влияние факторов околоземного космического пространства обуславливают необходимость математического моделирования показателей надежности [1, 2].

Актуальность проблемы применения моделей для исследования надежности СССР определяется рядом факторов, среди которых значительное место занимает необходимость проведения проектных исследований, имитации испытаний и функционирования этих систем. Причем среди этапов жизненного цикла СССР особое место занимает этап проектирования, т. к. именно на нем закладывается та надежность, которая будет реализовываться при эксплуатации [3]. На ранних этапах проектирования (технического предложения и эскизного проекта) получение численных значений показателей надёжности, т.е. прогнозирование надежности СССР, невозможно без широкого использования методов математического моделирования, в частности метода Монте-Карло [1]. Методы математического моделирования уверенно вытесняют экспериментальные испытания макетных и опытных образцов, их удельный вес на ранних этапах проектирования постоянно снижается. Прогнозирование надежности систем на ранних этапах проектирования

позволяет уменьшить стоимость коррекции и изменения графика разработки, отработать модель системы с точки зрения повышения надежности.

Рассмотрим два этапа проектирования, на которых применяется прогнозирование надежности ССС.

1. Разработка и согласование технических требований по надежности. На этом этапе на базе результатов моделирования осуществляется принятие функционально-структурных и функциональных решений, позволяющих отодвинуть процессы старения и деградации элементов и системы в целом (например, герметизация, термостабилизация), а также прогноз надежности ССС при ориентировочной оценке числа элементов и экспоненциальной модели внезапных отказов, при последовательном соединении элементов и отсутствии резервирования.

2. Разработка эскизного проекта системы. Прогноз надежности ССС проводится методом Монте-Карло при выборе структурных и принципиальных схем, обеспечивающих расширение полей допусков на параметры ССС при анализе постепенных отказов, а также выборе методов резервирования при анализе внезапных отказов. При длительных сроках активного существования ССС наиболее часто используется скользящее резервирование и нагрузочное резервирование [3-5].

Увеличение сроков активного существования ССС с начала их практического использования идет прежде всего в направлении повышения надежности бортовых ретрансляторов [3, 4], что достигается применением методов резервирования и использованием надежной элементной базы.

Проиллюстрируем применение предлагаемой методики моделирования показателей надежности на примере бортового ретранслятора, логическая схема надежности которого представлена на рис. 1.

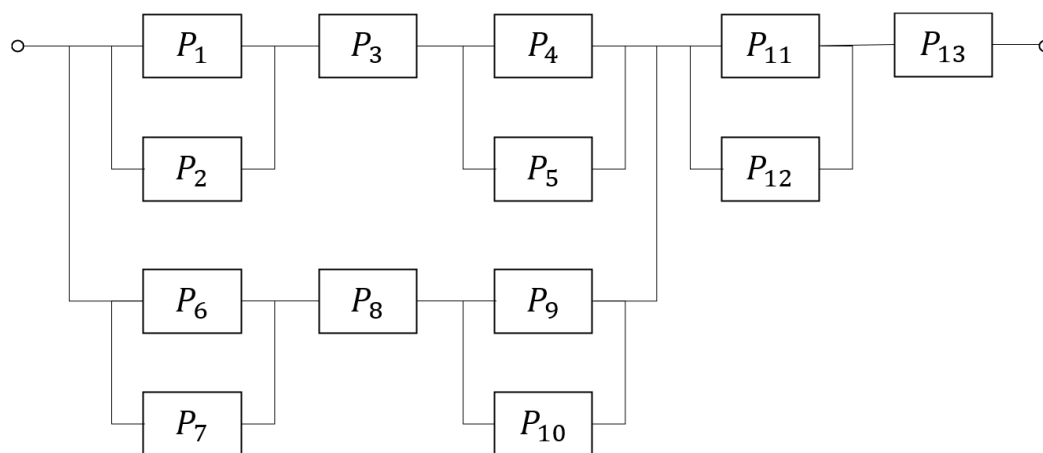


Рис. 1 – Логическая схема надежности бортового ретранслятора

Ретранслятор состоит из последовательных трех участков: дублированного приемника, в каждой ветке которого элементы соединены последовательно, причем первый и третий элементы дублированы; дублированного передатчика; антенны, которая, как самый надежный элемент не резервирована. Каждый из 13 элементов этой схемы имеет свою вероятность безотказной работы P_k . Используя экспоненциальную модель внезапных отказов для элементов, составим математическую модель вероятности безотказной работы бортового ретранслятора, приведенного на рис. 1.

Вероятность безотказной работы ретранслятора определяется выражением:

$$P_{\text{ртр}} = P_I P_{II} P_{III}, \quad (1)$$

где P_I - вероятность безотказной работы дублированного приемника, P_{II} - вероятность безотказной работы дублированного передающего устройства, P_{III} - вероятность безотказной работы антенны.

Зависимость вероятности безотказной работы дублированного приемника от времени описывается формулой:

$$P_I = 1 - \left(1 - \left(\left(1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})^2 \right) e^{-\lambda_2 t} \left(1 - (1 - e^{-\lambda_3 t})^2 \right) \right) \right)^2, \quad (2)$$

где λ_1 , λ_2 и λ_3 – интенсивности отказов соответственно первого, второго и третьего элементов схемы рис. 1.

Зависимость вероятности безотказной работы дублированного передающего устройства описывается формулой:

$$P_{II} = 1 - (1 - e^{-\lambda_4 t})^2, \quad (3)$$

где λ_4 – интенсивность отказов передающего устройства.

Зависимость вероятности безотказной работы антенны от времени описывается формулой:

$$P_{III} = e^{-\lambda_5 t}, \quad (4)$$

где λ_5 – интенсивность отказов антенны.

Для оценки вероятности безотказной работы бортового ретранслятора на основе математической модели (1) разработана вычислительная программа расчета резервированных систем методом Монте-Карло [5]. Этот метод основан на возможности генерирования псевдослучайной последовательности чисел, в частоте появления которых отражается плотность распределения случайной величины $\varphi(\xi_i)$. Оценка свойств закона распределения случайной величины y , связанной с $x_1, x_2, \dots, x_n$ известной функциональной зависимостью

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (5)$$

производится следующим образом: отсчеты случайных чисел ξ_i , распределенных по стандартному равномерному или нормальному закону, преобразуются в значения входных параметров x_i с плотностями распределений $\varphi(x_i)$, на основании которых по формуле (5) вычисляются значения выходной величины y . Такие вычисления производятся N раз. В результате формируется выборка из N значений случайной величины y , по которой определяются оценки показателей надежности радиоэлектронной системы.

В вычислительной программе используются равномерно распределенные в интервале от 0 до 1 псевдослучайные числа. В каждом опыте значение случайного числа сравнивается с вероятностью, если оно меньше либо равно вероятности безотказной работы n -ого элемента, то элемент исправен (состояние = 1), если больше, то элемент отказал (состояние = 0). В результате моделирования могут быть получены всего два варианта исхода: 1 – система исправна, 0 – система отказала. В каждом из N опытов будет свой результат.

Для логической схемы надежности, приведенной на рис. 1, считая последовательное подключение элементов за конъюнкцию ($\wedge$), а параллельно подключенные элементы за дизъюнкцию ($\vee$), получим логическое выражение, формируемое в программе:

$$[(P_1 \vee P_2) \wedge P_3 \wedge (P_4 \vee P_5) \vee (P_6 \vee P_7) \wedge P_8 \wedge (P_9 \vee P_{10})] \wedge (P_{11} \vee P_{12}) \wedge P_{13}.$$

Вычислительная программа рассчитывает вероятность безотказной работы системы по количеству удачных (когда система исправна) экспериментов и неудачных (когда система отказала) экспериментов из общего числа N экспериментов.

Задача разработанной программы – составить логическое выражение, заполнить переменные двоичными значениями в соответствии с вероятностью и введенными пользователем данными, выполнить вычисления, повторить операции в зависимости от количества опытов.

Рассматриваемый метод позволяет определить вероятность безотказной работы системы в конкретный момент времени. Это означает, что резервирование замещением с нагруженным резервом будет вести себя также как постоянное резервирование. Вероятность безотказной работы автоматического переключателя или оператора примем за единицу. Поэтому программа может использоваться для резервированных систем с постоянным общим и отдельным резервированием и резервированием замещением с нагруженным

резервом. Последовательность действий программы представлена в виде окон ввода на рис. 2 - 4.

Для того, чтобы рассчитать вероятность безотказной работы резервированной радиоэлектронной системы необходимо:

1. Условно разделить систему на участки, которые представляют собой последовательное соединение элементов.

2. Заполнить участки вероятностями безотказной работы, в одном участке может быть от одного до трех последовательных элементов (рис. 2).

Рис. 2 – Окно ввода вероятности безотказной работы элементов на разных участках

3. Если на элементе есть резерв (дублирование), под этим элементом нажать на кнопку "Резерв", откроется оранжевое поле для заполнения вероятности безотказной работы резерва (рис. 3).

Рис. 3 – Окно ввода вероятности безотказной работы резервных элементов

4. Если в системе присутствует резерв на участок (включая все дублированные и недублированные элементы), нажать на кнопку "Резерв на участок" и заполнить поля вероятностями безотказной работы (белые - основные элементы резервного участка, оранжевые - их дублирование соответственно) (рис. 4).

Рис. 4 – Окно ввода вероятности безотказной работы резервированного участка

5. Далее можно добавить число участков системы и указать необходимое количество опытов.

В результате расчета программой вероятности безотказной работы системы определяется количество удачных и неудачных экспериментов.

Для приведенного выше примера точный теоретический результат можно получить аналитическим путем по формулам (1) – (4). Однако современные ССС насчитывают тысячи компонентов, поэтому аналитический подход оказывается очень сложным, и задачу можно решить методом Монте-Карло с использованием предложенной методики и программы. Погрешность метода составляет 5-10 %.

Используя данную методику оценки вероятности безотказной работы, можно рассчитывать вероятность безотказной работы радиоэлектронных систем методом Монте-Карло [4] при различных методах резервирования, проводить сравнение методов, меняя кратность резервирования и интенсивность отказов элементов для выбора наиболее перспективного варианта системы с точки зрения безотказности, быстродействия и массогабаритных параметров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (ФСИ) в рамках Договора 94С2/МОЛ/73887 от 25.03.2022г.

Список литературы

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006, - 702с.
2. О необходимости разработки метода количественной оценки уровня геофизической безопасности при управлении космическими средствами / В.О. Скрипачев, О. В. Семенова, К. В. Авдеев [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 1. – С. 88-94.
3. S. Jung and J. P. Choi, "End-to-End Reliability of Satellite Communication Network Systems," in IEEE Systems Journal, vol. 15, no. 1, pp. 791-801, March 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.2980760.
4. Гельфман Т.Э., Пирхавка А.П. Коэффициент оперативной готовности спутниковых сетей связи. Российский технологический журнал т.10 № 1. М.: МИРЭА, 2022, с. 35 – 40.
5. Гельфман Т.Э., Пирхавка А.П., Скрипачев В.О. Анализ эффективности методов обеспечения надежности ретранслятора спутника связи. Russian Technological Journal. 2023;11(1):51–59.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023613202 Российская Федерация. Программа расчета резервированных систем методом Монте-Карло / Семёнова О.В., Пирхавка А.П., Гельфман Т.Э., Цаплин М.С.; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА Российский технологический университет». – № 2015660178; заявл. 08.02.2023; опубл 13.02.2023.

2.3.1

Д.С. Горбатенко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, mai_kaf604@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ИЗ-ЗА РАНЕЕ ПРОИЗОШЕДШЕГО ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности в местах, в которых нарушен режим движения из-за ранее произошедшего дорожно-транспортного происшествия. Проведен анализ основных причин возникновения вторичных дорожно-транспортных происшествий. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике безопасности дорожного движения в местах ранее произошедших дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, вторичное дорожно-транспортное происшествие, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

На улично-дорожной сети (УДС) Российской Федерации с разной степенью тяжести последствий происходят дорожно-транспортные происшествия (ДТП), по факту которых необходимо провести набор регламентных действий по его оформлению. Естественно, что на время оформления ДТП в местах ДТП ранее существовавший режим движения нарушается, и возникает вероятность возникновения нового ДТП в этих местах, т.н. «вторичного». Под местом ДТП понимается часть дороги, на которой в результате ДТП располагаются участвовавшие в нем транспортные средства (ТС), участники, а также лица, выполняющие свои должностные обязанности в связи с произошедшим ДТП (спасатели, пожарные, медицинские работники, полиция и т.п.).

Таким образом, вторичное ДТП – это ДТП, произошедшее в местах УДС, режим движения в которых нарушен вследствие ранее произошедшего (первичного) ДТП. Причем не обязательно, что в обоих ДТП участвовали одни и те же ТС, или одни и те же участники. Их должно объединять место [1].

В случае ДТП с пострадавшими оформление ДТП осуществляется сотрудниками Следственных органов или сотрудниками Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД), и может занимать длительное время, включая время на прибытие к месту ДТП. А вот оформление ДТП без пострадавших имеет разное понимание.

Большинство водителей-участников «мелких» ДТП, естественно пребывают после ДТП в некотором стрессовом состоянии, осматривают свой автомобиль, фотографируют повреждения, и при этом ходят по проезжей части. Соответственно, в этот момент они создают аварийную угрозу как пешеходы, а их автотранспорт является угрозой для водителей и пассажиров других ТС. И всё теперь зависит от погодных условий, освещения, внимательности и удачи других участников дорожного движения. И чем больше разрешенный скоростной режим на автодороге, тем больше вероятность «вторичного» ДТП.

Рассмотрим структуру дорожно-транспортной аварийности, произошедшей при нарушении режима движения вследствие ранее произошедшего ДТП, на территории Московской области за 2018-22 гг. [2].

Доля таких «вторичных» ДТП в общем количестве ДТП с пострадавшими невысока, но при этом стабильна на протяжении последних 5 лет. Среди них самым распространенным видом ДТП (в среднем 65 %) является наезд на стоящие ТС, далее следуют наезды на

пешеходов (в среднем 18 %), столкновения (в среднем 12 %), и наезды на препятствия (в среднем 5 %). За редким исключением все вторичные ДТП происходили вне населенных пунктов, в среднем 90 % вторичных ДТП происходило на автодорогах федерального значения. Среди погибших во «вторичных» ДТП в среднем 50 % погибло в наездах на пешеходов, в среднем 30 % погибло в наездах на стоящие ТС. А среди раненных во «вторичных» ДТП в среднем 80 % получили ранения в наездах на стоящие ТС, в среднем 10 % - в наездах на пешеходов.

В среднем в 90 % ДТП фиксировалось отсутствие каких-либо недостатков транспортно-эксплуатационного состояния проезжей части. Но, при этом, ДТП, в местах которых фиксировалось наличие недостатков состояния проезжей части, а именно дефекты тротуаров, пешеходных дорожек, посадочных площадок остановочных пунктов, недостатки зимнего содержания, отсутствующее или неисправное освещение, несоответствие дорожных ограждений предъявляемым требованиям, неровное покрытие, отсутствие или плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части, характеризуются высокой тяжестью последствий, в них погибла в среднем треть всех погибших во «вторичных» ДТП, но получило ранения в среднем 0,5 % раненных во «вторичных» ДТП. В среднем 10 % ДТП происходили в зонах перекрестков или выездов с прилегающих территорий. Эти ДТП также характеризуются высокой тяжестью последствий, в них погибло в среднем 30 % всех погибших во «вторичных» ДТП, а получило ранения в среднем 0,8 % раненных во «вторичных» ДТП. Остальные ДТП происходили на перегонах. В среднем 70 % «вторичных» ДТП происходили при отсутствии в непосредственной близости объектов массового притяжения, при этом в них погибло в среднем 80 % и получило ранения в среднем 75 % всех погибших и раненных во «вторичных» ДТП. В среднем половина «вторичных» ДТП происходило при сухом состоянии проезжей части, также в них погибла и получило ранения в среднем половина всех погибших и раненных во «вторичных» ДТП. Также в среднем половина ДТП, половина погибших и половина раненных происходила при ясной погоде. В среднем 50 % «вторичных» ДТП происходило в светлое время суток, в среднем 40 % - в темное время суток при включенном освещении. Остальные при неработающем или отсутствующем освещении проезжей части. В ДТП, произошедших в светлое время суток, погибло в среднем 80 % всех погибших во вторичных ДТП. В среднем в 80 % вторичных ДТП в местах ДТП имелась разделительная полоса в виде железобетонной или металлической конструкций, или с грунтовым покрытием, в них же погибло и ранено в среднем 85 % всех погибших и раненных во «вторичных» ДТП.

Среди пострадавших во «вторичных» ДТП пешеходов почти все до момента ДТП находились в ТС в качестве водителей или пассажиров, нарушением правил дорожного движения (ПДД) с их стороны явилось «нахождение на проезжей части без цели ее перехода». Т.е. они занимались тем, что осматривали и фотографировали повреждения своих ТС в «первичном» ДТП. Практически у всех таких пешеходов, участников «вторичных» ДТП, произошедших в темное время суток, в нарушение ПДД отсутствовали световозвращающие элементы на одежде. Также надо отметить, что во «вторичных» ДТП среди пострадавших пешеходов фиксируются и посторонние пешеходы, т.н. «зеваки».

Во всех «вторичных» ДТП фиксировалось нарушение ПДД водителями ТС, главным образом (в среднем 80 %), это несоответствие скорости конкретным условиям движения, а также несоблюдение дистанции (в среднем 10 %). Среди водителей, виновников «вторичных» ДТП, все совершеннолетние, в среднем 30 % находились в возрастной группе от 30 до 39 лет, в среднем 25 % в возрасте 40-49 лет, в среднем 20 % в возрасте 50-59 лет, и в среднем 15 % находились в возрасте 20-29 лет. В среднем 90 % из них мужчины. В среднем 40 % водителей имели водительский стаж от 10 до 20 лет, в среднем 35 % - свыше 20 лет, стаж до 3 лет имели в среднем 15 % водителей.

В среднем 70 % водителей-виновников «вторичных» ДТП управляли легковым автотранспортом.

Анализ структуры «вторичной» аварийности на территории Московской области за последние 5 лет [2] позволил сделать вывод о следующем:

- возникновение «вторичных» ДТП не зависит от возраста и водительского стажа водителей, а также типа управляемых ими ТС;
- основной причиной возникновения «вторичных» ДТП является несоответствующая конкретным условиям движения скорость движения ТС, проявляющаяся в позднем обнаружении «первичного» ДТП.

Очевидным способом предотвращения «вторичных» ДТП является максимально быстрое освобождение места «первичного» ДТП. В случае ДТП с пострадавшими время оформления [3] будет определяться числом пострадавших, тяжестью последствий, количеством участвовавших ТС, оказанием медицинской помощи, медицинской или специальной транспортировкой, работой пожарных и спасательных служб и т.п. При оформлении ДТП без пострадавших по евро протоколу необходимо сфотографировать место ДТП и ТС со всех сторон, и только после этого разрешено переместить ТС с проезжей части.

Следовательно, основной задачей профилактики «вторичной» аварийности является обеспечение раннего оповещения о возникновении «первичного» ДТП, с целью снижения скорости движения ТС.

Это может быть реализовано выполнением следующего.

1. Яркое обозначение «первичного» ДТП. Помимо предусмотренных ПДД аварийной сигнализации, знака аварийной остановки, и световозвращающих жилетов, это должно быть максимальное использование ярких световых излучателей (вплоть до файеров), которые позволят водителям приближающего автотранспорта своевременно увидеть место ДТП и принять меры к снижению скорости.

2. Широкое внедрение средств видео наблюдения за движением. Необходимо стремиться к полному покрытию автомобильных дорог (для начала федеральных) видеонаблюдением. Это даст возможность использования полученных видеоматериалов при оформлении «первичных» ДТП, что сократит время оформления ДТП, и, в свою очередь, позволит быстрее освободить проезжую часть.

3. Использование световых табло. По возможности создание над проезжей частью световых табло, на которых незамедлительно отображать информацию о приближении к месту, на котором произошло ДТП. Это также, в свою очередь, позволит водителям ТС заранее принять меры к снижению скорости.

Предложенные мероприятия способны предотвратить возникновение «вторичных» ДТП. Также для этого необходимо чтобы власть, страховщики и сами водители понимали, что жизнь и здоровье людей дороже чем автомобили. ПДД запрещают покидать место ДТП, иначе возникнет перспектива лишения водительского удостоверения. Необходимо вносить корректировки в ПДД, поскольку определить размер и характер ущерба ДТП без остановки невозможно.

Список литературы:

1. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, 106 с.
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории г. Москва. М. УГИБДД ГУ МВД России по г. Москва, 2018-22.
3. Курсаков А.В., Сломьянский В.П. Организация поисково- спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях. Журнал «Технологии гражданской безопасности», том 6, 2009, № 1-2 (19-20), стр. 128-131.

2.3.1

Е.М. Гриценко канд. техн. наук, О.В. Корчевская канд. техн. наук

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Институт информатики и телекоммуникаций, кафедра информационно-управляющих систем,
Красноярск, gemfait@gmail.com, okfait@mail.com

**РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И
АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА CLASSROOM VR
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛЕМОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В УЧЕБНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В статье описана технология разработки приложения, имитирующего учебный класс под VR-гарнитуры. Приведено обоснование выбора средств разработки. Программный продукт предназначен для дистанционного обучения в виртуальной реальности.

Ключевые слова: *UNITY, VR, технология дополненной реальности, электронное обучение, дистанционное обучение, виртуальная реальность.*

Введение

Рост разрыва между кадровыми потребностями бизнеса и возможностями, предоставляемые системой образования, диспропорции рынка труда и квалификационная яма сегодня принимают критический характер и формируют запрос на цифровую трансформацию системы образования [1, 2]. Сегодня виртуальная (VR), дополненная (AR) и смешанная (MR) реальности захватывают все большее количество сфер жизнедеятельности [3]. Многие разработчики предполагают, что устройства VR могут открыть новую эпоху в использовании информационных технологий, которые смогут полностью заменить персональные компьютеры и планшеты [4]. Мир цифровых технологий, погруженный в искусственный интеллект, не только расширяет возможности студента и преподавателя в усвоении и передаче знаний, соответственно, но и помогает создать особые отношения друг с другом [5], что является востребованным и при дистанционном обучении.

1. Выбор средств разработки приложения Classroom VR

Актуальность разработки обусловлена тем, что на сегодняшний день не существует VR-приложения для проведения виртуальных занятий. Существуют схожие по функционалу сервисы для деловых встреч в VR, такие как MeetinVR, DreamVR, Engage и др., но они несут другую функциональность, подавляющее большинство таких приложений требуют большую ежемесячную оплату и не поддерживают русский язык.

Главная цель дистанционного обучения – это доступность. Какие бы не были по техническим характеристикам хорошие VR-гарнитуры, цена не позволяет большинству пользователей приобрести данный товар. Поэтому основными критериями при выборе платформы для разработки являются: стоимость VR-гарнитуры, доступность и технические возможности.

На сегодняшний день имеется большое количество моделей шлемов виртуальной реальности, однако, лучшим шлемом по соотношению цена и качества является Oculus Quest 2, который подходит под данную разработку, т. к. приложение не требует больших вычислительных мощностей, может запускаться в портативном режиме.

Подавляющее большинство приложений, использующих 3D графику и физику, создаются на основе игровых движков. Лидером среди систем управлением версий является Git – утилита с открытым исходным кодом для отслеживания и контроля версий (истории) изменения файлов в проекте.

Для централизованного хранения проекта существует сервис GitHub – web-сервис основанный на системе контроля версий Git для хостинга IT-проектов и их совместной разработки. На данном сервисе был создан репозиторий разрабатываемого проекта с пометкой «приватный».

При разработке Classroom VR использовался графический клиент Git – GitHub Desktop, который нужен для упрощения пользования Git, т. к. в стандартной своей форме он представляет окно консоли.

Оптимальным игровым движком VR-приложения виртуального класса выбран Unity по следующим параметрам: большое количество обучающего материала в интернете, в том числе на русском языке, интуитивно понятный интерфейс, быстрее запускаются и компилируются проекты, большой инструментальный для разработки VR-приложений.

Для разработки серверной части приложения выбран облачный сервис многопользовательской игры Photon PUN 2, который прост в освоении, имеет множество готовых скриптов и компонентов. Дополнительно использован Photon Voice 2 – высококачественный голосовой чат для Unity, который можно использовать в VR-проектах.

2. Разработка приложения Classroom VR

В разрабатываемом приложении используется новая технология Unity Universal Render Pipeline – система рендеринга графики с упором на производительность. Имеет поддержку Shader Graph – графовая система, позволяющая разрабатывать шейдеры при помощи блок-схем. Модели рук являются бесплатным ассетом с уже заготовленными анимациями, необходима только настройка анимации при помощи скриптов и встроенного компонента Unity Animator. В данном компоненте настраиваются плавные переходы между анимациями при помощи переменных в blend tree – дерева переходов. Класс является бесплатной моделью, которая имеет простую геометрию, подходящую для VR-приложений т. к. не перегружает сцену лишними деталями. Для главного меню и загрузок был использован Skybox – объект трехмерной графики, представляющий из себя небо и горизонт.

В проект были импортированы две библиотеки – Photon Pun 2 и Photon Voice 2 из Asset Store Unity.

На официальном сайте Photon создано два проекта – Classroom VR (сервер многопользовательской игры), Classroom VR Voice (сервер голосового чата). У каждого проекта есть App ID, который прописывается в Photon Server Settings – скрипт, появившийся после импорта библиотек. Далее можно обращаться к указанным Photon проектам из Unity. Главными элементами являются сцены – крупные блоки, описывающие организацию объектов в памяти.

При запуске игры, пользователя встречает сцена загрузки, в которой происходит подключение к серверу.

Unity имеет стандартные методы, которые можно использовать в скриптах. Они выполняются при работе приложения автоматически, взаимодействуют с физикой или кадровой частотой. Одним из таких является метод Awake() – вызывается после инициализации объекта, но всегда раньше любых других методов.

При помощи PhotonNetwork.ConnectUsingSettings() происходит подключение к Photon по ID, который был указан до этого. Метод OnConnectedToMaster() вызывается при подключении к серверу, в методе происходит подключение к менеджеру лобби, предназначенному для отображения созданных классов, а также загрузки сцены главного меню.

На сцене загрузки есть объект XR Origin, предоставляемый системой XR Interaction Toolkit. Имеет дочерний объект Main Camera – камера, через которую пользователь видит всю сцену.

Скрипт, находящийся на XR Origin, отвечает за передачу данных с камеры в шлем виртуальной реальности. На сцене главного меню также размещен объект XR Origin, но помимо него главную функциональную часть несет Canvas Menu – объект с компонентом

Canvas, который представляет собой абстрактное пространство, в котором настраивается и отображается интерфейс пользователя (UI). Было создано четыре панели:

- Главная панель с кнопками: создать класс, найти класс, настройки.
- Панель создания класса, содержащая поле ввода названия класса, галку для генерации пароля и др.
- Панель поиска класса – содержит список комнат, ползунок для навигации.
- Панель настроек, включающая в себя переключатель перемещения (телепортация, плавное перемещение), переключатель поворотов.

При первом запуске приложения вызывается панель для ввода имени (Ф.И.О.) и панель ввода названия приватного класса для подключения к скрытым комнатам.

В общей сложности было написано шестнадцать скриптов (рис. 1).

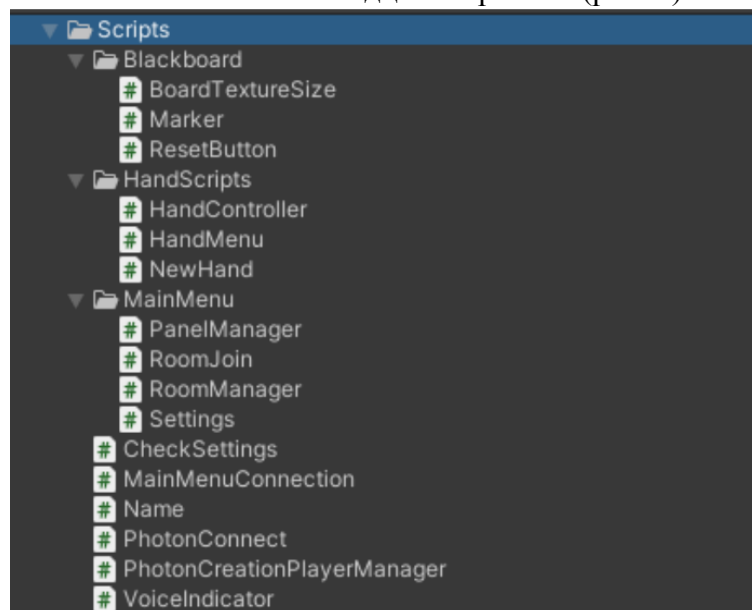


Рис. 1 – Список скриптов

Заключение

Разработано приложение, в котором пользователь может выступать в роли преподавателя, создав класс, либо в роли ученика. Во время сессии люди могут обмениваться жестами, общаться по голосовой связи, передвигаться по классу, а также рисовать на доске. На базе разработанного приложения можно создавать классы с углубленным изучением отдельных предметов и использовать виртуального класса для дистанционного обучения.

Список литературы

1. *Островский А. В., Кудина М. В.* Новая парадигма образования в эпоху цифровой трансформации государства // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – №. 78. – С. 229-244.
2. *Дигтяр О. Ю.* Современные тенденции в цифровом образовании и их применение в учебном процессе // Мир науки, культуры, образования. – 2019. – №. 5 (78). – С. 342-344.
3. *Holt S.* Virtual reality, augmented reality and mixed reality: For astronaut mental health; and space tourism, education and outreach // Acta Astronautica.–2023. Vol. 203. – P. 436-446.
4. *Итинсон К. С.* Перспективы и возможности применения инновационных интерактивных технологий: дополненная реальность в обучении студентов в высших учебных учреждениях // Балтийский гуманитарный журнал. – 2020. – Т. 9. – №. 1 (30). – С. 67-70.
5. *Kharvari F., Kaiser L.E.* Impact of extended reality on architectural education and the design process // Automation in Construction. – 2022. Vol. 141, 104393.

2.3.1.

**А.С. Дулесов д-р техн. наук, А.В. Байшев, Д.Ю. Карандеев канд. техн. наук,
Н.В. Дулесова канд. эконом. наук, И.Ю. Карандеева**

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Абакан, DenisKhsu@bk.ru

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О
СОСТОЯНИИ ОДНОРОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Предложены прикладные статистические исследования, направленные на выполнение предварительной обработки данных, их последующего анализа для оценки состояния однородных технических объектов. Рассматривается применимость статистик в определении свойств распределения случайных величин и наличии связей между ними. Применимость статистик обосновывается соответствием измеряемых величин условиям теоремы Ляпунова о наличии нормального распределения случайных величин. Вычисление статистик на предварительном этапе обработки больших данных, их сопоставления между собой позволяет выявить возможные нестабильные ситуации в однородных технических объектах.

Ключевые слова: *статистики, обработка данных, мера вероятности.*

Введение. Рассматривая задачу анализа состояния сложных однородных, в каждой из которых присутствуют одинаковые операции и средства технологического оснащения, сходные по ресурсам, технических объектов, одним из инструментов решения можно считать статистическую обработку данных.

По существу, речь далее пойдет об описательной или дескриптивной аналитике, важным аспектами которой являются сбор, систематизация и актуализация данных с целью обнаружения в них интерпретируемых зависимостей и закономерностей, например, согласно [1]. Данная аналитика базируется на ретроспективных/исторических данных и нужна для объяснения причины возникновения событий, оценки состояний, поведения процессов и т.д.

Характеристики наблюдаемых величин. Одной из характеристик наблюдений является число наблюдений, по которым можно судить о свойствах изучаемого процесса. Вопрос о числе наблюдений можно представить в следующей форме: какое число единиц из имеющихся наблюдений будет достаточным, чтобы по нему можно сформулировать надежные выводы об изучаемом явлении. В данном случае применимы таблицы больших чисел [2].

Если необходимо определиться с закономерностью распределения [3], важно выделить долю частичной совокупности из общей совокупности. При этом с некоторой «степенью уверенности» можно было бы предположить, что отклонение неизвестной доли от частоты не превышает некоторой допустимой ошибки. «Степень уверенности» или «мера риска» определяется величиной вероятности или дисперсией. Например, в практике анализа часто принимается $p = 0,95$ или $p = 0,99$, в зависимости от природы изучаемого явления.

Наблюдая за состоянием однородных объектов, следует иметь ввиду: процесс заполнения таблицы требует выполнения условия, когда наблюдения производятся в обстановке, отвечающей правильному применению методов описательной аналитики. Чтобы условия были соблюдены, следует в числе единиц наблюдения принять однородные технические объекты и выяснить признаки характерные для наблюдения.

Признаки можно разделить на два вида [4]: общие признаки, для установления однородности изучаемых единиц наблюдения; основные признаки, отметка которых составляет главную цель наблюдения. Единицы наблюдения считают однородными, если они обладают значительным числом общих признаков. В техническом объекте однородность

наблюдения обусловлена наличием статистически контролируемого производственного процесса, обеспечивающего одинаковые условия производства.

На практике полной однородности единиц наблюдения добиться не представляется возможным по причине присутствия неопределенности информации, мерой измерения которой является информационная энтропия. Она отражает изменчивость свойств изучаемого явления и считается одним из признаков случайного поведения объекта. Поэтому в процессе исследования, обработке подлежат два-три основных признака, поскольку возникают сложности в достижении цели обработки данных.

Для наилучшего исследования данных имеются способы, которые, не изменяя самого существа данных, позволяют упорядочить имеющиеся значения для последующего использования. Среди способов предложим к краткому рассмотрению так называемую сводку данных [5]. Она используется в начале обработки данных и позволяет строить ряды и таблицы распределения наблюдаемых признаков с тем, чтобы получить представление о свойствах явления. Ряды делят на разряды, количество которых обычно принимается равным 12 с тем, чтобы прослеживались особенности, связанные с природой изучаемых случайных величин. Например, когда наблюдения связаны с годовыми циклами температуры окружающей среды. Величины разряда вычисляются по формуле:

$$c = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{12}, \quad (1)$$

в которой $x_{\max}$ и $x_{\min}$ – соответственно, наибольшее и наименьшее из наблюдаемых значений.

В процессе сводки данных, значения случайных величин или признаков объединяются в разряды, для каждого из которых вычисляется количество значений, попадающих в каждый из разрядов. Такая операция осуществляется с тем, чтобы среднее значение величины лежало ближе к середине соответствующего разряда. Тем самым, ряд статистических характеристик априори будет привязан к среднему значению. Тогда согласно правильному выбору положения разрядов, вычисления становятся простыми и реализованы при помощи Excel. Составление ряда распределения выполняется в двух координатах, где за основу построения гистограммы можно взять построенные таблицы распределения.

Представленный способ сводки данных применим для их небольшого числа, что ограничивает возможности аналитики лишь в рамках частичного агрегирования, вычисления среднего, дисперсии и т.п.

Дальнейшая обработка данных связана с построением ансамбля данных [6], включающий в себя величины x_i , принятые для обозначения разрядов и частоты попадания значений в разряды. Аналогично строится ансамбль, содержащий имеющиеся случайные величины $x_i \in X$ с соответствующей частотой появления положительных n_i , а объем ансамбля определяется как $N = \sum_{i=1}^k n_i$, где k – количество данных в ансамбле.

Если объем ансамбля слишком велик, можно выполнить на выбранных участках усреднение величин при условии их равномерного распределения. Усреднение должно выполняться только на совпадающих разрядах при равных условиях распределения случайных величин.

Полученные расчетным путем $p_i = \frac{n_i}{N}$ являются вероятностями появления i -го события с частотой появления n_i при условии $\sum_{i=1}^k p_i = 1$.

В итоге, ансамбль данных будет состоять из величин $x_i \in X$ и вероятностей p_i , ($i=1, 2, \dots, k$), представляющий собой ряд распределения или вариационные ряды случайных величин. Ряды можно сравнивать между собой, относя к однородным техническим объектам.

Имея в своем активе ряды распределения следует определить свое отношение к свойствам распределения величин и наличию связи между ними, а также к распределениям случайных величин, то есть к статистикам. Они дают возможность, имея несколько показателей

полученных путем вычислений, выявить особенности распределения изучаемых величин и установить связи между ними.

Одной из важных статистик принято считать среднее из разрядных значений случайной величины, что позволяет связать её с нормальным распределением, либо принять во внимание распределение, отличное от нормального, связанного с вычислением моды и медианы.

В процессе обработки данных, к важным свойствам распределения одной случайной величины следует отнести степень рассеяния значений случайной величины относительно указанного значения и степень асимметрии кривой распределения. Согласно первой возможно выявление выбросов в данных, второй – смещение значений в область несвойственных устойчивой работе технического объекта. Данные свойства применимы к обработке большого объема данных с опорой на теорему Ляпунова, утверждающая: «если значения независимых случайных величин будут малы в сравнении с их суммой, то при неограниченном возрастании числа этих величин распределение их суммы становится приближенно нормальным» [7]. Теорема объясняет важное положение о соответствии многих случайных величин нормальному распределению. Такое рассуждение основано на предположении о наличии влияния множества незначительных независимых причин, каждая из которых приводит к малому положительному или отрицательному отклонению исследуемой величины от среднего значения. Здесь уместно применение такой статистики как математическое ожидание или среднее значение величины, применение которого заключается в нижеследующем.

Пусть имеется ряд с величинами $x_i \in X$ и соответствующие частоты появления n_i . Тогда среднее значение величины вычисляют:

- для всей выборки (соответствующей теореме Ляпунова):

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k x_i n_i / \sum_{i=1}^k n_i ; \quad (2)$$

- для величин, появляющихся в ряду только по одному разу:

$$\bar{x} = \frac{x_i + x_j}{2} \text{ при } i \neq j. \quad (3)$$

Применение (3) без проверки на соответствие выборки теореме Ляпунова несет в себе погрешность, так как она доказана на основе общих условий, какими бы ни были распределения случайных величин.

Обработывая большие объемы данных нам приходится выполнять выборку и подтверждать гипотезу о её соответствии генеральной совокупности. Кроме этого, возможны всплески по амплитуде данных и появление тенденции в отклонении величины от математического ожидания. Такое поведение исследуемой величины может свидетельствовать о выходе из равновесия технической системы.

Заключение

Одним из способов предварительной обработки большого объема данных можно считать получение статистик (относящихся к широко распространенной сфере знаний об анализе статистических данных). Их возможности (при определенных условиях) можно распространить для обработки данных применительно к однородным техническим объектам. В качестве условий принимается не только рассмотрение такого рода объектов, но и соответствие измеряемых величин условиям теоремы Ляпунова. Она отвечает требованиям к наличию нормального распределения случайных величин, а также свидетельствует о возможностях вычисления статистик, предварительной обработки данных, их сопоставления между собой для выявления возможных нестабильных ситуаций в однородных технических объектах.

Список литературы

1. Аналитическая платформа Loginom. Описательная аналитика (Descriptive analytics). URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/descriptive-analytics.html> (дата обращения: 03.03.2023).
2. Бухштаб, А.А. Теория чисел. М.: Из-во Просвещение, 1966. - 384 с.
3. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573с.
4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. - 576с.
5. Шихалёв, А.М. Группировка наблюдений социально-экономических явлений/А.М. Шихалёв. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 38 с.
6. Ключева И.А. Разработка и исследование методов и алгоритмов бинарной и многоклассовой классификации многомерных данных: автореф... дис. кан. тех. наук. – Пенза: 2022. – 24 с.
7. Ляпунов А.М. Об одной теореме теории вероятностей: новая теорема о пределе вероятности. Собрание сочинений. - Т.1. - М.: АН СССР. – 1954.

2.3.1.

Р.Р. Имаев¹, Д.М. Афанасьев¹, А.Р. Шакиров², Г.А. Гареева¹ канд. педагог.наук

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ, кафедра информационных систем,
Набережные Челны

²Московский политехнический университет, факультет машиностроения,
кафедра обработки материалов давлением и аддитивные технологии,
Москва alex.tarofun@yandex.ru, shakirof@mail.ru, gagareeva1977@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫХ МЕЖДУ MySQL и 1C

Целью статьи является разработка программного модуля для обмена данными между внешней СУБД MySQL и 1C. Разработка данного программного модуля колоссально снижает нагрузку на персонал и автоматически регистрирует документы в системе 1C.

Ключевые слова: 1C, база данных, интеграция, обмен данных, MySQL.

В большинстве торговых, производственных организаций складской учет реализован в WMS системе на базе MySQL, MSSQL, PostgreSQL, а основные операции не связанные со складом ведутся в системах 1C, что не является корректным, так как системы 1C на управляемых формах позволяют вести складской учет, не используя сторонних систем. Для этого организацией заказчиком было принято решение внедрить интеграцию по обмену данными, которая позволит перенести складской учет в систему 1C: Управление торговлей 11.5 [1].

В качестве базы данных, в которую необходимо было загружать и выгружать данные, была использована конфигурация 1C: Управление торговлей 11.5. Для подключения к MySQL, выгрузки и загрузки данных было разработано расширение на базе 1C (рис. 1) [2].

Реализации					
Заказы Перемещение товара Партнеры Ошибочные Выгрузка платежей					
Добавить ↑ ↓					
№	Код клиента	Код головной организации	Адрес доставки	Вид номенклатуры	Id позиции и ед.изм.
1	4823		г. Тольятти, д. 10	Товар прочий	1501574160&11
2	4823		г. Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	176617&9
3	4823		г. Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	176376&9
4	19990		г. Тольятти, д. Тольятти-20	ВАЗ (LADA)	1501205559&9
5	1307	21 245	Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10, 100	ВАЗ (LADA)	1500480410&11
6	3483		Тольятти-20	ВАЗ (LADA)	1501369381&9
7	1307	21 245	Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10, 100	ВАЗ (LADA)	1500480410&11
8	2933		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	1500002227&9
9	1572		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	1501743610&9
10	1572		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	1500498199&9
11	1572		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ХИМИЯ, ИНСТР., РАСХ.	1500498221&9
12	1307	21 245	Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10, 100	ВАЗ (LADA)	226251&9
13	3483		Тольятти-20	ГАЗ, УАЗ, ЗИЛ	1500380569&9
14	3483		Тольятти-20	ГАЗ, УАЗ, ЗИЛ	214207&9
15	1846		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ВАЗ (LADA)	1500496482&9
16	1846		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ГАЗ, УАЗ, ЗИЛ	1501531845&9
17	278		Тольятти (Пермский) - Тольятти, д. 10	ВАЗ (LADA)	1501386731&9

Рис. 1 – API для обмена данными

В данной обработке при открытии формы программа будет пытаться подключиться к SQL базе и заполнить табличные части информацией на текущий день, при ошибке или отсутствии доступа к базе MySQL реализована возможность переподключиться. Все запросы к базе MySQL реализованы на базе 1C.

Для подключения к базе данных вручную в коде программы прописывается драйвер, логин, пароль, наименование базы данных и IP сервера, по которому доступна база. Пример авторизации продемонстрирован на рисунке 2.

```

//Драйвер = "{MySQL ODBC 8.0.31 Driver}";
Сервер = ;
Пользователь = ;
Пароль = ;
БД = ;

Попытка
    Соединение = Новый СОМОбъект("ADODB.Connection");
    Команда = Новый СОМОбъект("ADODB.Command");
    Выборка = Новый СОМОбъект("ADODB.RecordSet");
    Соединение.ConnectionString =
        "Driver={MySQL ODBC 5.1 Driver};" +
        "server=" + Сервер + ";" +
        "uid=" + Пользователь + ";" +
        "pwd=" + Пароль + ";" +
        "database=" + БД + ";";
    Соединение.ConnectionTimeout = 30;
    Соединение.CommandTimeout = 600;
    Соединение.Open();
    Команда.ActiveConnection = Соединение;
    Сообщить("Успешное подключение!");
Исключение
    Сообщить(ОписаниеОшибки());
Возврат;
КонецПопытки;
Соединение.Close();

```

Рис. 2 – Авторизация при помощи кода

Первоначально была реализована загрузка информации из базы данных MySQL в таблицу значений с полями, соответствующие таблицам из MySQL. Запросом получают все поля и информация для регистрации документов, реализована проверка на совпадения по полям «Организация». Это необходимо для регистрации информации с совпадающими полями в одном документе на базе 1С, так как там реализована табличная часть, в которую можно поместить несколько позиций номенклатуры. Программная реализация продемонстрировано на рисунке 3.

```

Если НЕ ТЗ.Количество() = 0 Тогда
    ТЗ.Удалить(0);
Для каждого Строка Из ТЗ Цикл
    Номенклатура = "";
    Партнер = "";
    Поставщик = "";
    Склад = "";
    Организация = "";
    Номенклатура = ПолучитьНоменклатуру(Строка.F, Строка.I);
    Партнер = ПолучитьПартнера(Строка.A);
    Поставщик = ПолучитьПартнера(Строка.P);
    Склад = ПолучитьСклад(Строка.N);
    Орг = ;
    Результат = СтрНайти(нрег(Строка.T), нрег(Орг));

```

Рис. 3 – Программная реализация загрузки информации из выборки MySQL в таблицу значений 1С

Далее после проверки информации на правильность данных пользователь нажимает кнопку загрузки документов и программа, получая информацию из таблицы значений запросом, формирует и заполняет необходимые документы и табличные части документов [3].

В том случае, если не найдена информация по ссылочному полю, программа выводит либо информацию о том, что поле не найдено и необходимо ввести в базу данных 1С необходимую информацию, либо генерирует данную информацию исходя из полей, которые были выгружены из MySQL. Поиск ссылочной информации реализован при помощи запросов к дополнительному реквизиту, заранее введенному в справочнике. Получение ссылки на все поля были реализованы методом запроса, так как использование методов «найти по наименованию/реквизиту» является неявным запросом к базе данных и перегружает персональный компьютер. Все необходимые запросы к базе данных продемонстрированы на рисунке 4.



Рисунок 4 – Область Запросы

Вся загрузка документов реализована через процедуру, в которую реализован запрос к таблице значений с выгруженной информацией из MySQL, все реквизиты заполняются, и в цикле заполняется табличная часть документов, при проведении автоматически происходит регистрация ухода товара в регистре накоплений «остатки товара на складах» (рис.5).

```

ДокументРеализации = Документы.РеализацияТоваровУслуг.СоздатьДокумент ();

ДокументРеализации.Дата = ТекущаяДата ();
ДокументРеализации.Валюта = ПолучитьВалюту ();
ДокументРеализации.ВалютаВзаиморасчетов = ПолучитьВалюту ();
ДокументРеализации.Склад = ПолучитьСклад ("Транзитный склад");
ДокументРеализации.Подразделение = ПодразделениеСкладРАОС;
ДокументРеализации.ХозяйственнаяОперация = Перечисления.ХозяйственныеОперации.РеализацияКлиенту;

Если СтрокаID.Организация.Наименование = Тогда
    ДокументРеализации.ЦенаВключаетНДС = Истина;
    ДокументРеализации.НалогообложениеНДС = Перечисления.ТипыНалогообложенияНДС.ПродажаОблагаетсяНДС;
КонецЕсли;

ДокументРеализации.Комментарий = "<документ создан автоматически>";
КонтрагентРеализации = Справочники.Контрагенты.НайтиПоРеквизиту ("Партнер", OrgIDРеализации);
Если ЗначениеЗаполнено (OrgIDРеализации) Тогда
    ДокументРеализации.Партнер = OrgIDРеализации;
    ДокументРеализации.Контрагент = КонтрагентРеализации;
    ДокументРеализации.Заполнить (ДокументРеализации.Партнер);
    СоглашениеСсылка = ПолучитьСоглашение (КонтрагентРеализации, OrgIDРеализации);
    ДокументРеализации.Организация = СтрокаID.Организация;
    ДокументРеализации.Соглашение = СоглашениеСсылка;
    ДокументРеализации.Договор = ПолучитьДоговор (КонтрагентРеализации, OrgIDРеализации);
КонецЕсли;

Пока ВыборкаРеализации.Следующий () Цикл

    Номен = "";
    Номен = ПолучитьНоменклатуру (ВыборкаРеализации.id, );
    Если Не ЗначениеЗаполнено (Номен) Тогда
        Номен = СоздатьНовуюНоменклатуру (ВыборкаРеализации);
    КонецЕсли;

    ТоварыДокРеализации = ДокументРеализации.Товары.Добавить ();
    ТоварыДокРеализации.Номенклатура = Номен;
    ТоварыДокРеализации.Сумма = ВыборкаРеализации.СуммаПродажи;
    ТоварыДокРеализации.Цена = ВыборкаРеализации.Цена;
    Если СтрокаID.Организация.Наименование = Тогда
        ТоварыДокРеализации.СтавкаНДС = ПолучитьСтавкуНДС ();
    КонецЕсли;
    ТоварыДокРеализации.СуммаНДС = (ТоварыДокРеализации.Сумма * 20) / 120;
    ТоварыДокРеализации.Склад = ПолучитьСклад ("Транзитный склад");
    ТоварыДокРеализации.КоличествоУпаковок = ВыборкаРеализации.Количество;
    ТоварыДокРеализации.Количество = ВыборкаРеализации.Количество;
    ТоварыДокРеализации.СуммаСНДС = ТоварыДокРеализации.Сумма;
    ДокументРеализации.СуммаДокумента = ДокументРеализации.Товары.Итого ("Сумма");
КонецЦикла;

Если ЗначениеЗаполнено (ДокументРеализации.Партнер) Тогда
    Попробовать
        ДокументРеализации.Записать (РежимЗаписиДокумента.Запись);
        ДокументРеализации.Записать (РежимЗаписиДокумента.Проведение);
        Сообщить ("Документ реализации проведен");
    КонецПопробовать
  
```

Рис. 5 –Пример загрузки документов

Для выгрузки информации из 1С в MySQL реализован динамический список, который запросом получает данные из базы данных 1С и по кнопке начинает загрузку данных в базу MySQL. Для этого используется POST запрос к базе MySQL. Запросы между SQL и 1С идентичны, потому используется такая же конструкция, как и при создании или добавлении, за исключением самого текста запроса в базе данных на языке SQL [4].

Все данные загружаются и выгружаются в документы и, с появлением новых позиций, становится возможным обновлять обе базы данных, чтобы была необходимая синхронизация.

В результате был разработан программный модуль для загрузки и выгрузки информации из базы данных MySQL в базу данных 1С. Данная реализация может применяться во множестве организаций, в которых внедрена 1С: Управление торговлей 11.5, но операции на складе ведутся в системе WMS, а так же позволяет операторам 1С заниматься более приоритетными задачами, нежели переносить информацию из одной системы в другую вручную.

Список литературы

1. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Салихова А.И. Использование информационных технологий в бухгалтерском учете // Инновационное развитие экономики. – 2020. – № 6(60). – С. 213-217.
2. Хрусталёва Е. Ю. Технологии интеграции "1С: Предприятия 8.3" / М.: 1С-Паблишинг. – 2020.- 503 с.
3. Шелдон, Роберт. MySQL: базовый курс: пер. с англ. / Р. Шелдон, Дж. Мойе. — Москва: Диалектика, 2007. — 880 с.
4. Круз Р.Л. Структуры данных и проектирование программ / Р.Л. Круз. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 765 с.

2.3.1

**С.С. Капитонов канд. техн. наук, А.С. Винокуров, А.А. Горбунов канд. техн. наук,
И.М. Кузнецов, Н.А. Чагрин, Т.И. Кульчихина, А.А. Александров**

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва, кафедра электроники и наноэлектроники, кафедра светотехники
Саранск, kapss88@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ ФИТООБЛУЧАТЕЛЯ,
БЛИЗКОГО К СПЕКТРУ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТЕНИЯ**

В статье рассмотрен альтернативный подход для определения спектра поглощения оптического излучения овощными культурами. Данный подход основан на исследовании листьев растений с помощью метода абсорбционной спектроскопии на сканирующем двулучевом спектрофотометре с двойным монохроматором. Полученные с помощью спектрофотометра спектры поглощения растений являются основой для разработки светодиодных фитооблучателей с регулируемым спектром излучения. Оптимальный спектр излучения данных облучателей должен максимально близко соответствовать полученному в процессе исследования спектру поглощения растений, что позволит повысить энергоэффективность системы освещения.

Ключевые слова: *фитооблучатель, спектр излучения, растение, светодиод, оптимальный, энергоэффективность.*

Системы освещения применяют в овощеводствах закрытого грунта для круглогодичного или зимнего использования при выращивании светолюбивых овощей, ягод, рассады и цветов, поскольку без подсветки эти культуры не дадут хорошего урожая [1]. Для создания энергоэффективной системы освещения необходимо учитывать особенности поглощения растениями оптического излучения на разных стадиях их онтогенеза и условия внешнего естественного освещения, которые существенно зависят от времени года, суток, погоды [2, 3].

Для определения оптимального спектра излучения разрабатываемых источников излучения необходимо знание спектров поглощения (отражения) листьев овощных культур [4, 5]. Предлагается определять спектры поглощения (отражения) исследуемых листьев растений с помощью метода абсорбционной спектроскопии на сканирующем двулучевом спектрофотометре с двойным монохроматором Perkin Elmer Lambda 950. В качестве источника излучения будут использоваться дейтериевая (175–320 нм) и галогенная лампы накаливания (320–3300 нм). Разрешение данного спектрофотометра составляет 0,2 нм для инфракрасной (ИК) области спектра и 0,05 для видимого и ультрафиолетового (УФ) диапазона длин волн. Для регистрации спектра в видимой и УФ области (175–860 нм) используется фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) в качестве детектора излучения, а для ИК области (860–3300 нм) — стабилизированный по температуре PbS-детектор.

В качестве примера на рис. 1 приведен спектр поглощения листа салата из супермаркета, полученный с помощью выше описанного спектрометра. Данный эксперимент носит демонстрационный характер, поскольку для получения адекватных результатов необходимо брать листья растений из тепличного хозяйства. Для более точного измерения определялся спектр отражения листа, а затем функция отражения была преобразована в функцию поглощения.

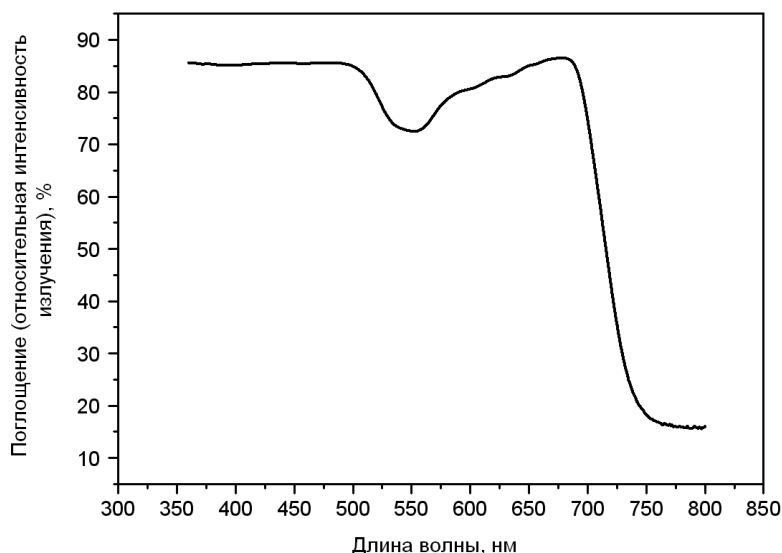


Рис. 1. Спектр поглощения листа салата.

Как мы видим из рис. 1 спектр поглощения листа салата является равномерным на всей области видимого спектра. Наблюдается небольшой провал 10 % на длинах волн от 500 до 575 нм, соответствующих зелёному и жёлтому свету. Установлено, что растение активно поглощает оптическое излучение в ультрафиолетовой области спектра на длинах волн от 350 до 400 нм. Кроме того, определено поглощение листом салата инфракрасного излучения в ближней области, соответствующей длинам волн от 700 до 800 нм.

Таким образом, с помощью спектрального анализа получен спектр поглощения растения, который следует формировать с помощью источников оптического излучения. Рассмотрим, каким образом можно воспроизвести подобный спектр излучения с помощью фитосветодиодов, доступных для применения на данный момент. Проведённый анализ показал, что для разработки фитооблучателей могут применяться светодиоды, амплитуда интенсивности излучения которых приходится на следующие длины волн: 365 нм, 395 нм, 440 нм, 490 нм, 520 нм, 590 нм, 630 нм, 660 нм, 730 нм. Пример наложения спектров данных светодиодов на спектр поглощения листа салата представлен на рис. 2. Интенсивность излучения отдельных светодиодов выбиралась, исходя из соображений достижения максимально близкого суммарного спектра излучения светодиодов к спектру поглощения салата.

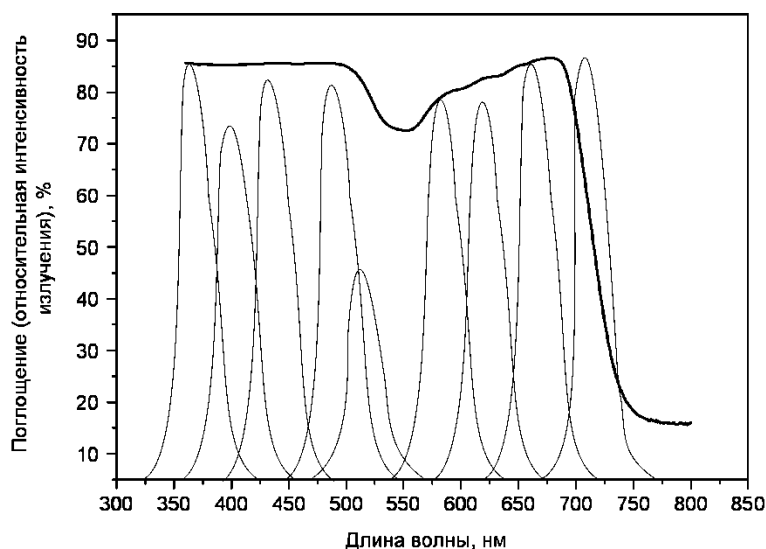


Рис. 2. Пример наложения спектров излучения светодиодов на спектр поглощения листа салата.

Складывая спектры излучения отдельных светодиодов, получаем суммарный спектр излучения, который будет формировать фитооблучатель, построенный на основе информации о спектре поглощения листа салата. На рис. 3 представлено сравнение спектра излучения фитооблучателя (прерывистая линия) и спектра поглощения листа салата (непрерывная линия).

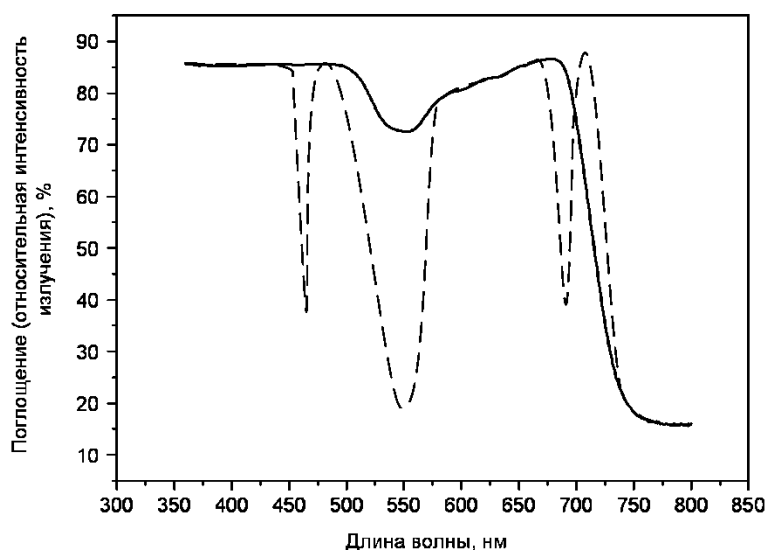


Рис. 3. Сравнение спектра излучения фитооблучателя (прерывистая линия) и спектра поглощения листа салата (непрерывная линия).

Из рис. 3 видно, что с помощью современных фитосветодиодов возможно воссоздать спектр излучения фитооблучателя, близкий к спектру поглощения растения. Наблюдается существенный провал в области от 500 до 575 нм, однако, в данной части спектра растения также поглощают оптическое излучение менее активно.

Предполагается, что подобный подход будет положен в основу процесса разработки светодиодных фитооблучателей с регулируемым спектром излучения в зависимости от стадии онтогенеза растений и условий внешней освещенности. Для получения достоверной информации о спектрах поглощения овощных культур предполагается проведение исследования на различных стадиях их онтогенеза (ювенильный этап и этап размножения) и в различное время суток. Подобная информация позволит определить оптимальные спектры излучения фитооблучателей, а за счёт регулирования спектра излучения удастся добиться повышения энергоэффективности системы освещения и урожайности растений.

Список литературы

1. Пчелин В.М., Макарова И.Е. Оценка состояния и перспектив развития систем освещения в современных тепличных комплексах // Светотехника. – 2018. – № 1. – С. 23–27.
2. Прикупец Л.Б. Технологическое освещение в тепличном комплексе России // Светотехника. – 2017. – №6. – С. 6–14.
3. Прикупец Л.Б., Боос Г.В., Терехов В.Г., Тараканов И.Г. Оптимизация светотехнических параметров облучения при светокультуре салатно-зелёных растений с использованием светодиодных излучателей // Светотехника. – 2019. – № 4. – С. 6–13.
4. ПАТЕНТ RU 2719773 C1, МПК A01G 9/20. Способ формирования оптимальной световой среды для выращиваемых в закрытом грунте растений и система светодиодного освещения, реализующая этот способ (варианты) / С. С. Капитонов (RU), А. С. Зизин (RU), В. И. Бабушкин (RU), С. Ю. Григорович (RU), С. А. Медведев (RU), Д. В. Вильгельм (RU). – № 2019127211; заявлено 29.08.2019; опубл. 23.04.2020, Бюл. № 12.
5. ПАТЕНТ 2680590 РФ, МПК A01G 9/20 (2006.01). Система светодиодного освещения теплиц / С. С. Капитонов (RU), С. Ю. Григорович (RU), С. А. Медведев (RU). – № 2018119435; заявлено 25.05.2018; опубл. 22.02.2019, Бюл. № 6.

2.3.1.

Д.Ю. Карандеев, канд. техн. наук, И.Ю. Карандеева, И.А. Бычкова

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Абакан, DenisKhsu@bk.ru

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ НЕИНВАЗИВНЫХ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

В статье обозначена актуальность разработки современных неинвазивных нейрокомпьютерных интерфейсов. Представлен принцип работы данного рода интерфейсов, а также разновидности нейроинтерфейсов. Рассмотрены сферы применения нейроинтерфейсов и возможные перспективы развития данной области.

Ключевые слова: *нейрокомпьютерные интерфейсы, нейрогаджеты, интерфейс «мозг-компьютер», паттерны.*

На сегодняшний день всё большее количество исследований ведется в области разработки новаторских нейрокомпьютерных интерфейсов (Brain–computer interface (BCI)) [1]. Данный тип интерфейсов направлен на решение задач по налаживанию прямой связи между человеческим мозгом и различного рода внешними устройствами путем исследования, преобразования, улучшения или восстановления когнитивных или сенсомоторных функций нервной системы человека [2, 3]. В качестве таких устройств могут выступать какие-либо гаджеты наподобие передвигающихся роботизированных пауков или шаров, в таком случае речь идет больше о нейрогаджетах, направленных на развлечение. Если же говорить о чем-то действительно полезном, то можно отметить, что в большей степени данного рода интерфейсы направлены на помощь людям с ограниченными возможностями, в том числе людям с параличом конечностей. Рассмотрим более подробно принцип работы данного рода нейрокомпьютерных интерфейсов.

Основной принцип работы нейрокомпьютерного интерфейса заключается в считывании сигналов человеческого мозга, далее проводится обработка данных сигналов и вывод исполняющему устройству расшифрованных команд, наглядно это представлено на рисунке 1.

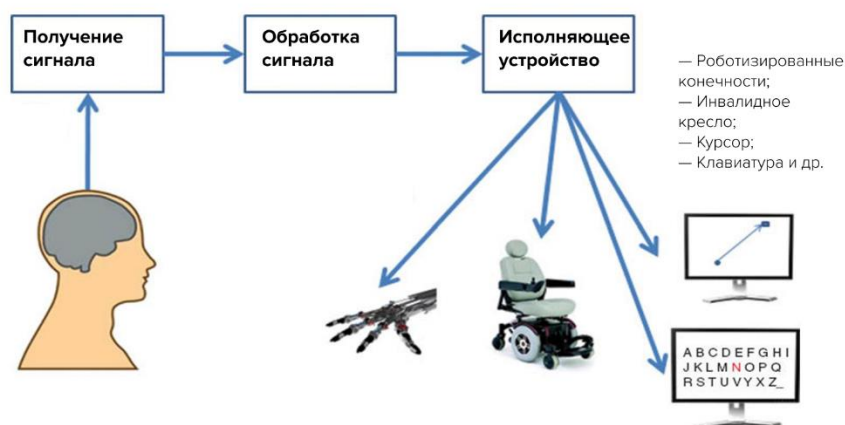


Рис. 1 – Принцип работы нейрокомпьютерного интерфейса

Сигналы, которые считывает нейрокомпьютерный интерфейс, чаще всего получают в виде электроэнцефалографии (ЭЭГ), которые в свою очередь визуально отражают активность мозга человека в виде частотных графиков [4, 5].

Важно понимать, что данные графики отличаются амплитудами и частотой. Говоря о частоте, можно выделить 4 основные «ритма» мозга человека: δ дельта (0.1–4 Гц), θ тета (4–7.5 Гц), α альфа (7.5–12 Гц), β бета (12–30 Гц) и γ гамма (свыше 30 Гц) (рисунок 2).

Чем выше частота, тем более сложную мыслительную задачу пытается решить человеческий мозг. Также важно выделить так называемый μ мю-ритм, или сенсомоторный ритм (СМР), который имеет сходную с альфа-ритмом частоту 8–13 Гц и регистрируется над моторной областью коры головного мозга, расположенной в задней части прецентральной извилины. Различает данные ритмы лишь форма волн, у мю-ритма волны имеют округлённые вершины. Именно на данной частоте чаще всего и разрабатываются нейроинтерфейсы, связано это с тем, что данная частота активности мозга фиксируется в случае, когда человек совершает движение, а также осуществляет какие-либо несложные мыслительные процессы, в частности, воображает, как он выполняет какое-либо движение рукой, ногой или, например, головой. Путем такого рода тренировок человек может осуществлять обучение нейрокомпьютерного интерфейса.

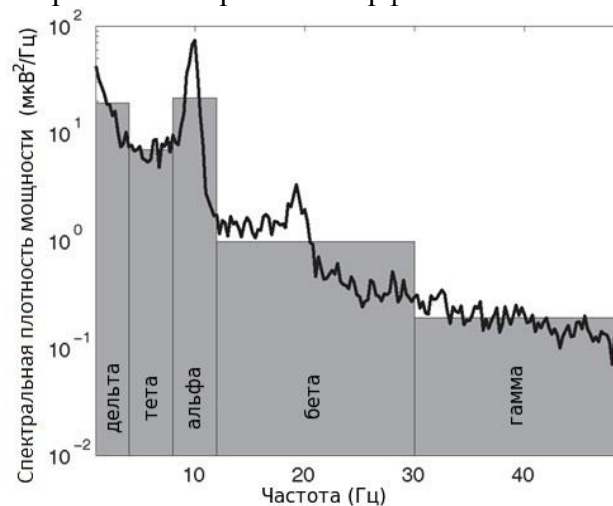


Рис. 2 – Пример частотного спектра электроэнцефалограммы человеческого мозга

По способу получения сигнала от мозга или по, так называемой, степени инвазивности выделяют:

- инвазивные нейроинтерфейсы, которые требуют непосредственного имплантирования интрокортикальных микроэлектродов в мозг человека, стоит отметить, что данный тип нейроинтерфейсов самый эффективный, однако и самый опасный;

- неинвазивные нейроинтерфейсы, анализ активности мозга для данных нейроинтерфейсов осуществляется без вживления электродов в человеческий мозг, считывание происходит с поверхности головы путем использования электроэнцефалографии (ЭЭГ), магнитоэнцефалографии или функциональной магнитно-резонансной томографии;

- полуинвазивный нейроинтерфейс, в данном случае электроды не вживляются в сам мозг, но находятся под кожей черепа и располагаются на поверхности головного мозга, примером данного типа нейроинтерфесам можно назвать электрокортикографию (ЭКоГ).

Визуально данные разновидности нейроинтерфейсов представлены на рисунке 3, как видно инвазивные нейроинтерфейсы находятся в среднем на расстоянии в 1,5 см. от мозга. Стоит отметить, что, чем меньше расстояние между электродом и мозгом, тем выше точность получаемых сигналов.

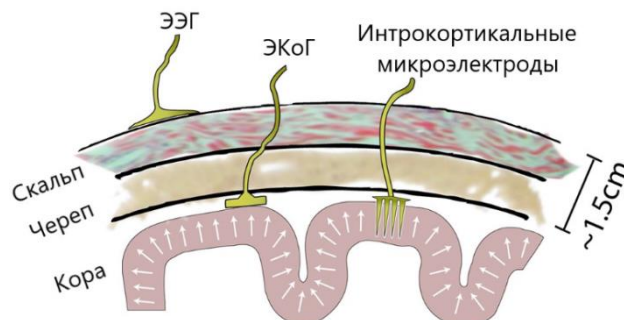


Рис. 3 – Виды нейрокомпьютерных интерфейсов

Также нейроинтерфейсы подразделяются по типу направления действия: однонаправленные и двунаправленные. В первом случае они либо принимают сигналы от мозга, либо наоборот только посылают ему их. Во втором же случае обеспечивается поток информации в обоих направлениях, что позволяет мозгу осуществлять управление внешними устройствами.

Данного рода устройства на данный момент, если говорить об инвазивных и полуннвазивных нейроинтерфесах, используются по большей части в медицине, повышая качество жизни людям с ограниченными возможностями, однако также они могут впоследствии быть применены и для коррекции и предотвращения заболеваний различного рода. Если же говорить о неинвазивных нейроинтерфейсах, то они становятся всё более популярны в игровой области [6], появляется всё больше различного рода нейрогаджетов и при нынешних темпах развития данной индустрии в будущем может произойти своего рода революция и любой смартфон сможет в перспективе записывать человеческие мысли, исследования в этой области активно ведутся [7].

При этом можно выделить, что одним из перспективных направлений в этой области выступает использование глубинных сверточных нейронных сетей, направленных на декодирование кинематических параметров движения различных частей тела. Исследования можно проводить на языке программирования Python с подключенной библиотекой OpenBCI.

В перспективе с помощью данных нейроинтерфейсов можно будет управлять любыми бионическими конечностями человека [8], однако важно помнить в данном случае об информационной безопасности, так как любая система может быть подвержена взлому, но взлом системы такого рода может быть еще более опасен, т.к. тут речь идет о жизни человека.

Список литературы:

1. Zander T.O. Team Phy PA: Brain-computer interfacing for everyday human-computer interaction // Professional network for scientists and researchers «ResearchGate», 2017. 61(2). pp. 209–216.
2. Карандеев Д.Ю., Карандеева И.Ю. Разработка нейроинтерфейсов как возможный путь ускорения научно-технического прогресса // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Абакан, 2022. С. 46-47.
3. Shishkin S.L. EEG Negativity in Fixations Used for Gaze-Based Control: Toward Converting Intentions into Actions with an Eye-Brain-Computer Interface // Community-rooted, open-access academic publisher «Frontiers». URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2016.00528/full> (дата обращения: 28.01.2023).
4. Wolpaw J.R., McFarland D.J., Neat G.W., Forneris C.A. An EEG-based brain-computer interface for cursor control, *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1991, vol. 78(3), pp. 252-259.
5. Nagel S., Spüler M. (2018) Modelling the brain response to arbitrary visual stimulation patterns for a flexible high-speed Brain-Computer Interface. *PLoS ONE* 13(10): e0206107. doi:10.1371/journal.pone.0206107 (дата обращения: 02.02.2023).
6. Карандеев Д.Ю., Карандеева И.Ю. Сферы применения современных интерфейсов «Мозг - компьютер» // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Абакан, 2022. С. 49-50.
7. Zhang W., Tan C., Sun F., Wu H., Zhang B. A Review of EEG-Based Brain-Computer Interface Systems Design. *Brain Science Advances*. 2018;4(2):156-167. doi: 10.26599/BSA.2018.9050010.
8. Современные протезы рук для максимально высокого качества жизни [Электронный ресурс]. – URL: <https://motorica.org/> (дата обращения: 12.02.2023)

2.3.1

**О.В. Корчевская¹ канд. техн. наук, С.А. Яркова² канд. техн. наук,
А.В. Яркова³, Р.Ф. Файзулин¹**

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М. Ф. Решетнева, Институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра информационно-управляющих систем, Красноярск, okfait@mail.com

²Красноярский институт железнодорожного транспорта,
декан факультета заочного и дополнительного образования, Красноярск

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЛНОТЕКСТОВОЙ ОБРАБОТКИ НАРРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассмотрен механизм разработки приложения полнотекстового поиска информации из слабонормализованных нарративных источников. Программа реализована на основе комбинирования метода полнотекстового поиска с элементами бинарного поиска.

Ключевые слова: *нарративные данные, обработка, полнотекстовый поиск, анализ данных.*

Введение

Современный мир является сложной, многогранной системой, требующей системно-междисциплинарного исследования. При исследовании таких систем и процессов возникают плохо формализуемые и плохо структурированные проблемы, что особенно характерно для исторических данных, собранных по воспоминаниям очевидцев событий (нарративов), представленных в различных форматах.

На сегодняшний день такие исследования затрудняет процесс обработки большого количества массива данных в связи с отсутствием специализированного программного обеспечения, а также конфиденциальностью данных и невозможностью использовать существующие поисковые системы.

Полнотекстовый поиск – это способ находить документы на естественном языке, соответствующие запросу пользователя [1-3].

1. Описание методов и классов

Основной класс – FormMain, основная форма приложения. Приложение позволяет пользователям указать каталог, шаблон имени файла и текст для поиска информации, сохраняет критерии поиска пользователя в файле JSON, чтобы пользователь мог легко восстановить свой предыдущий поиск при следующем использовании приложения [4]. Реализована многопоточность, так что при необходимости поиск можно отменить.

Класс C# под названием «SearcherParams» определяет структуру для хранения параметров, используемых классом «Searcher» для выполнения поиска, имеет конструктор, который принимает несколько параметров: «searchDirectories», «includeSubDirectoriesChecked», «fileName», «contentChecked», «contentText», «encoding», «searchInZipArchive», «searchInImages», также имеет несколько общедоступных свойств, которые соответствуют параметрам конструктора, поэтому доступ к значениям можно получить после создания структуры.

Класс «Searcher» предназначен для поиска файлов в указанном каталоге, имеет несколько методов, в том числе «Start», «Pause» и «Stop», которые используются для управления процессом поиска, а также несколько частных методов для выполнения фактического поиска и обработки результатов.

Метод «Start» используется для начала нового поиска, принимает объект «SearcherParams» в качестве аргумента, который содержит информацию о поиске, такую как каталог для поиска и строка поиска. Метод создает новую задачу, которая запускает метод «SearchTask»,

и запускает его.

Метод «Pause» используется для приостановки и возобновления текущего поиска.

Метод «Stop» используется для остановки текущего поиска. Он вызывает метод «Cancel» для объекта «_cancellationTokenSource», который отменяет запущенную задачу.

Метод «SearchTask» является основным методом, выполняющим поиск. Сначала он проверяет, существует ли каталог и не пуста ли строка поиска. Если эти условия соблюдены, он создает новый объект DirectoryInfo для каталога поиска и вызывает метод «SearchDirectory».

Метод с именем «FileContainsBytes», принимает два параметра: строку «path», представляющую путь к файлу, и массив байтов «compare», представляющий последовательность байтов для сравнения. Метод возвращает логическое значение, указывающее, содержит ли файл по заданному пути последовательность байтов.

2. Алгоритм работы

Алгоритм определяет постоянный размер блока 4096 байт и проверяет, находится ли размер массива байтов «сравнения» в диапазоне от 1 до размера блока. Если размер байтового массива находится в пределах диапазона, он создает новый байтовый массив «block» размера (compare.Length - 1 + blockSize).

Алгоритм использует блок try-catch для открытия файлового потока для чтения файла по заданному пути и считывает первый блок байтов из файла. Он входит в цикл do-while, который продолжается до тех пор, пока не будет достигнут конец файла или не будет сделан запрос на отмену. В цикле проверяется наличие запроса на отмену и, если он сделан, выходит из цикла. Затем алгоритм ищет в текущем блоке байтов совпадающую последовательность байтов, сравнивая подмассив блока (длина которого равна длине массива сравнения) с массивом сравнения в каждой позиции в блоке. Если совпадение найдено, он устанавливает переменную «содержит» в значение «истина» и прерывает цикл. Если достигнут конец файла или найдено совпадение, то цикл завершается, в противном случае алгоритм сдвигает байты в блоке влево и считывает дополнительные байты из файла, чтобы заполнить оставшееся пространство в блоке. Метод возвращает переменную «содержит» в конце, указывающую, содержит ли файл последовательность байтов или нет.

Класс «foundinfoeventargs», который определен в пространстве имен «simplefulltextsearcher.filesearcher.eventargs» и использует пространство имен «system.io». Этот класс представляет собой настраиваемый класс аргумента события, который используется для хранения информации когда файл или каталог найден в операции поиска. У класса также есть конструктор, который принимает два параметра: объект «filesysteminfo» (представляющий найденный файл или каталог) и целое число, представляющее количество найденных файлов или каталогов. Конструктор присваивает переданные параметры свойствам.

Класс с именем «SearchInfoEventArgs», определен в пространстве имен «SimpleFullTextSearcher.FileSearcher.EventArgs». Этот класс похож на «FoundInfoEventArgs», а также является классом настраиваемого аргумента события, который используется для хранения информации об операции поиска.

Класс имеет два общедоступных свойства: «Info» типа «FileSystemInfo» (содержит информацию о файле или каталоге, в котором производился поиск) и «Count» типа «int» (содержит количество файлов или каталогов, в которых производился поиск).

У класса также есть конструктор, который принимает два параметра: объект «FileSystemInfo» (представляет файл или каталог, в котором производился поиск) и целое число (представляет количество файлов или каталогов, в которых производился поиск).

Важно отметить, что оба класса FoundInfoEventArgs и SearchInfoEventArgs очень похожи, но значения свойств различаются.

Класс с именем «ThreadEndedEventArgs» определен в пространстве имен «SimpleFullTextSearcher.FileSearcher.EventArgs», является настраиваемым классом аргумента события.

3. Используемые методы

Программа использует метод линейного поиска для поиска файлов или каталогов в заданном каталоге. Реализован метод поиска файлов, содержащих определенную строку байтов. Этот метод ищет определенную последовательность байтов в содержимом файлов, а не сами файлы.

Так же метод поиска похож на метод поиска определенной последовательности байтов, обычно называемый «поиском последовательности байтов» или «бинарным поиском», который используется для поиска определенных данных или шаблонов в файле или памяти. Программа реализована на полнотекстовом поиске с элементами бинарного поиска.

4. Описание информационной системы

Приложение написано на языке C# в окружении Visual Studio и предназначено для полнотекстового поиска в файлах любого типа с возможностью приостановки и полной остановки. В результате поиска выводится список файлов, в которых была найдена искомая строка, и время, затраченное на поиск.

Интерфейс программы: английский, русский. Программа осуществляет полнотекстовый поиск во многих типах файлов: текстовые файлы (*.txt), pdf-файлы (*.pdf), файлы MS Word (*.rtf, *.doc, *.docx, *.html, *.odt, *.docm), файлы MS Excel (*.xls, *.xlsx), файлы MS PowerPoint (*.pptx, *.ppt) и любые бинарные файлы.

Программа начинается с директивы using, которая ссылается на пространство имен System. Пространства имен позволяют иерархически упорядочивать программы и библиотеки C#, содержат типы и другие пространства имен.

Заключение

Разработана система полнотекстовой обработки нарративной информации. Новизна работы заключается в применении алгоритмов полнотекстового поиска в сочетании с бинарным поиском, позволяющих проводить фильтрацию файлов по заданным критериям в различных форматах с учетом специфики расположения информации.

Список литературы

1. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Разработка алгоритмов интеллектуального сервиса поиска и мониторинга информации // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – №3 (220). – С. 6-17.
2. *Кузин Д.А., Осипов А.О.* Реализация полнотекстового поиска вавтоматизированной информационной системе "студент" спомощью системы elasticsearch // Вестник кибернетик. – 2021. – № 3 (43). – С. 60-67.
3. *Петров О.Е.* Архитектура системы полнотекстового поиска по речевым данным на основе глобального индекса // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21. №. 5. –С. 791-794.
4. *Рихтер Дж.* CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. – 4-е издание. – М.: ИП Питер, 2015. – 869 с.

2.3.1

Е.Г. Царькова канд. физ.-мат. наук

Тверской государственный университет, математический факультет,
Тверь, university69@mail.ru;

Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1, Москва

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ УИС**

В работе рассматривается решение задачи оптимизации структуры телекоммуникационной системы связи подразделения УИС численным методом на основе генетического алгоритма. Приводятся результаты программной реализации алгоритма генетического поиска, обеспечивающего решение задачи для произвольного количества узлов связи.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, оптимизация, генетический алгоритм, кроссинговер, мутация, методы эволюционного поиска.

Оптимизация топологии сетей связи подразделений УИС является актуальной задачей, служащей повышению эффективности деятельности ведомства в сфере обеспечения безопасности. Показатель минимальности суммарного расстояния между корреспондирующими узлами сети связи является важной оценочной характеристикой, которая используется для решения задачи повышения качества систем связи в рамках выделенных ресурсов [1]. Ряд методов для решения данной задачи может быть успешно применен на небольшом количестве узлов. С ростом числа корреспондирующих узлов растет трудоемкость поиска решения аналитическими методами [2]. Указанное обстоятельство приводит к необходимости разработки численных методов решения задачи оптимизации архитектуры телекоммуникационной сети с произвольным количеством узлов. Критерием оптимальности в рассматриваемой задаче служит обеспечение связи между корреспондирующими узлами с минимизацией суммарного расстояния между ними. Пусть имеется набор неподвижных узлов связи a_2, a_3, a_4 с заданными координатами. Необходимо по введенному в рассмотрение критерию оптимальности определить оптимальные координаты подвижного узла связи a_1 с учетом его расположения на плоскости относительно неподвижных узлов (рис. 1) [3].

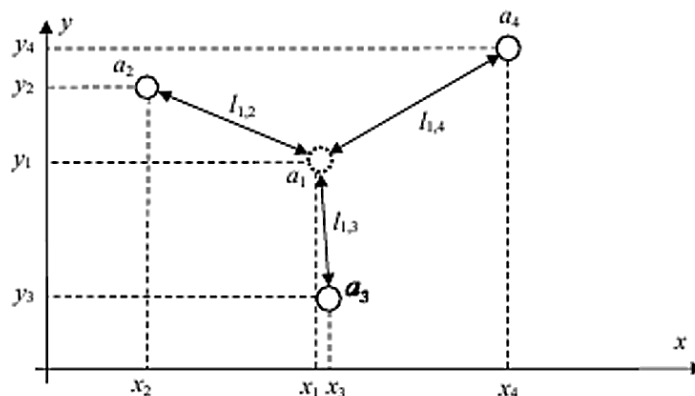


Рис. 1. – Расположение узлов связи (плоскостное расположение)

Значение целевой функции определяется как суммарное расстояние между подвижным узлом связи и ближайшими корреспондирующими узлами:

$$I(x, y) = \sum_{i=2}^{n+1} \sqrt{|x - x_i|^2 + |y - y_i|^2}, \quad (1)$$

где n – общее число узлов в сети связи, $(x = x_1, y = y_1)$ – координаты подвижного узла, $x_i, i = \overline{2, n+1}$ – абсциссы неподвижных узлов $a_2, a_3, \dots, a_{n+1}$, $y_i, i = \overline{2, n+1}$ – ординаты неподвижных узлов $a_2, a_3, \dots, a_{n+1}$.

Рассматривается задача оптимизации вида:

$$I(x, y) = \sum_{i=2}^{n+1} \sqrt{|x - x_i|^2 + |y - y_i|^2} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$x_{1\min} \leq x \leq x_{1\max}, y_{1\min} \leq y \leq y_{1\max}. \quad (3)$$

Генетические алгоритмы служат эффективным инструментом решения оптимизационных задач и используют генетические операции (скрещивание, мутация, отбор) для поиска оптимума [4]. Согласно генетическому алгоритму искомым решением задачи является набор числовых значений – хромосома. На старте алгоритма создается начальная популяция, далее на каждом шаге выбираются хромосомы для преобразования и выполняется их скрещивание и мутационные изменения для улучшения решения. В новую популяцию включаются хромосомы, отобранные как наилучшие. Процесс повторяется до нахождения оптимальной хромосомы, соответствующей оптимуму функции цели. Общая схема генетического алгоритма, используемого для решения рассматриваемой задачи, представлена на рисунке 2.

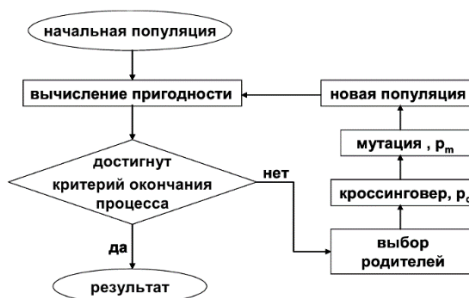


Рис. 2. – Схема работы генетического алгоритма

Результат программной реализации генетического алгоритма в среде IDE Visual Studio 2019 в форме настольного приложения приведен на рис. 3.

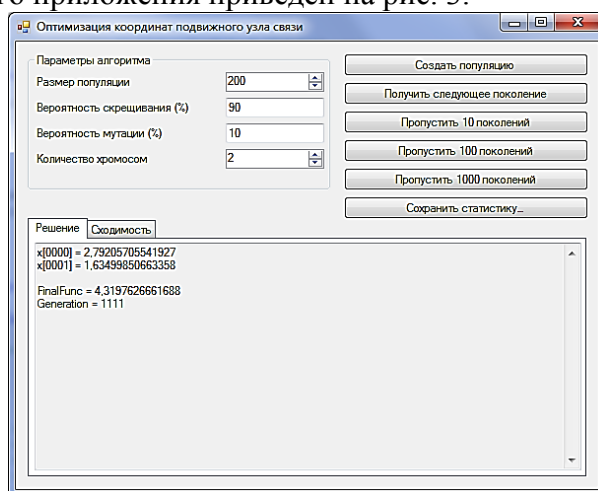


Рис. 3. – Интерфейс приложения (расположение узлов на плоскости)

Рассматривается расположение узлов на плоскости: $a_2 = (1; 2), a_3 = (3, 1), a_4 = (4, 3)$, $-10 \leq x \leq 10, -10 \leq y \leq 10$. В результате работы алгоритма получаем координаты подвижного узла $\bar{a} = (2,79; 1,63)$ (рис. 4). Оптимальное значение функции $\bar{I} = 4,319$ достигнуто за 1211 итераций.

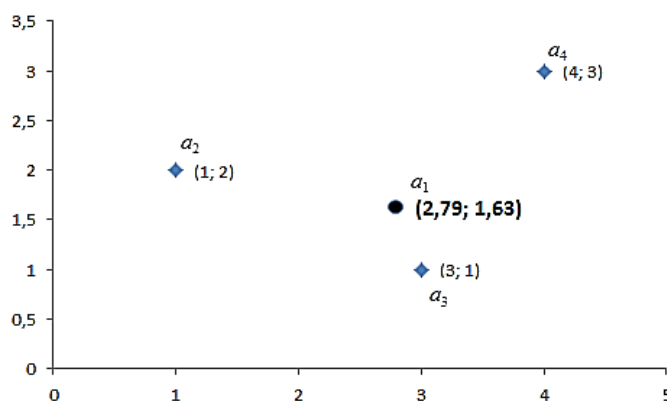


Рис. 4. – Расположение подвижного узла

Рассмотрим вариант пространственного расположения узлов, вводя дополнительную координату по оси Oz . Целевая функция, выражающая суммарное расстояние между узлами, имеет следующий вид:

$$I(x, y) = \sum_{i=2}^{n+1} \sqrt{|x - x_i|^2 + |y - y_i|^2 + |z - z_i|^2} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Вводятся ограничения на переменные:

$$x_{1\min} \leq x \leq x_{1\max}, y_{1\min} \leq y \leq y_{1\max}, z_{1\min} \leq z \leq z_{1\max}. \quad (5)$$

В результате работы рассматриваемого алгоритма с учетом задания параметров в следующем виде: $a_2 = (1; 2; 0)$, $a_3 = (3; 1; 2)$, $a_4 = (4; 3; 1)$, $-10 \leq x \leq 10$, $-10 \leq y \leq 10$, $-10 \leq z \leq 10$ получено решение, соответствующее оптимальному размещению подвижного узла связи $\bar{a} = (2,89; 2,05; 1,10)$ (рис. 5, 6). Целевая функция достигает своего минимума $\bar{I} = 5,03$ за 1073 итерации.

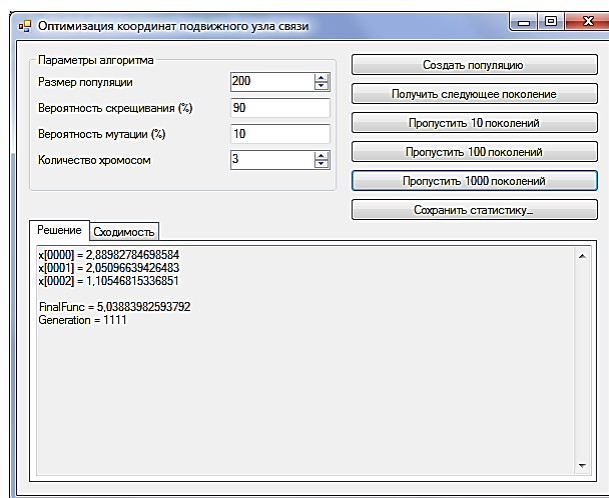


Рис. 5. – Интерфейс приложения (расположение узлов в пространстве)

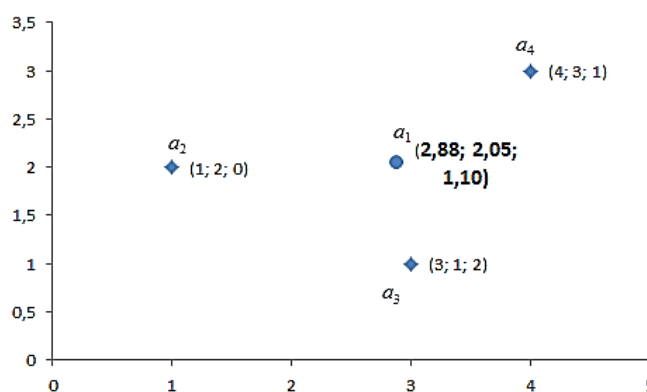


Рис. 6. – Расположение подвижного узла

В ходе проведения исследования успешно апробирован генетический алгоритм, применение которого эффективно при решении задачи оптимизации сети связи подразделения УИС. Реализованный алгоритм может быть применен при расчете сети с произвольным количеством заданных корреспондирующих узлов.

Список литературы

1. Рыбин М.А., Шарипов С.А. Управление информационными рисками в телекоммуникационных системах // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 2. С. 114-116.
2. Царькова Е.Г. Методы поддержки принятия решений в деятельности органа исполнительной власти по обеспечению надежности ведомственной информационной среды // Инженерный вестник Дона, 2022. № 7(91). С. 192-199.
3. Тарасов О.М. Исследование проблем оптимизации местоположения системы подвижных узлов связи // Труды академии. Научно-технический сборник № 76. СПб.:ВАС, 2011. С. 53–58.
4. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 320 с.

2.3.1

Н.С. Черниченко¹, О.В. Корчевская¹ канд. техн. наук, А.В. Яркова², В.А. Мельников³

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Институт информатики и телекоммуникаций, кафедра информационно-управляющих систем, Красноярск, krag7@mail.ru, okfait@gmail.com

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербург, ya_nasty02@mail.ru

³Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий, Красноярск, melnikov.vladimir.2002@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

В работе приведено обоснование выбора средств инженерно-технической защиты для проектирования системы контроля и управления доступом бюджетного учреждения.

Ключевые слова: *система контроля и управления доступом, инженерно-техническая защита информации, контроль доступа.*

Одним из важнейших и перспективных путей достижения надежного и эффективного управления сложными системами является их частичная автоматизация, которую необходимо применять как при операциях хранения, поиска и обработки информации, так и при работе с соответствующими организационными ресурсами (человеческими, техническими, финансовыми и т.д.) [1]. Известно, что самой серьёзной проблемой в любой системе безопасности является человеческий фактор и возможность несанкционированного доступа к ресурсам системы [2].

Политики контроля доступа являются фундаментальным строительным блоком для удовлетворения требований безопасности и конфиденциальности в организациях [3]. Предприятия должны не только полагаться на компьютерные сети и базы данных для обмена данными, но и защищать конфиденциальные и ценные данные от кражи или подделки [4].

Под системой контроля и управления доступом (СКУД) понимают совокупность средств контроля и управления доступом, обладающих технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью [2]. СКУД включает в себя программную и техническую части.

Программная часть состоит из комплекта серверного и пользовательского программного обеспечения, дополнительных утилит для настройки и конфигурирования оборудования, комплекта средств разработки (SDK) для обеспечения интеграции системы СКУД с другими системами.

Техническая часть включает: контроллеры, периферийное оборудование: RFID считыватели, замки, кнопки «Выход» и др.

Программно-технический комплекс СКУД представляет собой распределённую структуру контроллеров СКУД, устанавливаемых на объекте для выполнения требований информационно-технической защиты. Обработка информации осуществляется на центральном сервере учреждения с установленным серверным программным обеспечением. Взаимодействие серверов обработки данных с конечными устройствами должно осуществляться по каналам связи Ethernet.

Одним из ключевых моментов при разработке СКУД является определение компромисса между желаемым уровнем контроля, а также финансовых и организационных затратах, что накладывает определенные ограничения. Кроме того, специфика объекта реализации СКУД заключается в условиях размещения сторонних организаций беспорядочно расположенных на разных этажах одного здания бюджетного учреждения.

СКУД состоит из следующих физических узлов: дверной замок, считыватель, устройство, отпирающее ручное (кнопка), доводчик, конвертер, блок питания, аккумулятор, ключ, коммутатор и др.

Данный набор компонентов определен под действием факторов, влияющих на деятельность учреждения в данном здании, таких как: ограниченность средств бюджета, нестабильная система электропитания, технические характеристики инженерно-технических средств защиты.

На основании контрактов, доступных на государственном электронном ресурсе «Госзакупки», были выделены и проанализированы бюджетные варианты с техническими характеристиками, удовлетворяющими специфике требований, предъявляемым к обеспечению эффективной защиты СКУД.

Дверной замок СКУД представляет собой электронную щеколду, т. к. конструкция дверей не позволяет установить электромагнитный замок (эквивалент замку домофона). Выделены бюджетные варианты электронной щеколды: TRD-2086 Tantos, TRD-1086C Tantos и TS-EML300 Tantos. Поскольку двери в помещения учреждения имеют низкое качество и тонкий материал, необходим замок с наименьшими размерами и массой, в целях сохранности дверного полотна. Проанализировав показатели замков, был выбран «TS-EML300 Tantos», который не уступает прочностными показателями других замков и имеет наименьшую массу и размер.

К **считывателю СКУД** предъявлено только требование минимизации стоимости. Среди самых бюджетных вариантов электронного считывателя можно выделить: ST-PR010EM-GR, ST-CR210S-WT и Matrix-I. Наиболее подходящим является «Matrix-II», т. к. он не уступает техническими показателями другим считывателям.

К **устройству, отпирающему ручному**, как и к считывателям не предъявлено требований кроме стоимости и обеспечения функции отпирания путем замыкания контактов слаботочной линии, то сделан вывод, что наиболее подходящим является отпирающее устройство «НО-02», поскольку оно не уступает техническими показателями других отпирающих устройств.

К **доводчикам дверей** предъявлено требование минимизации стоимости и обеспечение безопасности для конструкции двери. Изучив заключенные контракты, выделено три варианта подходящего доводчика: TS-DC045, TS-DC065 и TS-DC085. Учитывая требования к доводчикам двери, можно сделать вывод, что наиболее подходящим является «TS-DC045», он соответствует параметрам входных дверей, является самым компактным и имеет наименьшее усилие, что снижает риск повреждения двери.

Конвертер. Конвертер выполняет функцию сбора информации с элементов СКУД и преобразует ее в форму, пригодную для прочтения ресурсами ЭВМ. Помимо минимизации стоимости к данному узлу предъявляется требование наличие интерфейса Ethernet и обеспечение контроля целостности пакетов при их передаче. На восемь считывателей необходим один конвертер. Изучив заключенные контракты на государственном электронном ресурсе «Госзакупки», выделены конвертеры: Z-397 Web, Z-397 Guard и Z-397. В соответствии с предъявленными требованиями, наиболее подходящим является конвертер «Z-397 Web»: имеет все необходимые интерфейсы и самую низкую цену относительно других конвертеров.

Блок питания обеспечивает электроэнергией все элементы СКУД, обеспечивающие контроль одной двери. Блок питания должен удовлетворять всем энергетическим потребностям ранее выбранных элементов. Выделены варианты подходящих блоков питания: AccordTec AT-12, Falcon Eye FE-AN-112 и Mollusk-VR 12. Необходимая мощность и минимальная цена – блок питания «Falcon Eye FE-AN-112».

Аккумулятор необходим для продолжения функционирования СКУД в случае отключения электроэнергии не менее чем на три часа. Характеристики аккумулятора должны учитывать характеристики блока питания. Один аккумулятор размещается для трех блоков питания. Выделено три варианта подходящих аккумуляторов: IPPON IP 12, WBR

GP12170 и ВВ ВС 17-12. В соответствии с предъявленными требованиями, наиболее подходящим является аккумулятор «WBR GP12170», т. к. он имеет необходимые емкостные ресурсы и самую низкую цену.

Ключ должен быть совместим с выбранными считывателями СКУД, а так же к нему предъявлено требование минимизации стоимости.

Коммутатор – это устройство обеспечивающее соединение узлов компьютерной сети для организации единой системы доступа пользователей к программным, техническим и информационным ресурсам. С его помощью можно соединить несколько сетевых узлов (в данном случае узлов СКУД). При этом соединение не будет выходить за рамки одного или нескольких сегментов сети.

В данной ситуации коммутатор будет использоваться для подключения конвертеров и ЭВМ, выполняющей функции обработки данных с конвертеров. В связи с этим, коммутатор должен иметь не менее пяти портов типа «RJ-45», возможность монтажа в стойку, а также для обеспечения корректной обработки данных, скорость передачи информации должна составлять не менее 100 Мб/с. Таким образом, выделено три варианта коммутаторов: Tenda TEF1016D, HP 1420-16G и TP-Link TL-SG1008MP. Наиболее подходящим является коммутатор «Tenda TEF1016D», т. к. он соответствует предъявляемым требованиям и имеет самую низкую цену.

Заключение

В результате анализа инженерно-технических требований к обеспечению эффективной защиты учреждения средствами СКУД с учетом специфики учреждения и контрактов, доступных на государственном электронном ресурсе «Госзакупки», были выделены и проанализированы бюджетные варианты с техническими характеристиками, удовлетворяющими поставленной задаче, учтены конструктивные особенности здания и элементов инженерно-технической защиты, используемых в настоящее время.

Список литературы

1. Галанкин А.В., Войцеховский С.В., Прохоров М.А. Разработка информационно-справочной системы в интересах развития информационных систем специального назначения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 1.
2. Пестов И.Е., Шинкарева П.С., Кошелева С.А., Бурмистров М.Д. Разработка программно-аппаратной системы контроля и управления доступом // Эргодизайн. 2020. № 1 (7). С. 19-24.
3. Pilipchuk R., Seifermann S., Heinrich R. Aligning Business Process Access Control Policies with Enterprise Architecture. Proceedings of the Central European Cybersecurity Conference. 2018. № 17. pp 1-4.
4. Guo Y., Xu J., Yuan H., Yuan H. Research on Enterprise Computer Network Security Protection Technology Based on Information Technology. 2020 IEEE 3rd International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEEE). 2020. pp 488-491.

2.3.1

Х.А. Шамасна

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных
технологий, кафедра «Электроника и сети ЭВМ»,
Нижний Новгород, t26032017@gmail.com

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПТИЦЕФАБРИКЕ**

В работе предложена разработка эффективной системы контроля гидротермических параметров (температуры и относительной влажности).

Данная система направлена на поддержание комфортных микроклиматических параметров на птицефабрике с помощью гибридизации нейронных сетей с нечеткой логикой.

Ключевые слова: *искусственные нейронные сети (ИНС), нечеткая логика (НЛ), адаптивная система нейро-нечеткого вывода – ANFIS, гибридная нейро-нечеткая система (ГННС), нейронная сеть (НС).*

При выполнении задачи проектирования «умной» птицефабрики важным аспектом является разработка эффективной системы контроля гидротермических параметров (температуры и относительной влажности).

Предложенная система направлена на поддержание комфортных микроклиматических параметров при обеспечении максимальной экономии энергии.

В работах Петрова И. Ю., Карпенко А. В [1, 2] были рассмотрены модели обеспечения комфортных условий микроклимата в помещении с учетом минимизации затрат энергии. Было выделено три класса моделей: модели "белого ящика", модели "черного ящика" и гибридные модели "серого ящика". К моделям "белого ящика" относятся модель Фангера учитывающие чувствительность человека к различным микроклиматическим факторам, а также адаптивные модели и модель электротепловой аналогии. Модели "черного ящика" основаны на искусственных нейронных сетях, нечеткой логике и нейро-нечетком моделировании. Наибольшее распространение получила модель Фангера, однако в последние годы наблюдается увеличение интереса к моделям "черного ящика"[8, 9], [3-7].

Данная работа посвящена управлению микроклиматом в птичниках, что представляет собой сложную задачу, требующую постоянного учета изменяющихся условий. Использование методов НЛ в управлении микроклиматом затруднено из-за увеличения входных переменных, что повышает сложность вычислений и затрудняет восприятие и обработку машиной нечеткого вывода [1]. Для преодоления этих проблем в работе используется (модели "серого ящика" гибридная нейро-нечеткая система (ГННС), которая сочетает в себе НЛ и ИНС для разработки базы оптимальных правил. Типичные способы реализации нейро-нечетких моделей для систем управления приведены в работе Андриевская Н. В, Резников А. С, Черанев А. А [10].

Применение нейро-систем управления (НС) с НЛ может значительно улучшить эффективность работы систем автоматического управления благодаря тому, что недостатки одной из технологий компенсируются преимуществами другой. ИНС может использоваться для анализа данных и идентификации объектов, в то время как НЛ может быть применена для синтеза нелинейных законов управления на основе имеющихся данных и обеспечения устойчивости системы управления [10].

В настоящее время предложено большое число различных по архитектуре, возможностям и используемым методам гибридных нейро-нечетких моделей, например: NNFLC, ANFIS, NNDFR, GARIC и др. [11, 12, 13]. В работе [14] был проанализирован выбор типа ГННС, зависящий от решаемой задачи. Согласно данным исследований, для управления микроклиматом наиболее эффективно использовать адаптивную систему нейро-нечеткого вывода ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System) [13].

Структура ГННС представляет собой типичную схему пяти слоев прямого распространения сигнала типовой структуры [14], количество входов которой зависит от изучаемого процесса. На первый слой подаются усредненные данные о температуре (T) и влажности воздуха (W), полученные с помощью интернет вещи-датчиков, расположенные в различных частях помещения.

Процесс сбора данных и обучения.

Во время обучения гибридной нейронной сети, исходные данные получаются из набора обучающих примеров, после чего сеть принимает данные о текущих характеристиках окружающей среды в режиме реального времени. Целевые значения (T , W) передаются на второй слой сети, где формируются принадлежности к группам нечетких множеств.

Первичные данные получены из результатов экспериментальных исследований, проведенных в данном помещении и других помещениях, оснащенных системами климат-контроля. Оптимальные параметры работы были определены на основе экспертных рекомендаций по работе систем микроклимата в агропромышленном комплексе АПК, а также первичные данные были сгруппированы в соответствии с их характеристиками научных работ, посвященных микроклимату в закрытых птичниках.

Функции принадлежности устанавливают соответствия между входными параметрами и нечеткими группами. Из таблицы 1 следует, что входные параметры принадлежат к одной из 25 категорий в области значений входных векторов.

Таблице 1. Матрица нечетких правил [15].

влажность температура	очень низкий	низкий	комфортно	высокий	очень высокий
очень холодно	низкий	низкий	низкий	низкий	низкий
холодно,	низкий	средины	средины	средины	низкий
комфортный	низкий	средины	высоки	средины	низкий
жарко	низкий	средины	средины	средины	низкий
очень жарко	низкий	низкий	низкий	низкий	низкий

Для определения соответствий между входными данными были использованы данные исследования влияния величины микроклимата на эффективность работы птичника. В Таблица 2. Столбец "Средний вес" содержит средневзвешенное значение веса птицы в течение наблюдений в неделю, а ячейки (i , j) указывают среднюю температуру внутри птичника в соответствующие веса.

Таблица 2. Оптимальные целевые значения влажности и температуры[15].

Влажность средний Вес	30%	40%	50%	60%	70%	80%	
42	32.04	31.75	31.42	30.04	29.26	28.20	(i, j)
175	32.37	32.08	31.76	30.37	29.59	28.54	
486	30.84	30.55	30.22	28.84	28.06	27.00	
931	28.42	28.13	27.81	26.42	25.64	24.59	
1467	25.92	25.63	25.31	23.92	23.14	22.09	
2049	23.59	23.30	22.97	21.59	20.81	19.75	
2634	20.17	19.88	19.56	18.17	17.39	16.34	
3177	17.84	17.55	17.22	15.84	15.06	14.00	
4064	13.84	13.55	13.22	11.84	11.06	10.00	

Сеть ANFIS для управления микроклиматом птичника

Правила нечеткого вывода для птичника

Для удобства обозначим x_1 – входное значение температуры, x_2 – входное значение влажности, выходом будет переменная y – (режим микроклимата).

Представим правила (согласно таблице 1) стандартным образом.

ЕСЛИ $X_1 = \text{'Холодно'}$ И $X_2 = \text{'Низкая'}$, ТО $Y = \text{'Низкий'}$

ЕСЛИ $X_1 = \text{'Комфортно'}$ И $X_2 = \text{'Комфортно'}$, ТО $Y = \text{'Высокий'}$

и т.д., всего 25 правил (некоторые правила могут быть не рабочими, т.е. не применяться в процессе работы). Структура нейро – нечеткой сети для управления микроклиматом цифровой птицеферме Рисунок 1

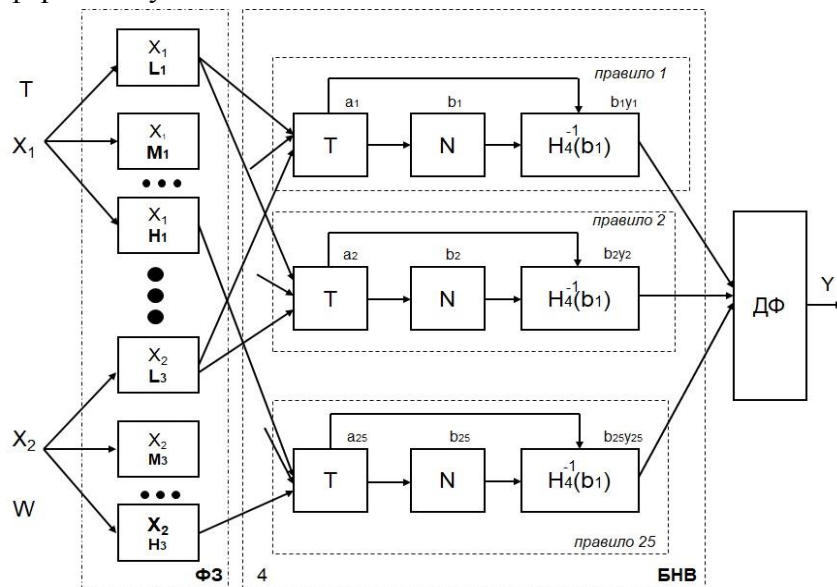


Рисунок 1. Структура нейро–нечеткой сети для управления микроклиматом цифровой птицефермы

Первый слой. Описанный уровень представляет собой нечеткий логический уровень, в котором каждый узел является базовым нейроном, имеющим свой собственный ФП $\mu_{A_j}(x_i)$, где

$$\mu_{\{A\}(x)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - c_{\{i\}}}{c_{\{i\}}}\right)^2} \quad \text{где } i=1,n$$

где Входной сигнал x_i – Входной сигнал i -го узла, A_j – лингвистическая переменная из терм-множества T_x , ассоциированная с данным узлом. В этом случае выбираются гауссовы функции принадлежности и определяются для каждой входной переменной. Функция принадлежности по Гауссу определяет степень принадлежности входного значения к определенной языковой переменной. Функция имеет параметры, где c_i , σ_i – параметры функций принадлежности, подлежащие настройке в процессе обучения. Параметры этого слоя относятся к так называемым параметрам предпосылок.

Второй слой сети (слой И-нейронов).

Этот слой отвечает за создание принадлежности к нечетким множествам и определение посылок нечетких правил. Каждый узел на этом слое связан с узлами первого слоя, которые формируют правила вывода. Зафиксированные узлы на данном слое умножают входные сигналы с помощью нечеткой логической операции "И" на параметрах посылок правил. Каждый узел на этом слое соответствует одному нечеткому правилу. В нашем случае количество правил, а соответственно и узлов равно двадцати пяти.

Выходные данные каждого узла представляют степень истинности соответствующего правила. Он рассчитывается по формуле:

$$w_i = \mu_{A_i}(x_1) * \mu_{B_i}(x_2)$$

Третий Слой.

Данный слой называется слоем дефазификации. На этом этапе происходит нормализация степеней выполнения правил, полученных на предыдущем слое нечетких правил. Количество неадаптивных узлов данного слоя равно пяти, каждый из которых рассчитывают Относительная степень (вес) выполнения нечеткого правила и вычисляется по формуле:

$$Q_{L3i} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}$$

Четвёртой Слой.

Четвертый уровень нейронной сети используется для определения обобщенных рекомендуемых режимов работы устройств климат-контроля на основе входных параметров физической среды помещения.

Адаптивные узлы четвертого уровня вычисляют вклад каждой нечеткой базы в выходные данные сети по формуле:

$$Q_{L4i} = \bar{w}_i * r_i = \bar{w}_i(p_i x_1 + q_i x_2 + c_i)$$

Пятый Слой.

Неадаптивный узел этого слоя суммирует вклады всех правил:

$$Q_{L5i} = \sum \bar{w}_i * r_i = \frac{\sum \bar{w}_i * r_i}{\sum \bar{w}_i}$$

Для реализации ГННС на основе настроенной системы нечеткого вывода с использованием программной m-функции ANFIS в процессе обучения, параметры узлов сети настраиваются так, чтобы минимизировать стандартную среднеквадратичную ошибку (RMSE) – невязку между экспериментально измеренными показателями e^* и выходами сети e :

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^T ([e^* - e]^2)} \longrightarrow \min$$

где N – количество наблюдений в выборке, М-функция обучения сети ANFIS, которая может использовать два алгоритма для определения параметров функций принадлежности систем нечеткого вывода типа Сугено или Цукамото: алгоритм обратного распространения ошибки или гибридный алгоритм обучения.

Обучение параметров функций принадлежности ГННС реализуется с помощью метода обратного распространения ошибки, основанном на градиентном методе наискорейшего спуска.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование нейронных сетей, в том числе и нечетких, для управления микроклиматом в цифровых птицефермах является достойным вариантом. Это из-за того, что нейронные сети обладают высокой динамической адаптивностью и способны обучаться на основе предыдущих данных и опыта. Они могут также учитывать нечеткие или неопределенные данные, что делает их более пригодными для управления микроклиматом в цифровых птицефермах.

Список литературы

1. Петрова И.Ю., Карпенко А.В. Модели управления микроклиматом в помещении // Фундаментальные исследования. 2016 № 7-2. С. 224–229.
2. Карпенко А.В, Петрова И.Ю. Обзор моделей управления микроклиматом в помещении, Инженерно-строительный вестник Прикаспия [Электронный ресурс].URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-modeley-upravleniya-mikroklimate-v-pomeschenii/pdf>
3. Кувшинов Ю.Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. С. 26–27.
4. Низовцев М.И. Расчетно-экспериментальные исследования энергоэффективных элементов ограждающих конструкций и климатического оборудования зданий: дис д-ра техн. наук. Тюмень, 2009. 305 с.

5. *Luikov A.V.* Systems of differential equations of heat and mass transfer in capillary porous bodies // *Int. J. Heat Mass Transfer*. 1975. Vol. 18. P. 1–14.
6. *Табунчиков Ю.А., Бродач М.М.* Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. С. 174–175.
7. *Устинов В.* Микроклимат и качество воздуха в офисных зданиях. Сравнение норм России и ЕС // *АВОК*. 2015. № 3. URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/197.pdf
8. *Kramer R., van Schijndel J., Schellen H.* Simplified thermal and hygric building models: A literature review // *Frontiers of Architectural Research*. 2012. Vol. 1 (4). P. 318–325
9. *Ssif N., Kaji S., Sabourin R.* Optimization of HVAC Control System Strategy Using Two-Objective Genetic Algorithm // *International Journal of HVAC&R Research*. July 2005. Vol. 11. №. 3. P. 459–486.
10. *Андреевская Н.В., Резников А.С., Черанев А.А.* Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11. С. 1445–1449
11. *Kruglov V.V.* Gybrydnyye nejronnyye sety / V.V. Kruglov, V.V. Borysov. – Smolensk: Rusych, 2001. – 224 s.
12. *Jarushkina, N.G.* Osnovy teorii nechetkih i gibridnyh sistem: Uchebnoe posobie. – М.: Finansy i statistika, 2004. 320 s.
13. *Leonenkov, A.V.* Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. – SPb.: BHV-Peterburg, 2003. 736 s.
14. *Круглов В.В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов.- М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 382
15. Информационные системы и технологии - 2022: [Электронный ресурс]: Программа и аннотации докладов XXVIII Международной научно-технической конференции – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2021.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ — 2.3.3.****2.3.3****И.С. Абдеев, А.В. Чупаев канд. техн. наук, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина**

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

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

В статье рассматриваются компьютерные тренажерные комплексы, предназначенные для обучения и проверки знаний вновь принятых и уже работающих сотрудников промышленных предприятий. Современный компьютерный тренажер позволяет обучать сотрудников методам безопасной эксплуатации штатных режимов работы производства, а также отрабатывать действия при нештатных аварийных ситуациях.

Ключевые слова: *компьютерные тренажерные комплексы, промышленные производства, математическая модель, оператор-технолог.*

Современные промышленные предприятия нефтяной, газовой, химической и нефтехимической отраслей имеют сложные системы управления технологическими процессами и порой новым сотрудникам, только пришедшим на производство, бывает довольно сложно разобраться с принципами работы новых для них систем. В таких случаях на помощь приходят современные компьютерные тренажерные комплексы, которые включают в себя обширный спектр возможностей для обучения. Подобные комплексы предназначены для подготовки специалистов, которые могут ознакомиться с системой управления технологическим процессом и получить необходимые знания о процессе производства, который начинается с приемки сырья и заканчивается отгрузкой конечного продукта.

Существуют два основных вида компьютерных тренажерных комплексов:

1. **Low-end.** Предназначен для обеспечения базового уровня обучения и получения практических навыков в рамках ограниченного набора математических процедур и операций применительно к конкретному технологическому процессу. Эти тренажеры ограничены по своей функциональности и не позволяют расширять или настраивать возможности системы. Они часто используются для выполнения простых, повторяющихся операций, а также для базового обучения специалистов.

2. **Hi-end.** Тренажеры данного вида позволяют достаточно точно имитировать действующие технологические объекты с использованием копий проектов систем управления и адекватных термодинамических моделей технологического процесса. Подобный класс тренажеров используется для достижения следующих основных целей:

1. Обучение и тренинг персонала по управлению сложными технологическими установками.

2. Тестирование алгоритмов управления для проектов распределенных систем управления и систем противоаварийной защиты.

Процесс разработки компьютерного тренажера для обучения операторов технологических процессов условно можно разделить на три этапа:

1) разработка адекватной модели технологического процесса;

2) разработка базы данных с разнообразными параметрами процесса (значения параметров должны охватывать всю область допустимых значений для выбранного процесса) для поддержания работы компьютерного тренажера;

3) разработка методики обучения операторов.

Современный компьютерный тренажер, класса Hi-end позволяет не только проводить обучение сотрудников методикам безопасной эксплуатации производства в штатном режиме работы, но и позволяет отрабатывать действия оперативного персонала при нештатных аварийных ситуациях. Компьютерный тренажерный комплекс может включать в себя различные сценарии нештатных ситуаций. К таким ситуациям, к примеру, можно отнести банальное заклинивание клапана, выход из строя датчика технологического параметра, и даже полное отключение от энергопитания объекта управления. Также компьютерный тренажерный комплекс позволяет имитировать сценарии, связанные с плановым пуском и остановом производства [1].

В соответствии с требованиями, описанными в производственной документации, для каждого определенного сценария, разрабатывается комплекс действий, который оператор-технолог должен выполнить за определенное время. В случае, если какое-то из действий не было выполнено в указанный срок или же вовсе не произошло оператором, система отслеживания назначит штрафные баллы, установленные для этого.

Структурная схема компьютерного тренажерного комплекса представлена на рисунке 1.

Компьютерные тренажерные комплексы включают в себя следующие модули:

- Станция инженера-инструктора.
- Станция полевого уровня (2D, 3D, панорама).
- Станции оператора-технолога.

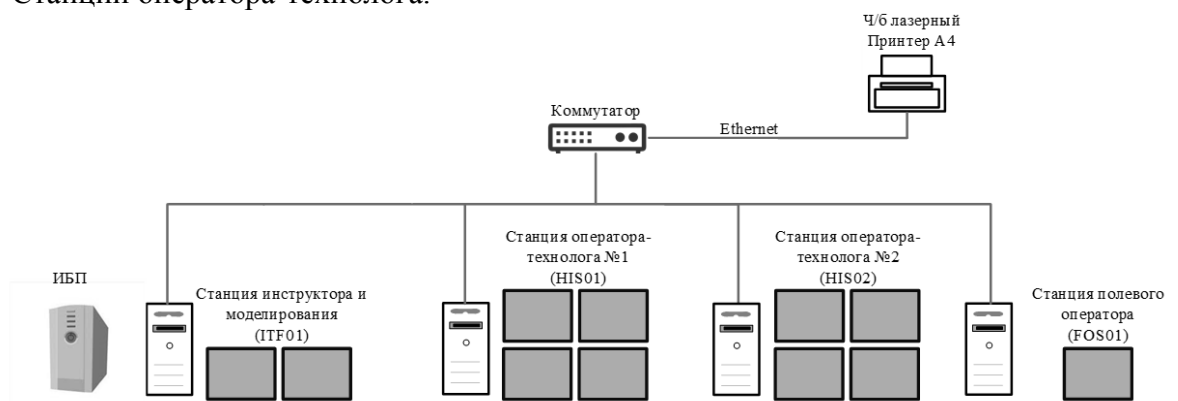


Рис. 1 - Структурная схема компьютерного тренажерного комплекса

На станции инженера-инструктора разворачиваются такие модули тренажера как:

- Математическая модель, включающая в себя полный перечень моделируемого оборудования (адсорберы, реакторы, колонны ректификации, ручные клапаны, электроздвижки и т.д.) с реальными его характеристиками. Помимо моделируемого оборудования математическая модель содержит информацию о компонентах и системах расчета, применяемых для данного технологического процесса [2].

- Модуль инструктора позволяет разрабатывать пользовательские аварийные сценарии, отвечающие требованиям и нормам производственной документации.

Станция полевого оператора включает в себя в основном элементы, непосредственно находящиеся в «поле», а именно: ручную арматуру, пульта управления насосами, компрессорами или иными системами, имеющими возможность управления по месту [3].

Станция оператора-технолога представляет собой полноценное рабочее место с программным обеспечением, аналогичным применяемому на производстве. Благодаря этому профессиональный опыт, получаемый сотрудником в процессе обучения на тренажере, является максимально приближенным к реальному, и позволяет значительно сократить время на освоение должностных компетенций.

Таким образом, современные компьютерные тренажерные комплексы служат важным звеном в обучении оперативного персонала завода. Они позволяют отрабатывать навыки штатного ведения технологического процесса, ликвидации нештатных ситуаций на

производстве и повышать уровень компетентности как новых сотрудников, так и опытных операторов. Детальная имитация работы используемого на производстве оборудования и протекающих в нем физико-химических процессов позволяет сделать обучение персонала максимально приближенным к действующему производству.

Список литературы

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009.
2. Компьютерный тренажер для операторов технологических процессов доменного производства / В.П.Чистов, Г.Б.Захарова, И.А.Кононенко, В.Г.Титов // Программные продукты и системы. 2002. No 3.
- 3.https://www.researchgate.net/publication/282443050_Razrabotka_trenazera_dla_obucenia_operaturov_tehnologiceskih_processov_osnovnye_ucastniki_ih_rol_i_vzaimodejstvia

2.3.3.

Г.А. Алексеев д-р техн. наук, В.Н. Кудашов канд. физ.-мат. наук,
Е.Г. Селина, В.А. Селин, Н.А. Селин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
кафедра информатики и прикладной математики,
Санкт-Петербург, lena_selina@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛЬНЫМИ РЕЗЦАМИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

На основе определения рационального сочетания технологических, конструктивных и эксплуатационных параметров определены условия, обеспечивающие устойчивость процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа профилированием с использованием алмазных монокристалльных резцов трапецеидального профиля.

Ключевые слова: микрорельеф, резцовое устройство, профилирование, устойчивость.

Для стабилизации процесса образования ПРМ необходимо создание комплекса взаимосвязанных условий, при которых обеспечивается устойчивость инструмента с учетом координатной связанности в резцовом устройстве делительной машины. Существенное значение при этом имеют пластические деформации, возникающие в процессе деформации материала заготовки, зависящие от формы профиля ПРМ и геометрии рабочей части используемого инструмента.

При образовании ПРМ с трапецеидальным симметричным и несимметричным профилем могут быть использованы резцы, имеющие соответствующий профиль, рабочая часть которых образована в пересечении трех цилиндров или трех конусов. Такие резцы имеют три грани, наклоненные под углами α , α_1 и β к плоскости заготовки могут использоваться и для формирования микрорельефа вогнутых концентрирующих дифракционных решеток.

В отличие от резцов с треугольным профилем, трапецеидальный резец имеет два лезвия. Первое лезвие образуется, как и у резцов с треугольным профилем в пересечении цилиндрических поверхностей радиусов R_1 и R_2 , оси которых наклонены в разные стороны по отношению к оси оправки резца. Второе лезвие образуется в пересечении двух цилиндрических поверхностей радиусов R_1 и R_3 , оси которых наклонены в одну сторону по отношению к оси оправки резца (рис 1).

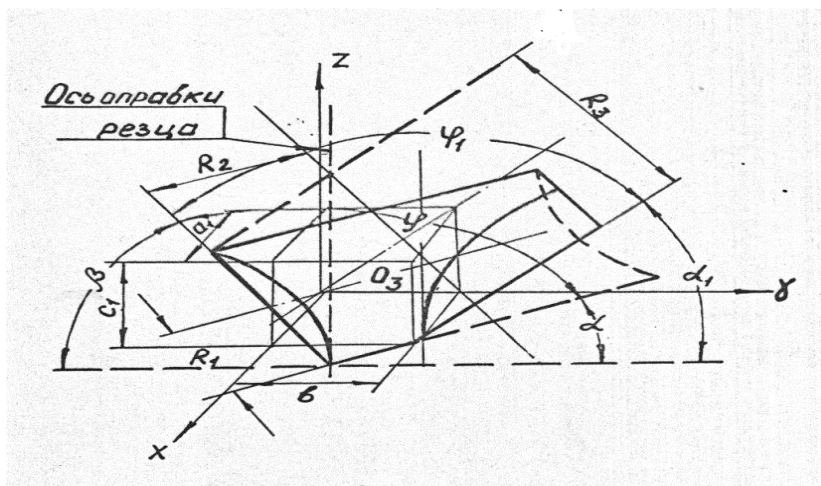


Рис. 1- Расположение цилиндрических поверхностей, образующих лезвия резца трапецеидального профиля

Соответственно имеются два общих угла φ_1 и φ_2 . Расстояние в направлении оси ОУ между точками пересечения образующих цилиндрических поверхностей для первого и второго лезвия, лежащих в плоскости ОУZ и вершинами резца определяют ширину основания трапецеидального профиля d_1 в плане. Также, как и в случае бицилиндрических резцов несимметричного треугольного профиля из условия равенства нулю кривизны проекции лезвия на плоскость заготовки в точке $x=0$ получим соотношение между радиусами и углами наклона цилиндров, обеспечивающее максимальную прямолинейность проекции:

$$R_2 = R_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}; \quad R_3 = R_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_1} \quad (1)$$

Зависимости длины следа от параметров профиля для первого и второго лезвия резцов трапецеидального профиля, необходимые далее для определения сил, действующих в процессе образования ПРМ, имеют вид:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2dR_1 \sin \beta \sin \frac{(\alpha + \alpha_1)}{2}}{\sin \left[\frac{(\alpha + \alpha_1)}{2} + \beta \right]}} \quad S_2 = \sqrt{\frac{dR_1 \sin \beta \sin \alpha_1}{\cos \frac{(\alpha_1 - \alpha)}{2} \sin \left[\frac{(\alpha + \alpha_1)}{2} + \beta \right]}} \quad (2)$$

Выражения (2) получены в предположении равенства ширины граней, наклоненных под углами α и α_1 .

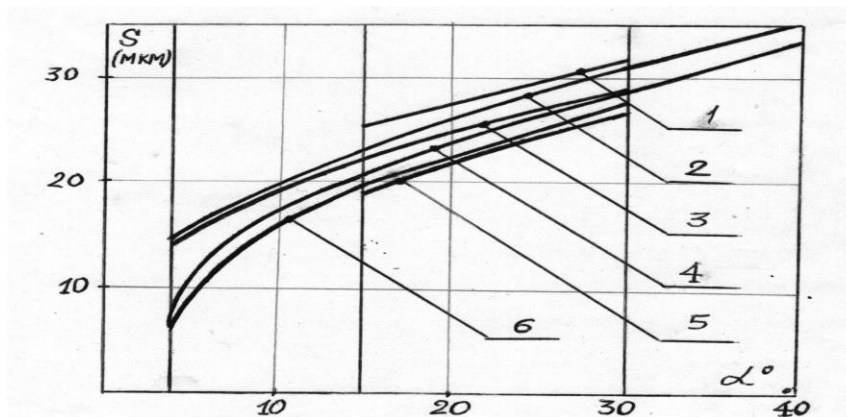


Рис 2- Графики зависимостей длины следа резцов трапецеидального профиля с цилиндрическими поверхностями от углов наклона граней штрихов плотностью 1200 штр/мм

1: $\alpha = 10^\circ, \varphi = 120^\circ$; 2: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 100^\circ$; 3: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 120^\circ$ (1ое лезвие)

4: $\alpha = 10^\circ, \varphi = 120^\circ$; 5: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 100^\circ$; 6: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 120^\circ$ (2ое лезвие)

Графики зависимостей (2) даны на рис. 2 для штрихов дифракционных решеток с постоянной $d=0,83$ мкм. Из графиков следует, что с увеличением разности углов наклона граней штриха, образуемых поверхностями цилиндров с радиусами R_1 и R_2 длина следа первого и второго лезвия увеличиваются. Увеличение общего угла и уменьшение угла α приводит к уменьшению длины следа

Для анализа процесса формообразования ПРМ профилированием существенное значение имеет форма рабочей части, участвующей в непосредственном контакте с материалом заготовки. В случае применения монокристаллических резцов с цилиндрическими и коническими поверхностями рабочая часть представляет тело большого удлинения и в продольном сечении имеет вид сегмента с малым, порядка 0,001, отношением стрелки прогиба к хорде. Вследствие этого при профилировании не происходит перемещения материала в направлении движения резцовой балки и при анализе деформаций используются уравнения плоской деформации. Пластические деформации в каждом поперечном сечении будут аналогичными деформациям, возникающим при внедрении клина несимметричного трапецеидального профиля в жестко-пластическую среду, ограниченную плоскостью. При внедрении клина среда выдавливается по обе его стороны. Картина деформации имеет вид, схематически показанный на рис.3.

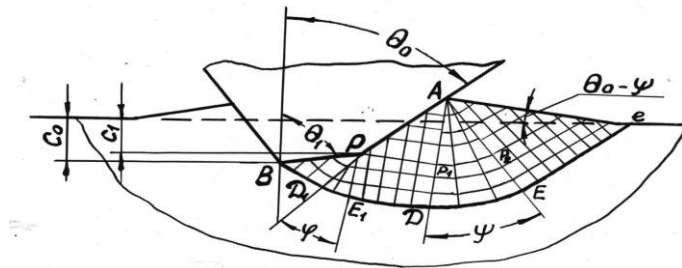


Рис. 3- Поле линий скольжения при вдавливании клина несимметричного трапецеидального профиля

...Заштрихованная область ABC находится в пластическом состоянии и с увеличением глубины изменяется так, что ее конфигурация все время сохраняет геометрическое подобие некоторому исходному состоянию. Обозначим через c_0 глубину всего штриха, через c_1 глубину штриха, профилируемого первым лезвием, через h_0 и h_1 ширину рабочей грани второго и первого профиля. Граничную линию AC аппроксимируем прямой. Вдоль BP и AP контактное давление постоянное и в треугольниках BD_1P , AP_1P , AEC и прямоугольнике PP_1E_1D – равномерное напряженное состояние. Давления на BP и на AP соответственно равны:

$$p_1 = -2k(1 + \psi + \varphi); \quad p_0 = -2k(1 + \psi)$$

Для нахождения неизвестных ψ и ширины h_0 запишем одно уравнение исходя из геометрических соображений согласно чертежу:

$$\sin(\theta_0 - \psi) \left(h_0 + \frac{c_1}{\cos\theta_1} \right) = h_0 \cos\theta_0 - c_0 + c_1 \quad (3)$$

а второе – исходя из условия несжимаемости:

$$(h_0 \cos\theta_0 - c_0 + c_1) \left[\left(h_0 + \frac{c_1}{\cos\theta_1} \right) \cos(\theta_0 - \psi) + (h_0 \cos\theta_0 - c_0 + c_1) \tan\theta_0 \right] = (2c_0 - c_1) c_1 \tan\theta_1 + (c_0 + c_1)^2 \quad (4)$$

Из (3) и (4) с точностью до величины $O(\theta - \psi)^4$ получим следующее выражение для ψ и h_0 :

$$\psi = \theta_0 - 2\sqrt{0,67(2\sin\theta_1 + 1)} \cos(60^\circ + \frac{\varphi_1}{3}) \quad (5)$$

где

$$h_0 = \frac{c_0 - c_1}{\cos\theta_0 - 2\sqrt{0,67(2\sin\theta_1 + 1)} \cos(60^\circ + \frac{\varphi_1}{3})}$$

$$\varphi_1 = \arccos \frac{\sin\theta_0 \cos\theta_0}{0,67(2\sin\theta_1 + 1)}$$

Из (3), (4) и (5) найдем усилия L_0 и L_1 на единицу длины граней клина в зависимости от глубины вдавливания:

$$L_0 = \frac{2k \sin\theta_0 [1 + \theta_0 - 2\sqrt{0,67(2\sin\theta_1 + 1)} \cos(60^\circ + \frac{\varphi_1}{3})]}{\cos\theta_0 - 2\sqrt{0,67(2\sin\theta_1 + 1)} \cos(60^\circ + \frac{\varphi_1}{3})}$$

$$L_1 = 2k \sin\theta_0 [1 + \theta_0 - 2\sqrt{0,67(2\sin\theta_1 + 1)} \cos(60^\circ + \frac{\varphi_1}{3})]$$

Усилия на первую и вторую грани для всего отпечатка определяются следующим образом:

$$Q_1 = 2L_1 S_1 + \frac{k}{\lambda(\theta_1)} \int_0^{S_0} c_1(S) dS \quad Q_0 = \int_0^{S_0 - S_1} L_0(S) dS$$

где S_0 – длина всего лезвия; S_1 – длина второго лезвия

Сила, действующая на поверхность резца, профилирующая нерабочую грань резца, находится также, как и для однопрофильного резца. После преобразований для вертикальной составляющей силы, приложенной к резцу, получим следующие выражения:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_0$$

$$\text{где } Q_1 = 2L_1S_1 + \frac{(R_3\sin\alpha_1 - R_3\sin\alpha)k(s_0^3 - s_1^3)}{6R_1R_3\sin\alpha(\operatorname{Ctg}\alpha_1 - \operatorname{Ctg}\alpha)}; \quad Q_0 = \frac{1}{3}L_0S; \quad Q_0 = \frac{1}{3} \frac{kc_0s_0}{\chi(\frac{\pi}{2} - \beta)}$$

Графики зависимости вертикальной составляющей силы, действующей на резец трапецеидального профиля, для различных углов наклона граней дана на рис 4.

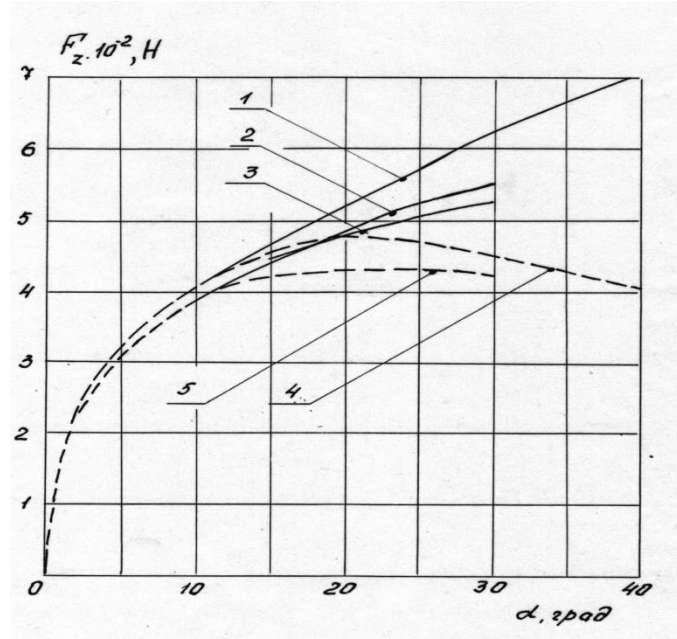


Рис. 4- Зависимость вертикальной составляющей силы, действующей на резец трапецеидального профиля для плотности штрихов 600 штр/мм.

Микротвердость $1 \cdot 10^3 \text{ Н/ММ}^2$. 1: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 100^\circ$; 2: $\alpha = 4^\circ, \varphi = 120^\circ$; 3: $\alpha = 10^\circ, \varphi = 120^\circ$; 4: $\alpha = \alpha_1, \varphi = 100^\circ$; 5: $\alpha = \alpha_1, \varphi = 120^\circ$

Из графиков следует, что усилия возрастают с увеличением угла наклона второй грани, с увеличением разности между углами α и α_1 и уменьшаются с увеличением общего угла резца. Таким образом вертикальная и горизонтальная составляющие силы, действующей на резец трапецеидального профиля, соответственно равны:

$$F_z = 0,5 Q; \quad F_x = 0,5 [L_0(c_0 - c_1) + L_1c_1 + \frac{kc_0^2}{2\chi(\beta)}] \quad (6)$$

Для обеспечения устойчивости по координатной связанности в случае образования ПРМ резцами трапецеидального профиля необходимо, чтобы значение угла $\beta' = \arctg \frac{F'_{xc}}{F'_{zc}}$, где F'_{xc} и F'_{zc} получены на основе (6) не превышало значения угла наклона оси качающейся суппорта к плоскости заготовки в положении равновесия.

Список литературы

1. Алексеев Г.А Обеспечение качества процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. СПб.: СПбГПУ, 2012.- № 2-1.(147) - с.131 -137.
2. Селина Е.Г. Точность формообразования прецизионного регулярного микрорельефа. // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество», СПб: СПбГЭТУ, 2012, т.1 с 206-208.
3. Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина. Обеспечение устойчивости процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа // Научно-технический вестник Поволжья. -2018. - №12 – С. 52-55.

2.3.3

Е.А. Басуматорова¹, Д.О. Суринский¹, О.К. Никольский², В.В. Фараносов²

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
инженерно-технологический институт, кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,
Тюмень, basumatorovaea.21@mti.gausz.ru surinskiy.do@gausz.ru

²Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
Барнаул, 688144@mail.ru

**КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО РИСКА ОПАСНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСТАНОВОК**

В статье предлагается подход к построению СППР, включающий в себя объекто-ориентированные модели и программные средства с использованием онтологического анализа – модели, представляющей собой компьютерную форму базы знаний о рассматриваемой предметной области Пр(О). Представим её в виде семантических (смысловых) информационно-логических сетей, выражающих взаимную связь подсистем человекомашинной системы (ЧМС «Ч-Э-С») [1]. Эти подсистемы, имеющие различную физическую природу, связаны между собой энергетически и информационно. Другими словами, функционирование электрического хозяйства реального объекта АПК можно считать динамической слабоструктурированной человекомашинной системой, компоненты которой вносят «свой вклад» в создание антропогенной опасной ситуации, вызванной ошибками и неправильными действиями персонала, авариями электроустановок из-за критического износа, негативным воздействием факторов рабочей и внешней среды [2].

Ключевые слова: концепция, проектирование, система, решение, оценка, антропогенный риск, опасность, установка, модель, сеть.

Рассмотрим задачу разработки концепции и структуры СППР применительно к объектам аграрной отрасли. Такая структура должна удовлетворять следующим требованиям:

- а) обеспечение целостного описания протекающих процессов при эксплуатации электроустановок;
- б) представление данных и знаний, содержащихся в логически взаимосвязанных подсистемах ЧМС;
- в) интеграция формализованных значений и средств в единую структуру СППР.

Введем допущение о том, что управление и оптимизация антропогенными рисками электроустановок (АРЭ) может быть достигнута на основе СППР, позволяющей провести анализ и синтез иерархической структуры ЧМС, сформировав перечень альтернативных решений в многокритериальной среде [3]. Предлагаемая СППР, удовлетворяющая изложенным требованиям, способна обеспечить выполнение поставленных задач управления и оптимизации АРЭ и поддержки деятельности лиц, принимающих решения (рис. 1).

Представлены результаты разработки специализированной системы ППР в аграрной отрасли Алтайского края (ООО «Интертех»). В результате анализа деятельности предприятия выяснилось, что ему присущи типичные проблемы, связанные с необходимостью выявления и формализации данных и знаний, связанных с проведением анализа АРЭ и прогнозированием его численных значений [4].

В процессе идентификации источников рискообразующих факторов и в результате опытной проверки СППР предложены рекомендации лицам, принимающим решения.

Приобретенный опыт свидетельствует, что предложенные методы и модели позволяют обосновать эффективные технологии для решения прикладных задач управления АРЭ.

Использование программных средств повышает эффективность принятия управленческих решений, в том числе при подготовке электротехнического персонала, обслуживающего электроустановки (технологическое оборудование).

Нами рассмотрен онтологический подход к разработке СППР по управлению антропогенным риском, сущность которого состоит в получении и интеграции экспертных знаний в предметной области.

В настоящее время более 70% электроустановок, эксплуатирующийся в условиях сельскохозяйственного производства, работают с низкой производительностью из-за морального и физического износа, ошибок персонала и др. Поэтому перспективным представляется автоматизация процессов принятия решений на основе методов и средств искусственного интеллекта, включая разработку структуры онтологической базы знаний в области оценки и управления АРЭ, позволяющую интегрировать различные модели представления знаний и синтезировать новые знания предметной области.

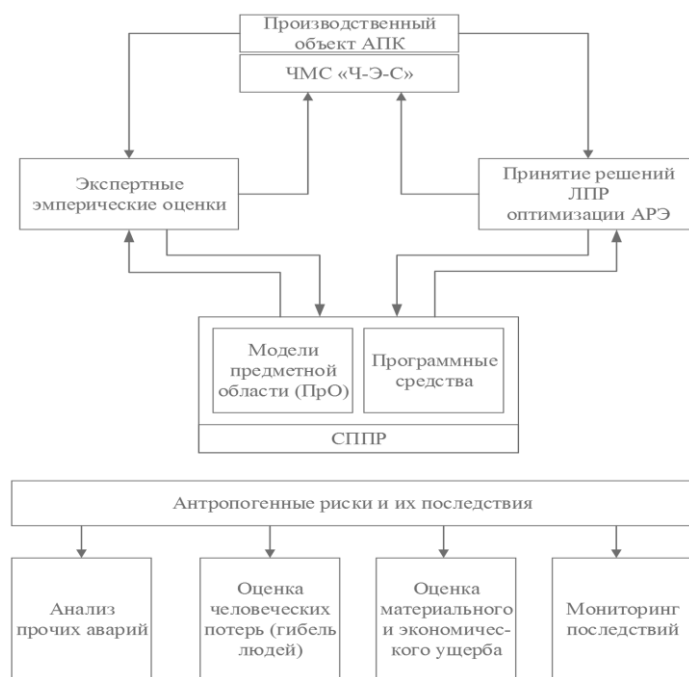


Рис. 1 – Обобщенная структурная схема СППР

Онтологию антропогенной безопасности электроустановок будем рассматривать как некую специфическую базу знаний, в основе которой лежат определение и использование взаимосвязанной совокупности следующих компонентов: таксономии терминов, их смысловые определения и установившиеся соотношения между собой [5]. Разработка онтологии в рассматриваемой нами предметной области позволяет структурировать знания на основе систематизации, создания единой системы понятий, включая унификацию терминов и правила их интерпретации. Поэтому целью наших исследований является разработка информационной системы поддержки принятия решения на основе онтологического анализа, включающего понятийно-терминологический аппарат и концептуализацию знаний, математические модели, экспертные и расчетные процедуры, реализуемые средствами вычислительной техники.

Для выполнения поставленной задачи представим онтологическую модель рассматриваемой предметной области – антропогенный риск электроустановки в виде кортежа [6]

$$\text{Онт } M = \langle \Pi, O, I \rangle \quad (1)$$

где Π – конечное множество понятий и терминов АРЭ; O – отношение между единицами АРЭ; I – конечное множество функций интерпретаций, заданных на концептах.

Процедура разработки онтологии включает спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию [7]. Спецификация, определяет цель создания

концептуализации знаний, последняя предполагает описание множества понятий и объектов и установление связей между ними. При этом концептуализация обеспечивает структурирование баз данных и знаний, т.е. эвентологической модели рисков ЧМС «Ч-Э-С». Формализация осуществляет трансформации рассматриваемой концептуальной модели. Реализация трансформирует сформированную базу в математический, а затем в программный алгоритм.

Анализ техногенного риска предполагает выполнение следующих этапов:

На первом - формулировка содержания (логико-лингвистическая) постановка задачи, включающая предметную онтологию, комплекс знаковых элементов, позволяющих установить законы возникновения происшествий и вычислить вероятность их появления. Здесь на основании имитационной модели человекомашинной системы идентифицируются параметры производственного объекта, выявление и описание основных источников отношений и сценариев их реализации[8].

На втором этапе формулируется концептуальная постановка задачи моделирования, которая подвергается предварительному (качественному) анализу. Эта модель рассматривает исходные гипотезы и предпосылки относительно моделируемых явлений и процессов, протекающих в реальном производственном объекте, и завершающихся возникновением опасных техногенных ситуаций. Поток таких событий считается случайным и простейшим, т.е. удовлетворяющим условиям стационарности и отсутствию последствий. Причем считается, что каждая ОТС, возникающая при выполнении конкретных технологических операций обуславливается либо ошибками персонала, либо отказами электрооборудования, либо сверхнормативными факторами среды. Цель данного этапа состоит в проверке обоснованности (в части смысловой состоятельности) концептуальной постановки задачи и корректности ее оформления в виде имитационной семантической модели[10,11].

Третий этап предполагает построение математической модели. Здесь наиболее предпочтительной является аналитическая модель с оператором $A: X \rightarrow Y$ системы алгебраических уравнений. В самом общем (2) математическая модель принятия решения может быть представлена как

$$M(\text{ПрО}) = F[X, Y] \quad (2)$$

где X - входящие управляющие переменные, Y – выходящие управленческие решения (ЛПР1)

В качестве оператора X используются параметры компонентов человекомашинной системы «Ч-Э-С» (или рискообразующие факторы). Оператор Y характеризует интегральный показатель эффективности системы (взятый со знаком минус) - техногенный риск. В этом случае процесс функционирования человеко-машинной системы сводится к выбору минимального значения $y \in Y$ за счет проведения оптимизации.

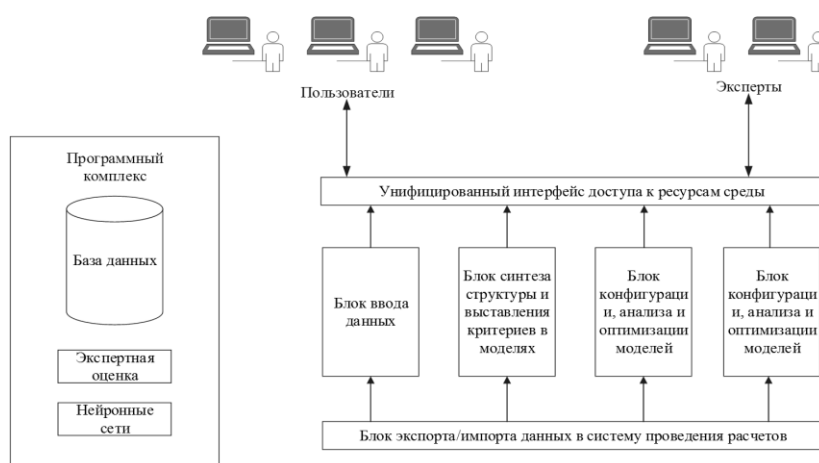


Рис. 2 – Концептуальная архитектура экспертно-программного комплекса – алгоритмических моделях ПрО, обеспечивающих решение задач идентификации, прогнозирования и оптимизации техногенных рисков электроустановок объекта.

Аналитическое моделирование позволяет найти наиболее точное решение поставленной задачи, однако, область использования аналитических методов ограничена некоторыми свойствами учитываемых факторов, т.е. невозможностью их описания в количественном выражении. Здесь требуется использование алгебраического подхода, в основе которого лежат логико-лингвистические модели в сочетании с нечеткой логикой, позволяющие описывать систему в виде формализованной конструкции, которая может давать приближенные значения. На основе проведенных исследований разработан и реализован алгоритм (рис. 2), позволяющий автоматизировать расчеты и выявить закономерности изменения состояния объекта и поддержки принятия решений для предотвращения возникновения опасностей и снижения моральных потерь и материального ущерба.

Список литературы

1. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Структуризация процесса исследования безопасности сложных технических систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - 1999. - № 6. - С. 3-14.
2. Thomas R. Gruber. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition, 5(2):199-220, 1993.
3. Никольский О.К., Качесова Л.Ю., Шаныгин И.А. Математическая модель оценки и управления рисками аварий в системах электроснабжения/Электрооборудование: эксплуатация и ремонт - 2018, - №11 с. 72-77
4. Никольский, О. К. Моделирование техногенных рисков электроустановок производственных объектов на основе анализа человеко-машинных систем / О. К. Никольский, Ю. Д. Шлионская, И. А. Шаныгин // Электротехника. – 2018. – № 12. – С. 37-44.
5. Никольский, О. К. Математическая модель оценки и управления рисками аварий в системах электроснабжения / О. К. Никольский, Л. Ю. Качесова, И. А. Шаныгин // . – 2018. – № 10. – С. 72-77.
6. Никольский, О. К. Онтологический анализ техногенного риска опасности электроустановок / О. К. Никольский, М. А. Габова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(198). – С. 116-123.
7. Шоломицкий, А. Г. Теория риска : выбор при неопределенности и моделирование риска : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Экономика» / А. Г. Шоломицкий ; А. Г. Шоломицкий. – Москва : Изд. дом ГУ ВШЭ, 2005. – 399 с. – (Учебники Высшей школы экономики). – ISBN 5-7598-0280-1.
8. Bagaev A., Kulikova L., Kunitsyn R. Influence of inclination angle of piezoelectric receiver of ultrasonic sensor on the error in measurement of the average fiber diameter // International Scientific and Practical Conference on Modern Problems of Ecology, Transport and Agricultural Technologies. 2020. Vol.113. No. 124. doi: 10.1088/1757-899X/941/1/012050.
9. Никольский О.К., Фараносов В.В., Суринский Д.О. Контроль и предотвращение пожаров от токов утечки в электроустановках производственного объекта [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 5. doi: <https://doi.org/10.51419/202125538>.
10. Shirobokova T., Surinsky D., Egorov S. Modeling of led luminaires with optimal temperature operation of leds // Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling. 2021. Vol.174. No. 529. doi: 10.1088/1742-6596/2131/5/052093.
11. Савчук И.В., Басуматорова Е.А., Суринский Д.О., Большаков Ю.Н. Использование электрооптических устройств для защиты сельскохозяйственных культур//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2020. № 6 (86). - С. 149-152.

2.3.3

**Ю.А. Бахарев, Н. С. Чекунова, Л.И. Медведева канд. техн. наук,
А.А. Силаев канд. техн. наук**

Волжский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
Волжский, yurabaharev1999@yandex.ru

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В статье изложены основные критерии выбора средств измерения для автоматизации технологических процессов различных типов, такие как диапазон измерения, класс точности и надежность, условия эксплуатации и монтажа. Проведен анализ и примеры использования тех или иных датчиков измерения технологических параметров для производств химической и пищевой промышленности.

Ключевые слова: средство измерения, класс точности, условия эксплуатации, датчик, автоматизированная система управления.

Для получения продукции высокого качества при автоматизации технологических процессов необходимо осуществлять выбор средств автоматизации, которые имеют оптимальные технические характеристики и возможность работать, управлять и регулировать технологический процесс с наименьшей погрешностью. Правильный выбор средств автоматизации сделает процесс безопасным, безаварийным и экономически выгодным. При подборе средств автоматизации необходимо учитывать особенности технологического процесса, такие как пожаро- и взрывоопасность, агрессивность и токсичность сред, а также дальность передачи сигналов информации и управления. Эти факторы влияют на выбор метода измерения технологического параметра, принципа действия, диапазона измерения, класса точности и так далее.

Рассмотрим критерии выбора средств автоматизации на примере датчиков температуры, давления, расхода и уровня в различных технологических процессах.

При подборе датчика температуры нужно исходить из следующих основных критериев: температура измерения и место монтажа. Одними из основных принципов действия датчика температуры являются пирометрия, преобразование термо-ЭДС и термосопротивления. Выбор осуществляется в зависимости от диапазона измерения. Пирометр – предназначен для бесконтактного и быстрого измерения температурных показателей на расстоянии до трех метров от исследуемого объекта. Термопары – датчики, принцип действия которых основан на возникновении термоэлектродвижущей силы в замкнутой системе, состоящей из двух проводников с разными термоэлектрическими свойствами. Термопара имеет высокую точность измерения значений температур и большой температурный диапазон измерения. Термосопротивления – датчики, принцип действия которых основан на свойстве проводника менять электрическое сопротивление пропорционально изменению температуры среды. Диапазон измерения у термосопротивления доходит до 650 °С, но свыше 500 °С удобнее использовать датчик термо-ЭДС. Основной показатель для выбора датчика температуры – это измеряемая температура: максимальная при нагреве и минимальная при охлаждении [1]. Так, например, в технологическом процессе получения аминбензола и в процессе пастеризации молока верхний предел измерений составляет 100 – 140 °С, поэтому не целесообразно использовать термопару или пирометр, а вернее будет взять термосопротивление типа ДТС045Е-РТ100.0,5.400.И.ЕХІ-Т6[12Н] для химического процесса получения аминбензола и типа ОВЕН ДТС125М-50М.0,5.100.И для пастеризации молока [2,

3]. Для того, чтобы установить датчик температуры, необходимо знать в какой точке процесса будет происходить измерение температуры. Часто производители технологического оборудования сами предусматривают места установки датчиков.

Рассмотрим датчик давления на критерии: тип измеряемого давления и точность измерения давления. Принцип действия любого датчика давления заключается в преобразовании давления, испытываемого чувствительным элементом, в электрический сигнал. По типу измеряемого давления датчики делятся на: абсолютное, избыточное, вакуумметрическое и дифференциальное давление. Абсолютное давление – показатель в измеряемой среде относительно абсолютного нуля (вакуума). Избыточное давление – уровень увеличения давления в среде относительно барометрического (в земной атмосфере). Вакуумметрическое давление – степень уменьшения давления относительно барометрического. Дифференциальное давление – это разница между давлением в двух точках измерения. Преобразователи давления имеют различные классы точности – обычно от 0,05% до 0,5%. Особо точные преобразователи используются на важных объектах в различных отраслях промышленности [4].

Так, например, анилин, получаемый при ректификации аминбензола, является токсичным и взрывоопасным при контакте с воздухом. Все трубопроводы и колонны, участвующие в технологическом процессе получения аминбензола, находятся под вакуумом, поэтому нужно использовать датчик вакуумметрического давления. А в процессе пастеризации молока регулирование давления происходит за счет изменения подачи продукта регулирующим клапаном, поэтому для данного процесса подойдет датчик абсолютного давления.

Измерение расхода и количества жидкостей и газов является одним из наиболее часто встречаемых технологических параметров на подавляющем большинстве предприятий. При большом изобилии различных технологических процессов с различными особенностями и характеристиками жидкости или газа существует также множество средств измерения. Принцип действия этих средств основан на различных физических законах. К основному критерию выбора типа измерителя расхода относится измеряемая среда. В процессе получения аминбензола основным критерий для подбора средств автоматизации будет наличие взрывозащиты, так как анилин является взрывоопасной и токсичной жидкостью. А в процессе пастеризации молока важно, чтобы датчик имел пищевое исполнение. Поэтому при выборе датчика расхода нужно опираться на особенности измеряемой среды, так как он находится в непосредственном контакте с продуктом. Для химического процесса будет использоваться вихревой расходомер типа ЭМИС-ВИХРЬ 200-Вн-080-А-Ж-Н-Ф-1,6-250-А, а для пищевого процесса датчик расхода типа РСМ-05.03П/Х Дм 50/50 ПРП [5, 6].

Измерение уровня жидкостей играет важную роль при автоматизации технологических процессов, особенно если поддержание уровня связано с условиями безопасной работы оборудования. Основными критериями для датчика уровня являются – продукт: жидкость или сыпучее вещество, диапазон измерения (верхний и нижний предел), способ измерения: контактный (чувствительный элемент взаимодействует с продуктом) или бесконтактный (чувствительный элемент не взаимодействует с продуктом напрямую). В зависимости от условий измерения, характера контролируемой среды используются различные методы измерения уровня. Если нет необходимости в дистанционной передаче показаний, уровень жидкости можно измерять уровнемерами с визуальным отсчетом. При необходимости дистанционного измерения уровня используются более сложные уровнемеры: гидростатические, буйковые и поплавковые, емкостные, индуктивные, радиоизотопные, волновые, акустические, термокондуктометрические [7].

Рассмотрим подбор датчиков уровня на примере процессов получения аминбензола и пастеризации молока. Аминбензол – представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом, немного тяжелее воды и плохо растворим в ней [8]. В данном технологическом процессе используются тарельчатые ректификационные колонны, поэтому местом установки уровнемером будет выносная камера – байпас. Так как процесс

является химическим, лучшим решением будет выбор поплавкового или буйкового уровнемера. А в пищевых процессах, таких как пастеризация молока не целесообразно использовать дорогие радарные уровнемеры, так как достаточным условием будет контроль верхнего и нижнего предела. С этим хорошо справятся недорогие сигнализаторы уровня.

Таким образом, проведенный анализ позволяет систематизировать критерии, которыми должен руководствоваться разработчик системы автоматизированного управления технологическим процессом при выборе средств измерения параметров процесса.

Список литературы

1. Фарзана Н.Г., Ильясов Л.В., Азим – Заде А.Ю. Технологические измерения и приборы: Учеб. для студ. вузов по спец. “Автоматизация технологических процессов и производств.” М.: Высш. шк., 1989. – 456с.: ил.
2. Каталог продукции «ОВЕН» [Электронный ресурс] // Компания «ОВЕН» URL: https://owen.ru/product/dtshh5exia_termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_420_ma/modifications (Дата обращения 05.04.23 г)
3. Каталог продукции «ОВЕН» [Электронный ресурс] // Компания «ОВЕН» URL: https://owen.ru/product/dtshh5_termosoprotivleniya_s_kommutatsionnoj_golovkoj (Дата обращения 05.04.23 г)
4. Аш Ж. Датчики измерительных систем: В двух книгах. Книга 2 // М.: Мир, 1992. - 169-187С.
5. Каталог продукции «ЭМИС-ВИХРЬ» [Электронный ресурс] // Компания «ЭМИС-ВИХРЬ» URL: https://emis-kip.ru/ru/prod/vihrevoj_rashodomer/ (Дата обращения 05.04.23 г)
6. Каталог продукции «ТЭСМАРТ» [Электронный ресурс] // Компания «ТЭСМАРТ» URL: <https://tem.nt-rt.ru/images/manuals/rsm0503.pdf> (Дата обращения 05.04.23 г)
7. Иванова Г. М. Теплотехнические измерения и приборы. Издательство: МЭИ, 2005.
8. Артеменко А. И. Органическая химия. 1987.- 320 с.

2.3.3

И.Н. Галеня¹, Е.Д. Туркот¹, А.Н. Коркишко¹, Е.А. Басуматорова²

¹Тюменский индустриальный университет, кафедра базовая «Газпромнефть»,
Тюмень, galenyaigor@mail.ru K18062000@mail.ru alexandr.korkishko@mail.ru

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, инженерно-технологический институт, кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,
Тюмень, basumatorovaea.21@mti.gausz.ru

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме организацией процесса управления рисками при выполнении строительных процессов. Строительство - одна из самых исторически рискованных отраслей в мире. Несмотря на то, что они не такие технически сложные, как в некоторых других отраслях, сочетание "материала" в строительной отрасли, включая множество движущихся физических элементов, кажется, вызывает в воображении серьезный набор рисков, с которыми компании, работники и все в целом должны справляться каждый день. Некоторые из строительных рисков очень высокого уровня, от которых страдает строительная отрасль на протяжении многих лет. Понимание и идентификация рисков - один из лучших и простых способов снизить ваш риск. Снижение рисков и контроль рисков начинаются с идентификации и осведомленности. Условия рынка диктует строительной промышленности необходимостью эффективной организации управлениями рисками. Хотя строительство может быть прибыльным бизнесом, оно также сопряжено с высоким риском. Это сложная, часто нестабильная отрасль с одним из самых высоких показателей банкротства бизнеса среди всех секторов экономики. Целью нашего исследования является прогнозирование будущих рисков и принятие мер по смягчению их воздействия. Хотя полностью устранить их невозможно, но выявление общих источников риска является первым шагом к минимизации потерь. В статье уточняются моменты неминуемости возникновения ситуаций, связанных с рисками в строительных организациях. Также автором рассматривается подход к раскрытию причин возникновению рисков и оценки, что позволит в организациях создать конкретную эффективную систему.

Ключевые слова: *строительный процесс, организация, управление рисками, идентификация рисков, строительная отрасль, материал.*

Строительство подвержено различным видам рисков, что приводит к отклонению от цели проекта. Чтобы свести к минимуму это отклонение, применение управления рисками является неотъемлемой частью управления строительными проектами. Управление рисками — это повторяющийся процесс, включающий выявление, анализ и ранжирование рисков, разработка плана реагирования и мониторинг применения на протяжении всего процесса. Хотя польза от практики управления рисками признана как важная часть управления строительством в нескольких источниках литературы.

Статья имеет тенденцию к обзору существующей литературы об управлении рисками строительных проектов в развивающихся странах, особенно о рисках, связанных с управлением строительными проектами. В литературе отсутствует обширный подход к управлению рисками, способный учесть воздействия риска на различные цели проекта. Данный обзор литературы направлен на выявление часто используемых методов выявления и анализа рисков.

Материалы и методы. Данное теоретическое исследование было проведено в виде опроса менеджеров проектов строительных компаний в Тюменской области. Результаты

данного опроса, полученные от менеджеров проектов, работающих в строительных компаниях, выявили факторы риска, которые имеют наибольшую вероятность возникновения и влияние на стоимость проекта и время его завершения. Кроме того, рекомендуемые участниками методы реагирования на риски, которые могут помочь в создании стратегии, помогающие минимизировать негативный эффект и максимизировать положительный эффект от рисков был идентифицирован. Таким образом, окончательные результаты этой статьи определяют, какие риски имеют высокую вероятность влияющие на цели проекта и соответствующие методы реагирования, которые будут использоваться.

Строительная отрасль очень подвержена риску и уязвима для различных технических, внешних факторов. Послужной список для преодоления этих рисков анализировался по Тюменской области. В результате люди, работающие в отрасли, несут различные неудачи, такие как не достижение требуемого качества и эксплуатационные потребности, перерасход средств и неопределенные задержки в завершении проекта. Чтобы свести к минимуму эти потери, эффективные системы управления рисками нужно развивать в строительной отрасли.

Структура гарантирует, что информация о риске, полученная в результате процесса управления рисками, надлежащим образом сообщается и используется в качестве основы для принятия решений и подотчетности на всех соответствующих организационных уровнях. Необходимые компоненты для управления рисками показаны на рисунке 1.

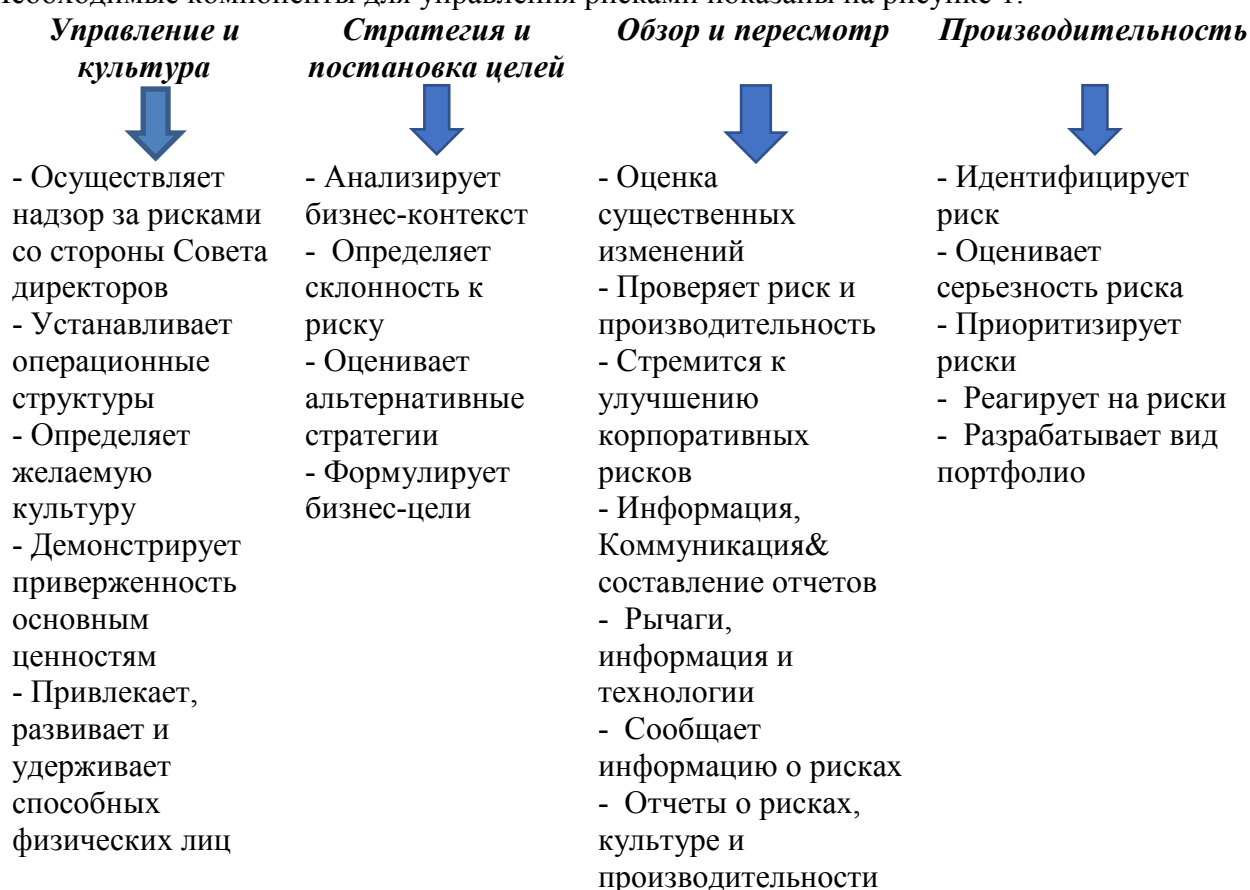


Рис.1 - Компоненты для управления рисками

Согласно нескольким литературным источникам, риск можно классифицировать различными способами в зависимости от источника или характеристики риска.

Успех управления рисками будет зависеть от эффективности системы управления, предоставления основ и механизмов, которые будут внедрены во всей организации на всех уровнях. Структура помогает эффективно управлять рисками за счет применения процессов управления на разных уровнях и в конкретных контекстах организации [1].

Риски, связанные со строительной отраслью, можно разделить на:

а) Технические риски: риски, связанные с несвоевременно завершённой проектной документацией, неадекватной спецификацией, неадекватное исследование площадки,

изменение масштаба, строительные процедуры и недостаточность доступности ресурсов и т. д.

б) Строительные риски: это риски, которые включают в себя производительность труда, трудовые споры, состояние, отказы оборудования, изменения конструкции, слишком качественный стандарт и новые технологии.

с) Физические риски: это риски, связанные с повреждением конструкции, повреждением оборудования, трудовыми травмами, пожарами и кражами оборудования и материалов и т. д.

г) Организационные риски: состоят из договорных отношений, опыта подрядчика, отношения участников, неопытная рабочая сила и связь.

е) Финансовые риски: связаны с увеличением стоимости материалов, низким спросом на рынке, обменным курсом, колебания, задержки платежей и неправильная оценка налогов и т. д.

ф) Социально-политические риски: изменения в законах и правилах, загрязнение и правила безопасности, взяточничество/коррупция, языковой/культурный барьер, закон и порядок, война и гражданские беспорядки и требования к разрешениям и их согласование.

г) Экологические риски: стихийные бедствия и погодные последствия.

Суть анализа риска заключается в том, что он пытается охватить все возможные варианты и проанализировать их. Это дает представление о том, что произойдет, если проект не будет продолжен.

Анализ рисков – это этап, на котором оцениваются риски и определяется вероятность их появления и серьезность их влияния на проект [2].

Результаты исследования. По результатам исследования риски, влияющие на строительные проекты, могут возникать, начиная с самого проекта. Большинство рисков, которые, как считается, влияют на стоимость строительства и сроки их завершения, относятся к этапу проектирования и планирования. В дополнение к методам реагирования, предложенным участникам опроса, т.е. методы передачи и смягчения рисков, рекомендуется для консультантов, чтобы убедиться, что проект, спецификация и количественная оценка подробных работ и согласованности между документами выполнены должным образом, и подрядчик должен перепроверить каждый аспект, прежде чем продолжить этапы строительства. Другими рисками, оказывающими сильное влияние на цели проекта, являются трудовые, где производительность и управление ресурсами и финансовые риски (инфляционные задержки платежей и материальные расходы) это риски возникающие на этапе строительства [3]. Чтобы свести к минимуму эффект первых двух проблем, подрядчики должны сосредоточиться на разработке системы управления, ориентированной на человека и управления ресурсами. Финансовые риски, особенно инфляция и материальные затраты, вышли из-под контроля подрядчика, поэтому должен быть план на случай непредвиденных обстоятельств, достаточно гибкий, чтобы учесть эти риски без существенного влияния на бюджет и график проекта. Этот риск также должен быть совместно с другими заинтересованными сторонами путем разделения риска или смягчения его последствий.

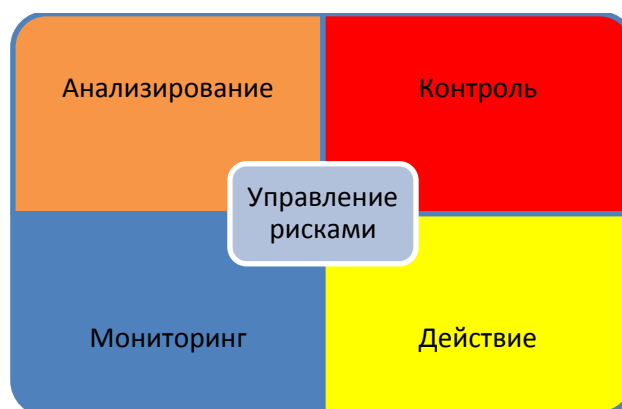


Рис. 2 - Схема концепции управления рисками

Строительные фирмы сталкиваются с уникальным набором проблем, когда дело доходит до эффективного управления рисками. С другой стороны, многие элементы риска должны рассмотрены вовремя и затем после процесса строительства. Каждый раз, когда строительный проект завершен, подрядчик сталкивается с новыми вызовами. Хотя создание точного прогноза рисков может показаться невозможным, но план управления в строительстве может помочь децентрализовать управление рисками[3].

Процедура управления рисками в строительстве включает в себя тщательное планирование для разработки плана управления рисками, который помогает руководителям проектов распознавать, контролировать, а также снижать риски по мере их возникновения.

Управление рисками в строительстве стало значительно проще с помощью программного обеспечения для управления проектами, такого как RISKGAP. Разработано на базе методологий управления рисками по стандартам PMI PMBOK.

Также существует большое количество программных продуктов по управлению рисками такие как:

- Omnitacker Risk Management ;
- SAP Risk Management ;
- SAS Enterprise GRC ;
- Refinitiv Connected Risk ;
- RSA Archer Enterprise & Operational Risk Management.

В линейке продуктов от RSA есть специализированные приложения, способные автоматизировать все направления корпоративной системы управления рисками. При создании стратегий управления рисками, используется функционирующая диаграмма, затем компаниям необходимо только следить за своими проектами, используя информационные панели и данные в режиме реального времени.

На самых ранних этапах процедуры планирования строительства составляется план управления рисками строительства. В нем объясняется, какие опасности проекта могут возникнуть и как с ними бороться. Это включает в себя назначение кого-то из команды, кто будет контролировать проблему и решать ее. Риски не всегда отрицательны. Способность успешно распознавать и минимизировать риски может привести к увеличению доходов, хорошим отношениям с Заказчиками, которые приводят к большему количеству проектов, и способности расширять свой бизнес на разных рынках.

Строительные проекты чрезвычайно сложны, и они могут подвергнуться множеству внутренних, а также внешних опасностей. Для эффективного устранения этих опасностей необходимо соблюдать определенный набор кодексов, законов, а также предписаний на протяжении всего этапа строительства [4]. Следовательно, не существует решения для полного устранения рисков, поскольку неизвестные элементы всегда будут возникать на протяжении всего проекта. Выявление различных типов рисков, а также способов их контроля является одним из наилучших способов управления ими.

Возможно оптимизировать свое управление рисками в строительстве, а также устранить любые возможные повреждения, если сможете распознать и классифицировать опасности до начала проекта. В целом, строительные проекты по всему миру развиваются быстрыми темпами как с точки зрения технологии, так и организации. По-видимому, строительная отрасль зарабатывает свою репутацию благодаря своим предполагаемым результатам с точки зрения производимой ею ценности, а также играет ключевую роль в экономике любой страны, которая вносит жизненно важный вклад в рост валового внутреннего продукта (ВВП) и создает искусственную среду, которая поддерживает другие сектора экономики в большей части мира [4].

Управление рисками является важной частью управления проектами, и, если оно выполняется эффективно, строительные проекты будут успешными. Это позволяет идентифицировать переменные риска, предвидеть события, которые могут негативно повлиять на строительные проекты, путем определения вероятности возникновения и определения действий, которые могли бы уменьшить их воздействие. Руководители

проектов в строительных проектах несут основную ответственность за работу с рисками или неопределенностями, которые постоянно возникают во время строительных работ. Эта роль особенно сложна и неэффективна, если управление рисками не выполнялось или не поддерживалось должным образом с самого начала проекта [5]. Для строительных проектов, которые имеют жизненно важное значение для экономики любой страны, система управления рисками должна быть на месте, чтобы гарантировать, что все задачи по плану проекта были успешно выполнены и цели проекта были достигнуты.

Важно, чтобы руководители проектов не только воспринимали процесс управления рисками как создание ранее неизвестной информации, но также должны делиться информацией и знаниями, обладая при этом базовыми административными и техническими компетенциями, деловыми навыками, навыками работы с Заказчиками, политическими навыками и ориентированными на результат самостоятельными новичками с высокой терпимостью к двусмысленности. Недостатки в любом из этих аспектов могут привести к провалу проекта. Когда процесс управления рисками внедрен эффективно, это приведет к успешному завершению строительных проектов и, таким образом, сделает проект более прибыльным и удовлетворит заинтересованные стороны. Следовательно, эффективный процесс управления рисками должен быть динамичнее по своей природе, чем идентифицированный риск; в противном случае есть вероятность, что он может плохо вписаться в культуру организации и другие практики компании [5].

Управление рисками заключается в минимизации, контроле и разделении рисков, а не в простой передаче их другой стороне проекта в контролируемой среде определяет риск как вероятность воздействия неблагоприятных последствий будущих событий.

В таблице 1 перечислены некоторые из наиболее распространенных областей неопределенности, которые существуют во многих строительных проектах. Эти проблемы могут возникнуть из-за этих источников неопределенности, и их необходимо раскрыть.

Таблица 1 - Распространённые области неопределенности

Область	Описание
Сфера применения	Прогнозируемый объем выполненной работы, неоднозначное планирование, дефектные проекты и упущения, изменение объема заказчиком
Время	Прогнозируемая продолжительность проекта, прогнозируемая продолжительность задачи, время выхода на рынок, дата внедрения, сроки оценки организации и утверждения
Стоимость	Ориентировочная стоимость проекта, стоимость последующего производства, стоимость последующего обслуживания, неточные оценки, колебания обменного курса, ограничения в бюджете
Технология	Ожидания клиентов, вероятность успеха, способность к масштабированию, технологичность продукта, успех в проекте.
Ресурсы	Количество, качество, доступность, соответствие навыкам, способность определять роли и обязанности
Организационные	Приоритеты и знания клиентов, координация между подразделениями организации
Конкурентоспособность	Ожидания пользователей, объем продаж, ценообразование, доля, местоположение, качество, география, экономика.
Внешние факторы	Действия или реакция конкурентов, правила в отрасли.

Идентификация рисков создает основу для следующих этапов анализа, оценки и контроля. Если это сделано правильно, это гарантирована эффективность управления рисками. Идентификацию рисков следует рассматривать в более широком смысле, а не просто как то, что можно застраховать или уменьшить [6].

На этом этапе все потенциальные риски, влияющие на оценки будущих результатов, должны быть определены с учетом факторов, показанных на рисунке 3.



Рис.3 - Этапы потенциальных рисков

После выявления и оценки рисков они не остаются без внимания на этапе разработки строительных проектов. Реализованы меры реагирования на риски. Очевидно, что планирование мер реагирования на строительные риски может осуществляться на всех этапах проекта; однако, в основном это делается на этапе разработки проекта. Это связано с тем, что на этапе разработки строительного проекта менеджер проекта может практически реализовать наиболее эффективный и выгодный ответ на выявленный фактор риска в результате, обеспечить успешную реализацию строительного проекта. Как сообщает АРМ [6], план реагирования включает в себя такие стратегии, как предотвращение, передача, смягчение, эксплуатация, совместное использование и улучшение. Другими словами, должны быть применены соответствующие меры реагирования на выявленные факторы риска в проекте строительства, которые могут варьироваться от предотвращения, передачи риска в другое место, снижения путем смягчения угроз и реализации возможностей и принятия риска.

Некоторые проектные организации справляются с рисками, применяя различные стратегии, и это может повлиять на эффективность строительного проекта. Например, это может произойти, если планирование и реализация ответных мер неэффективны из-за неясных линий связи между менеджером по рискам и проектной командой. Если меры реагирования управляются неэффективно, действия после оценки выявленных факторов риска могут быть не полностью учтены и доведены до сведения общественности, что, следовательно, приведет к неэффективному смягчению последствий и, в свою очередь, повлияет на эффективность строительного проекта.

Вывод. Процесс управления рисками в строительстве начинается с определения целей управления рисками, прежде чем переходить к идентификации рисков. Это улучшит понимание сферы охвата, обязанностей, окружающей среды и целей проекта. Этапы оценки и анализа интерпретируются и реализуются по-разному в различных стандартах и руководствах. Однако при таком теоретическом построении процесса управления рисками, каждый шаг является самостоятельным; действия, которые необходимо выполнить, четко определены.

В строительной отрасли концепция управления рисками — менее популярный метод. Системный подход к управлению рисками в строительстве включает три основных этапа. Данные этапы включают: а) реагирование на риск; б) анализ и оценка рисков; и в) оценка личности. Высокий риск, связанный со строительным бизнесом, затрагивает каждого из его участников; в то время как операционный анализ и управление рисками, связанными со строительством. Важным фактором в управлении рисками является снижение уровня

неопределенности. Действуя в условиях полной информированности о ситуации по объектам строительства, компания получает возможность скорректировать свои действия и предотвратить наступление негативных последствий. Своевременное выявление и реагирование на риски помогает избежать снижения рентабельности и несоблюдение сроков, обеспечивает эффективное управление строительными проектами.

Оценка рисков строительства представляет собой комплексный и систематический способ выявления и анализа потенциальных угроз реализации проекта, определение их масштаба, а также влияния на такие ключевые параметры, как сроки и стоимость.

В заключение, риски в строительных проектах огромны и различаются от одного проекта к другому. Компаниям или организациям необходимо разработать систему, которая будет отслеживать типы рисков, причин и следствий, а также используемый метод реагирования и его эффекты, которые возникают в каждом проекте, чтобы они могли использовать его как базу знаний для других проектов, чтобы свести к минимуму вероятность того, что эти риски повлияют на другой проект. Это каждая строительная компания или организация должна иметь применимую систему управления рисками.

Список литературы

1. Погудин В. В. Управление рисками в строительных проектах // Молодой ученый. — 2021. — № 32 (374). — С. 39-40.
2. Рыхтикова Н. А. Анализ и управление рисками организации / Н.А. Рыхтикова. - М.: Форум, 2017. - 240 с.
3. Белоглазова М. С. Анализ и проблемы строительной отрасли / М. С. Белоглазова // Молодой ученый. – 2018. – №4. – С. 104-107.
4. Вохмянин И. А. Использование статистического инструментария для прогноза оценки деловой активности строительных организаций / И. А. Вохмянин // Вопросы территориального развития. – 2015. – №4 (24). – С. 82-87.
5. Белов П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1 : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 211 с.
6. Асаул А. Н. Риски в деятельности строительной организации // Экономические проблемы и организационные решения по совершенствованию инвестиционно-строительной деятельности: Сб. научн.тр. Вып. 2. Т.1. - СПбГАСУ, 2004. - С. 8-12.

2.3.3

В.А. Егоров канд. техн. наук, И.В. Никоноров

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
факультет энергетики и управления, кафедра электропривода и автоматизации
промышленных установок,
Комсомольск-на-Амуре, egoroff_v@list.ru, nikonorov19.99@mail.ru

НАБЛЮДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКОРОСТИ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Получено математическое описание наблюдающего устройства для восстановления скорости синхронной машины. Выполнены расчёт и моделирование векторной системы управления скоростью синхронной машины, для тестирования описанного наблюдающего устройства. В результате моделирования, показана возможность использования описанного наблюдающего устройства для восстановления скорости синхронной машины.

Ключевые слова: *наблюдающее устройство, синхронная машина, восстановление скорости, расчёт, моделирование.*

Приводная техника, в настоящее время, является одним из основных элементов автоматизированных производств. Система электропривода машины переменного тока с векторным управлением требует, для выполнения координатных преобразований, измерения или восстановления скорости вращения системы координат. В случае синхронного векторного электропривода, скорость вращения системы координат совпадает с электрической скоростью вращения ротора машины. Для восстановления скорости ротора, может быть использовано наблюдающее устройство, синтезированное на основе математической модели синхронной машины во вращающихся координатах dq с силовым преобразователем на входе [1].

Математическое описание [1] имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} i_q' &= \frac{1}{T_q} \left[\frac{1}{R_s} (K_p U_c - p_0 F_0 \omega_r) - i_q \right]; \\ \omega_r' &= \frac{1}{J} \left(\frac{3}{2} p_0 F_0 i_q - M_n \right). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где R_s, T_q – активное сопротивление и электромагнитная постоянная времени обмотки статора; K_p – коэффициент передачи силового преобразователя; p_0 – число пар полюсов машины; F_0 – амплитуда потока магнитного поля ротора, сцепленного с обмотками статора; J – момент инерции ротора; i_q – проекция вектора тока статора на ось q; U_c – управляющий сигнал на входе силового преобразователя; ω_r – скорость ротора; M_n – момент нагрузки.

Модель (1) получена, при условии компенсации проекции тока статора на координатную ось d.

Для синтеза астатического наблюдателя по методике [2], требуется расширить математическое описание объекта (1), уравнением момента нагрузки. Тогда, расширенное математическое описание объекта в векторно-матричной форме примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} i_q' \\ \omega_r' \\ M_n' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} & 0 \\ \frac{3p_0 F_0}{2J} & 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_r \\ M_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{K_p}{T_q R_s} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} U_c; \\ i_q &= [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_d \\ M_n \end{bmatrix}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Уравнение состояния наблюдающего устройства [2]:

$$\hat{\dot{x}} = (A - GC)\hat{x} + Bu + Gy, \quad (3)$$

где G – матрица коэффициентов наблюдателя;

$\hat{x}$ – восстановленный вектор состояния.

Матрица $A - GC$, для объекта (2), будет равна:

$$A - GC = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} & 0 \\ \frac{3p_0 F_0}{2J} & 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} g_{11} \\ g_{21} \\ g_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} -\left(\frac{1}{T_q} + g_{11}\right) & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} & 0 \\ -\left(g_{21} - \frac{3p_0 F_0}{2J}\right) & 0 & -\frac{1}{J} \\ -g_{31} & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Матрица $pI - (A - GC)$ и её определитель соответственно:

$$pI - (A - GC) = \begin{bmatrix} p + \frac{1}{T_q} + g_{11} & \frac{p_0 F_0}{T_q R_s} & 0 \\ g_{21} - \frac{3p_0 F_0}{2J} & p & \frac{1}{J} \\ g_{31} & 0 & p \end{bmatrix}$$

$$\det[pI - (A - GC)] =$$

$$= p^3 + \left(\frac{1}{T_q} + g_{11}\right)p^2 + \frac{p_0 F_0}{T_q R_s} \left(\frac{3p_0 F_0}{2J} - g_{21}\right)p + \frac{p_0 F_0 g_{31}}{T_q R_s J} \quad (4)$$

Если настроить наблюдатель на биномиальную форму, его характеристический полином будет иметь вид [2]:

$$H(p) = p^3 + 3\omega_0 p^2 + 3\omega_0^2 p + \omega_0^3. \quad (5)$$

Приравнявая коэффициенты полиномов (4) и (5) при одинаковых степенях оператора p , можно записать:

$$g_{11} = 3\omega_0 - \frac{1}{T_q}; \quad g_{21} = \frac{3p_0 F_0}{2J} - 3\omega_0^2; \quad g_{31} = \frac{T_q R_s J}{p_0 F_0} \omega_0^3.$$

Тогда, в соответствии с уравнением (3) наблюдатель описывается выражениями:

$$\left. \begin{aligned} \hat{i}'_q &= \frac{1}{T_q} \left[\frac{1}{R_s} (K_p U_c - p_0 F_0 \hat{\omega}_r + T_q R_s g_{11} (\hat{i}_q - \hat{i}_q)) - \hat{i}_q \right]; \\ \hat{\omega}'_r &= \frac{1}{J} \left[\frac{3p_0 F_0}{2} \hat{i}_q - M_n + J g_{21} (\hat{i}_q - \hat{i}_q) \right]; \\ \hat{M}'_n &= g_{31} (\hat{i}_q - \hat{i}_q), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $\hat{i}_q, \hat{\omega}_r, \hat{M}_n$ – восстановленные: ток статора по оси q , скорость ротора, момент нагрузки.

Проверку работоспособности наблюдателя (6) можно выполнить путем сравнения переходных процессов по скорости в векторных системах управления синхронной машиной с замыканием контура скорости через:

- скорость ротора синхронной машины;
- восстановленную наблюдателем (6) скорость ротора.

Расчет векторной системы управления скоростью синхронной машины выполнялся по методике [3], на основании модели машины (7):

$$\left. \begin{aligned} i_d &= \frac{1/R_s}{T_d p + 1} (U_d + L_q p_0 \omega_r i_q); \\ i_q &= \frac{1/R_s}{T_q p + 1} (U_q - L_d p_0 \omega_r i_d - p_0 F_0 \omega_r); \\ M_d &= \frac{3}{2} p_0 (F_0 i_q + (L_d - L_q) i_d i_q); \\ \omega_r &= \frac{1}{J p} (M_d - M_n), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где L_d, L_q и T_d, T_q – собственные индуктивности и электромагнитные постоянные времени обмоток статора; U_d, U_q, i_d, i_q – проекции векторов напряжения и тока статора на оси d и q; M_d – момент двигателя; p – оператор Лапласа (остальные обозначения расшифрованы в уравнении (1)).

Согласно [3], векторная система управления должна иметь контура тока по координатам d и q, и контур скорости по координате q, подчиняющий соответствующий контур тока. Расчет регуляторов перечисленных контуров, с использованием модели (7), позволяет получить:

- передаточную функцию регулятора тока по оси d, при настройке контура на симметричный оптимум

$$W_{pTd}(p) = \frac{W_{жрco}(p)}{W_{oid}(p)} = \frac{R_s T_d}{2 T_{ai} K_{ai} K_{id}} \frac{(4 T_{ai} p + 1) (T_d p + 1)}{4 T_{ai} p T_d p},$$

где $W_{жрco}(p)$ – желаемая передаточная функция разомкнутой системы, настроенной на симметричный оптимум; $W_{oid}(p)$ – передаточная функция объекта контура тока по оси d; T_{ai} и K_{ai} – постоянная времени и коэффициент передачи автономного инвертора; K_{id} – коэффициент датчика тока.

- передаточную функцию регулятора тока по оси q, при настройке контура на модульный оптимум

$$W_{pTq}(p) = \frac{W_{жрmo}(p)}{W_{oiq}(p)} = \frac{R_s T_d}{2 T_u K_{ai} K_{iq}} \frac{(T_q p + 1)}{T_q p},$$

где $W_{жрmo}(p)$ – желаемая передаточная функция разомкнутой системы, настроенной на модульный оптимум; $W_{oiq}(p)$ и T_u – передаточная функция объекта и малая постоянная времени контура тока по оси q; K_{iq} – коэффициент датчика тока.

- передаточную функцию регулятора скорости по оси q, при настройке контура на симметричный оптимум

$$W_{pTq}(p) = \frac{W_{жрco}(p)}{W_{ow}(p)} = \frac{2 J K_{iq}}{12 T_u p_0 F_0 K_w} \frac{(8 T_u p + 1)}{8 T_u p},$$

где $W_{ow}(p)$ – передаточная функция объекта контура скорости; J – момент инерции ротора; p_0 – число пар полюсов машины; F_0 – амплитуда потока магнитного поля ротора, сцепленного с обмотками статора; K_w – коэффициент датчика скорости.

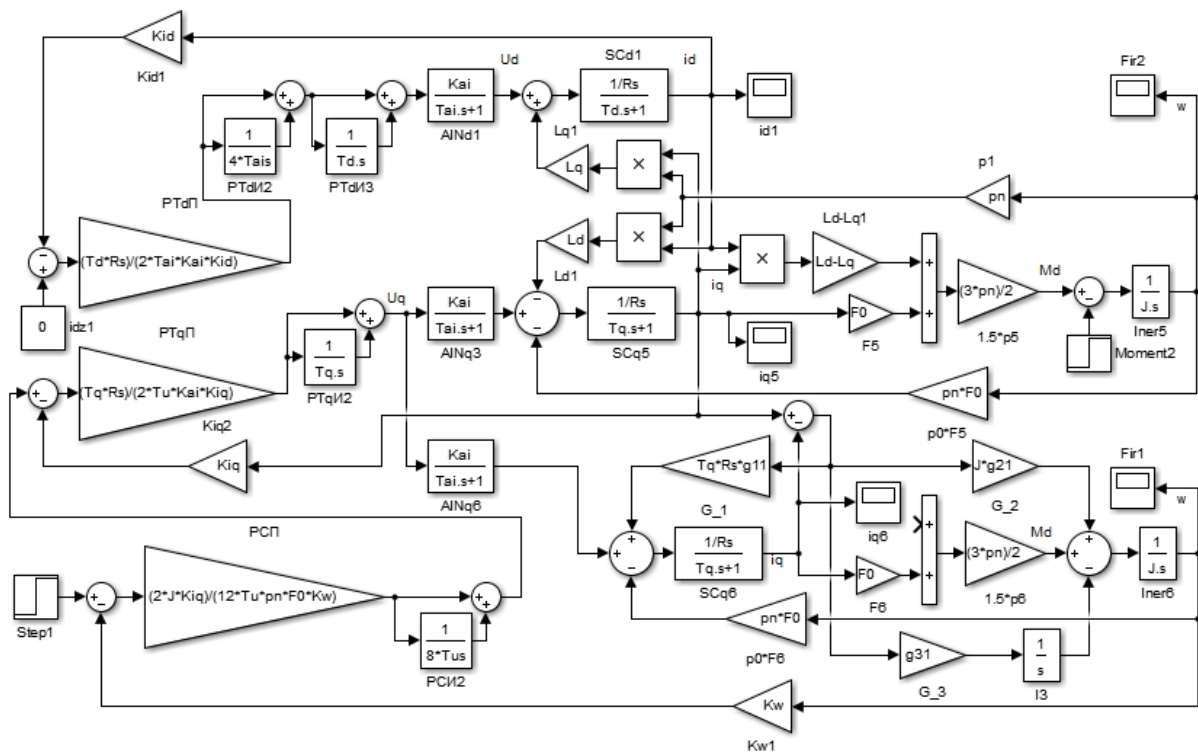


Рис.1 – Структурная схема векторной скоростной системы с наблюдателем (6)

Структурная схема рассчитанной системы, с наблюдающим устройством (6), приведена на рисунке 1. Параметры модели: $R_s=4.74$; $L_d=0.014$; $L_q=0.012$; $T_d=L_d/R_s$; $T_q=L_q/R_s$; $p_0=2$; $F_0=0.185$; $J=0.26$; $T_{ai}=1.6 \cdot 10^{-5}$; $K_{ai}=10$; $T_u=0.002$; $K_{id}=1$; $K_{iq}=1$; $K_w=1$; $w_0=360$.

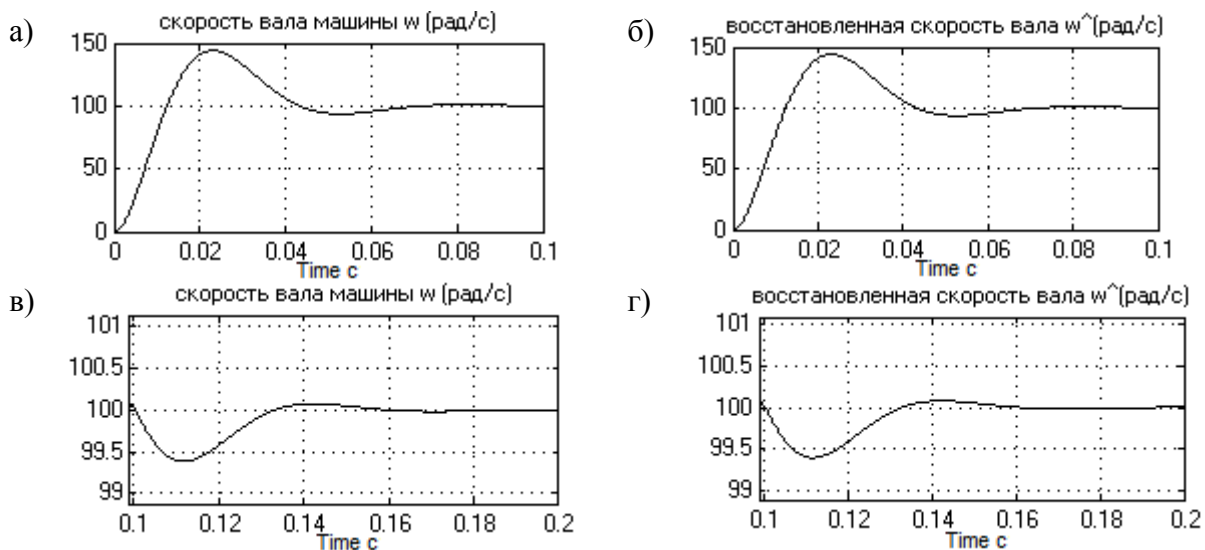


Рис. 2 – Переходные процессы по скорости, при замыкании по скорости ротора (слева) или по восстановленной скорости ротора (справа)

а) б) – по управлению в большом; в) г) – при набросе нагрузки, равной двукратному номинальному моменту двигателя

Результаты моделирования систем стабилизации скорости приведены на рисунке 2. Рисунки показывают, что система, замкнутая через датчик (кривые слева), и система, замкнутая через наблюдатель (кривые справа), работают одинаково. Следовательно, описанный наблюдатель может использоваться для восстановления скорости ротора в синхронных электроприводах.

Список литературы

1. *Егоров В.А.* Векторно-матричная модель синхронной машины / В.А. Егоров, А.Э. Алиев // Научно-технический вестник Поволжья № 3, 2023. с.148 - 152. <https://ntvprrt.ru/ru/archive-vypuskov> Выпуск №3 2023.
2. *Кузовков Н.Т.* Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
3. *Герман-Галкин С.Г.* Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин – С.– Пб.: КОРОНА – Век, 2008. – 368 с.

2.3.3

И.А. Ильченко, В.Ф. Пегашкин д-р техн. наук

Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина,
 Нижнетагильский технологический институт,
 Нижний Тагил, v.f.pegashkin@urfu.ru

МЕТОДИКА СОПРЯЖЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

В работе представлены результаты разработки методики сопряжения технико-экономического и технологического профилей изделия и производства в условиях применения систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

Ключевые слова: систем автоматизированного проектирования, технико-экономический профиль, технология машиностроения.

Сравнение профилей изделия и производства [1 – 3] должно ответить на следующие вопросы:

- соответствует ли конструкция изделия технологическому профилю производства, заданному в техническом задании (ТЗ);
- существует ли потребность (целесообразность) во внедрении нового оборудования (использования аутсорсинга) для обеспечения производства вновь разработанного изделия;
- существует ли возможность (целесообразность) изменения конструкции изделия с целью обеспечения требуемых преобразований за счёт изменения типа технологии внутри одной группы технологий;
- выявить узкие места в производственном оснащении предприятия;
- какова минимально возможная производственная программа выпуска нового изделия.

Для сравнения профилей необходимо соотнести величины существующих производственных и потребных для изготовления временных ресурсов. Наиболее предпочтительным для сравнения представляется использование вышеизложенных табличных форм.

Предлагаемая модель сопряжения технико-экономического профиля изделия и технологического профиля производства представлена в табл. 1.

Таблица 1

Модель сопряжения профилей изделия и производства

Тип технологии	Группа технологий				
	Изменение структуры материала (А)	Формообразование (В)	Формирование свойств поверхности (С)	Позиционирование (D)	Закрепление (Е)
Мехобработка (I)	-	$\frac{T_{(B,I)}}{t_{(B,I)}}$	$\frac{T_{(C,I)}}{t_{(C,I)}}$	-	-
Литьё (II)	$\frac{T_{(A,II)}}{t_{(A,II)}}$	$\frac{T_{(B,II)}}{t_{(B,II)}}$	$\frac{T_{(C,II)}}{t_{(C,II)}}$	-	-
Сварка, пайка (III)	$\frac{T_{(A,III)}}{t_{(A,III)}}$	-	$\frac{T_{(C,III)}}{t_{(C,III)}}$	-	$\frac{T_{(E,III)}}{t_{(E,III)}}$
Объёмная ТО (IV)	$\frac{T_{(A,IV)}}{t_{(A,IV)}}$	-	$\frac{T_{(C,IV)}}{t_{(C,IV)}}$	-	-

Поверхностная ТО (V)	$\frac{T_{(A,V)}}{t_{(A,V)}}$	-	$\frac{T_{(C,V)}}{t_{(C,V)}}$	-	-
Покрyтия (VI)	-	-	$\frac{T_{(C,VI)}}{t_{(C,VI)}}$	-	-
Гибка (VII)	-	$\frac{T_{(B,VII)}}{t_{(B,VII)}}$	-	-	-
Сборка с деформацией (VIII)	-	$\frac{T_{(B,VIII)}}{t_{(B,VIII)}}$	-	-	$\frac{T_{(E,VIII)}}{t_{(E,VIII)}}$
Сборка механическая (IX)	-	-	-	-	$\frac{T_{(E,IX)}}{t_{(E,IX)}}$
Позиционирова ние (X)	-	-	-	$\frac{T_{(D,X)}}{t_{(D,X)}}$	-
Пластическая деформация (XI)	-	$\frac{T_{(B,XI)}}{t_{(B,XI)}}$	$\frac{T_{(C,XI)}}{t_{(C,XI)}}$	-	-

Для ответа на вопрос соответствует ли конструкция изделия технологическому профилю производства, заданному в ТЗ, необходимо определить суммы временных затрат по типам и группам технологий для обоих профилей отдельно.

Сумма временных затрат для изготовления изделия по каждой группе технологий (технико-экономический профиль изделия)

$$I_{ij} = \sum_{i,j=1}^n t_{ij},$$

где t_{ij} – временные ресурсы i -го типа технологии j -ой группы технологий, требуемой для изготовления рассматриваемой продукции.

Производственные возможности предприятия выразим суммой временных ресурсов по каждой группе технологий (технологический профиль производства)

$$P_{ij} = \sum_{i,j=1}^n T_{ij},$$

где T_{ij} – временные ресурсы i -го типа технологии j -ой группы технологий, имеющейся на рассматриваемом производстве.

Для дальнейшего анализа технологичности конструкции изделия необходимо найти и сравнить между собой элементы профилей производства и изделия, представляющие собой частные от деления суммарных величин временных ресурсов производства и ресурсов, требуемых для изготовления изделия по типам и группам технологий:

$$E_i = \frac{P_i}{I_i}, \quad E_j = \frac{P_j}{I_j}.$$

В идеальном случае

$$\forall E_i = E_n, \quad \forall E_j = E_n.$$

Равенство элементов E_i и E_j будет говорить о том, что конструкция изделия разработана в полном соответствии с заданными технологическими возможностями производства.

Можно предположить, что в большинстве случаев сопряжения профилей элементы суммарных профилей будут отличаться друг от друга. Решение при этом должно находиться методами линейной многокритериальной оптимизации.

Расчёт должен вестись относительно группы и типа технологий, для которых величина затрат ресурсов, требуемых для изготовления продукции, максимальна ($t_{ij} = \max$).

$$\Delta E_{ij} = \frac{E_{ij}}{E_{ij \max}}.$$

Возможны следующие варианты анализа:

- при незначительных отклонениях между группами технологий, не превышающих 10-15%, по решению производителя допустимо считать технико-экономический профиль изделия соответствующим технологическому профилю производства;
- при отклонениях между группами технологий, составляющими 20-30% необходима проработка возможности изменения конструкции изделия, так как расходы на технологическую подготовку производства в этом случае могут оказаться неоправданно высокими;
- при отклонениях, превышающих 30%, необходимо рассмотрение вопроса о целесообразности продолжения работы по созданию данного изделия с предъявляемыми к нему требованиями.

Анализ сопряжения профилей по типам технологий заключается в сравнении требуемых ресурсов и выявлении резервов производственных возможностей за счёт дублирования внутри группы технологий.

Для определения возможной программы выпуска изделия необходимо сравнение сопрягаемых профилей по отношениям затрат ресурсов. Обозначим величины, получаемые в результате сопряжения временных ресурсов как R_{ij} .

$$R_{ij} = \frac{t_{ij}}{t_{ij}}.$$

Наименьшая величина R_{ij} покажет минимально возможный объём выпуска при существующих условиях.

Предлагаемая методика сравнения технико-экономического профиля изделия и технологического профиля производства позволяет определить соответствие конструкции разрабатываемого изделия производственным возможностям заказчика разработки и заблаговременно принять меры по взаимной оптимизации конструкторской и технологической подготовки производства. Кроме того, предлагаемая методика позволяет выявить узкие места в оснащении производства технологическим оборудованием, определить целесообразность и своевременно организовать процесс технологического перевооружения предприятия. Одним из достоинств предлагаемой методики в отличие от большинства существующих методик оптимизации конструкторско – технологической подготовки производства (КТПП) является практически полное исключение «человеческого фактора», проявляющегося в субъективных оценках экспертов. Кроме того, предлагаемая методика за счёт единообразного подхода к КТПП предназначена для использования во всех отраслях промышленности, а с учётом необходимой адаптации и в других производствах, связанных с преобразованием предметов труда при помощи технологического оборудования.

Список литературы

1. Ильченко И.А., Пегашкин В.Ф. Классификация технологий в системе автоматизированного проектирования изделий машиностроения // Научно-технический вестник Поволжья – 2022, №3. – С. 73-76
2. Ильченко И.А., Пегашкин В.Ф., Осипенкова Г.А. Определение технологического профиля производства на основе классификации технологий по результатам воздействия на предмет труда // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022, №11. – С. 121-123.
3. Mutual optimization of design and process preparation of production in mechanical engineering / AIP Conference Proceedings 2456, 030028 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0074789> (Published Online: 18 January 2022)

2.3.1

**А.Г. Коробейников^{1,2} д-р техн. наук, В.Л. Ткалич¹ д-р техн. наук, О.И. Пирожникова¹
канд. техн. наук, Н.С. Потемина¹**

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

²Санкт-Петербургский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ И ПАЙКИ КОМПОНЕНТ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Статья посвящена актуальной проблеме повышения надежности, эффективности и рентабельности компонент интегрированных систем безопасности при использовании технологии групповой пайки в процессе сборки микросхем. Применение технологии групповой пайки широко распространено при сборке компонент микросистемной техники способом поверхностного монтажа. Установлено, что самым распространенным и опасным дефектом при пайке выводов микросхем с пластмассовым корпусом, является так называемый “эффект попкорна”. В статье описана разработанная авторами методика предотвращения процесса возникновения этого дефекта. Предложенная методика прошла успешную апробацию на реальной сборочной линии по производству печатных плат в городе Санкт-Петербург Российской Федерации.

Ключевые слова: технологии групповой пайки, микросхемы с пластиковым корпусом, компоненты интегрированных систем безопасности, термопрофили, объекты транспортной инфраструктуры, “эффект попкорна”.

Микросхемы в пластмассовых корпусах относятся к широко используемым компонентам интегрированных систем безопасности (КИСБ) на объектах транспортной инфраструктуры (ОТИС). В процессе сборки радиоэлектронных устройств методом поверхностного монтажа часто применяется технология конвекционной пайки, относящаяся к групповым технологиям. Под “эффектом попкорна” (ЭП) понимается процесс дефектообразования, который формируется в чипах в корпусах из пластмассы. Этот процесс происходит в результате конвекционной пайки печатных платы при помощи метода поверхностного монтажа в специальной печи при температуре порядка 230⁰ С. ЭП происходит из-за быстрого повышения температуры, приводящего к парообразованию.

Как известно, интенсивность испарения влаги повышается с ростом температуры. Жидкость преобразуется в быстро расширяющийся водяной пар, который служит основной причиной появления термомеханических напряжений. В случаях, когда эти термомеханические напряжения превосходят силы адгезии, существующие между разнородными по коэффициенту термического расширения структурными фазами и силами вязкого разрушения формовочного компаунда, то происходит образование дефекта, связанного с внутренним расслоением КИСБ. Наличие в КИСБ ЭП приводит к ухудшению показателей надёжности за счёт снижения долговечности. Этот дефект характеризуется появлением в структуре КИСБ повышенной концентрации ионных примесей. Как следствие, возникают очаги дефектообразований (например расслоение трещины). Кроме того, ЭП приводит к деградации контактов в местах пайки микросхемы и печатной платы. Данные эффекты приводят к потере функциональности конечной продукции.

В состав выводной рамки микросхемы обычно входит подложка кристалла и выводы, выполненные из медной или железо-никелевой проволоки. Подложку и внутренние выводы покрывают золотом, серебром или палладием (Au, Ag, и Pd). При соединении внешних

выводов с печатной платой чаще всего используют свинцово-оловянный припой [1]. Сборка печатной платы осуществляется на автоматической линии с применением групповой технологии конвекционной пайки, проводимой в специальной печи. Специальная конвекционная печь состоит из нескольких сегментов. Это делает возможным проведение нагрева печатной платы по запланированному термопрофилю, представляющему собой кривую, разделенную на четыре зоны. В первой зоне проводится предварительный нагрев. Во второй зоне (зоне выдержки) осуществляется окончательное высыхание паяльной пасты и подготовка ее к дальнейшему расплаву. Третья зона предназначена, собственно, для самого процесса плавления. В этой зоне осуществляется подъем температуры до максимума за короткий интервал времени. В четвертой зоне проводится охлаждение печатной платы. Анализ показал, что дефектообразование может происходить в любой из этих четырех зон, и оно зависит от ошибок, допущенных при составлении термопрофиля.

Анализ механизмов появления “эффекта попкорна”

В пластиковом корпусе микросхемы в эпоксидном материале накапливается влага, впитанная из пространства вокруг микросхемы.

В результате проведенного анализа была установлена зависимость количества аккумулированной воды от ряда параметров: времени хранения; герметичностью компаунда; габаритами корпусов микросхем; относительной влажностью воздуха.

В третьей зоне специальной конвекционной печи (в процессе плавления) температура достигает 230°C . Это существенно превышает температуру перехода в стекло многих компаундов ($140^{\circ} - 160^{\circ}\text{C}$).

Исследования показали, что механические напряжения в пластмассовом корпусе микросхемы появляются при приближении температуры в зоне плавления к температуре плавления. Установлено, что механические напряжения в пластиковом корпусе обусловлены несколькими механизмами возникновения:

- при быстром испарении создаётся избыток высокого давления;
- расхождение значений коэффициентов теплового расширения (к.т.р.) для разных материалов в составе микросхем приводит к термомеханическим напряжениям с ростом температуры;
- снижением величины адгезивной силы, возникающей между поверхностным слоем компаунда, и выводной рамкой в условиях близких к температуре плавления компаунда;
- снижением вязкости разрушения при приближении к температуре перехода в стекло;
- увеличением объема компаунда при поглощении влаги.

Экспериментальные исследования показали, что увеличение объема компаунда при поглощении влаги может быть весьма значительным, что приводит к увеличению термомеханических напряжений на 20-25 % выше, чем у полностью сухих компаундов [2].

При испарении влаги увеличивается давление водяных паров в существующих пустотах, которые возникают в следствии расслоения компаунда. Когда гидротермальное напряжение превысит силы адгезии, а также вязкость разрушения эпоксидного материала, термомеханические напряжения приведут к увеличению расслаивания и образованию трещин. Чаще и быстрее всего происходит возникновение трещин в углах корпуса. Из углов трещины распространяются внутри компаунда вдоль линий наибольшего напряжения.

Факторы, приводящие к появлению “эффекта попкорна”

Анализ показал, что существуют 3 основных причины, которые влияют на возникновение ЭП.

Доминирующим по значимости является материал микросхемы. Максимальная вероятность расслоения и появления трещин имеется у микросхем, материалы которых имеют существенное различие по к.т.р. Слои, с наибольшим различием к.т.р., будут расслаиваться первыми. К таким опасным зонам может быть отнесена граница кристалл-компаунд микросхем, в которых выводная рамка изготовлена из материала с малым

значением к.т.р. Также зоной риска является граница подложка-пластик у микросхем с повышенным к.т.р. материала выходной рамки.

Анализ показывает, что необходимо добиваться ситуации, при которой к.т.р. компаунда находится в промежутке между к.т.р. кристалла и к.т.р. материала выводной рамки. Этот случай характеризуется минимум термомеханических напряжений. Таким образом для уменьшения риска растрескивания необходимо, чтобы материал “компаунда обладал низкой влагонепроницаемостью, высокой прочностью в условиях повышенной температуры, высокой температурой перехода в состояние стекла, а также высокой адгезией” [3].

Следующим по значимости фактором служит геометрия корпуса. Чем тоньше микросхемы, тем они больше подвержены появлению трещин и расслаиванию. Так как с уменьшением толщины снижается способность компаунда сопротивляться термомеханическим напряжениям. С ростом отношения площади выводной рамки к толщине компаунда возрастает риск возникновения расслоения и трещин [3].

Однако, эти два вышеобозначенных фактора больше всего связаны с производителями элементной базы.

Третьим, и наиболее важным, является фактор, связанный с параметрами процесса пайки.

В процессе групповой конвекционной пайки вероятность появления дефекта ЭП растет с повышением температуры.

Это связано с тем, что при повышении температуры происходит снижение прочностных параметров компаунда. Что, в свою очередь, ведет к росту напряжений, обусловленных несовпадением к.т.р. в разных материалах. В дополнение ко всему происходит возрастание давления водяных паров.

Но тем не менее необходимо отметить, что желание достижения высокачественного спая при повышенной температуре ведет к возрастанию риска возникновения ЭП.

Таким образом, исходя из вышесказанного, выбор термопрофиля существенно сказывается на количестве выделенной влаги.

Методика предотвращения появления “эффекта попкорна”

Разработанная методика прошла апробацию на автоматизированной линии по производству печатных плат с использованием групповой технологии конвекционной пайки с применением специальной печи.

Перед началом сборки печатных плат требуется проведение сушки микросхем при относительной влажности воздуха от 10 до 20 %. Сушка микросхем возможно в двух режимах. При первом режиме сушку проводят непосредственно перед сборкой. При втором режиме проводится предварительная сушка и размещение микросхем для хранения в специальном влагонепропускающем контейнере.

При первом режиме сушка осуществляется в течение 24 часов при температуре 125⁰ С. Возможен более щадящий режим в специальных сушильных шкафах. Он требует увеличения времени до 168 часов при относительной влажности воздуха до 10 % и температуре 40-43⁰ С.

Достоинством первого режима сушки является его быстрота. Сокращение времени является важным при наличии жестких производственных требований к срокам от момента поступления комплектующих изделий до момента сдачи всей партии. Обычно промежуток не должен превышать 48 часов.

При низкотемпературной сушке процесс проводится в упаковочных контейнерах, что даёт возможность обеспечить целостность хрупких выводов микросхем. Однако, важнейшим критерием для снижения дефектообразования КИБС является выбор термопрофиля. Выбранный термопрофиль должен удовлетворять основным критериям качественной пайки, то есть обеспечивать хороший контакт и отсутствие зон “холодной пайки”, а также он не должен приводить к появлению ЭП КИБС.

Апробация методики предотвращения ЭП КИБС осуществлялась на партии печатных плат количеством тридцать штук при плотности упаковки компонент равной 0,1 мм³/см². Плотность размещения элементов на печатной плате ρ определялось по формуле [4,5]:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{C_n} N_i V_i}{V_{\text{пл}}},$$

где C_n – число компонент, N_i – количество компонент данного типа, V_i – объём компонента, $V_{\text{пл}}$ – объём пустой печатной платы.

Все расчеты производились в системе MATLAB, позволяющей решать задачи в различных предметных областях [6-8].

Перед процессом сборки и пайки микросхемы прошли процедуру высокотемпературной сушки по первому режиму ($T = 125^{\circ}\text{C}$, $\tau = 24$ часа). Воздух в производственных помещениях имел температуру 23°C , относительная влажность – 15 %. Пайку осуществляли с использованием свинцово-оловянного припоя с температурой плавления 183°C .

На Рис. 1 представлены три термопрофиля, информация о которых получена в ходе процесса нагрева в конвенционной печи Heller 1707 МК III.

Для получения равномерности нагрева и остывания печатной платы температура 4-го сегмента была уменьшена относительно 3-го сегмента. В результате получена зона оптимальный выдержки, что позволило исключить скачкообразный нагрев микросхемы, ведущий к повышению давления водяного пара. Таким образом удалось избежать появления ЭП КИБС.

Три термопрофиля (кривые на Рис. 1) соответствуют трём термодатчикам.

Изменение градиента температур в ходе процесса нагрева разных участков печатных плат не превышал десяти градусов.

При проведении контроля качества после окончания процессов сборки и пайки печатных плат применялось три метода: визуальный; автоматическая оптическая инспекция и рентгеноскопия.

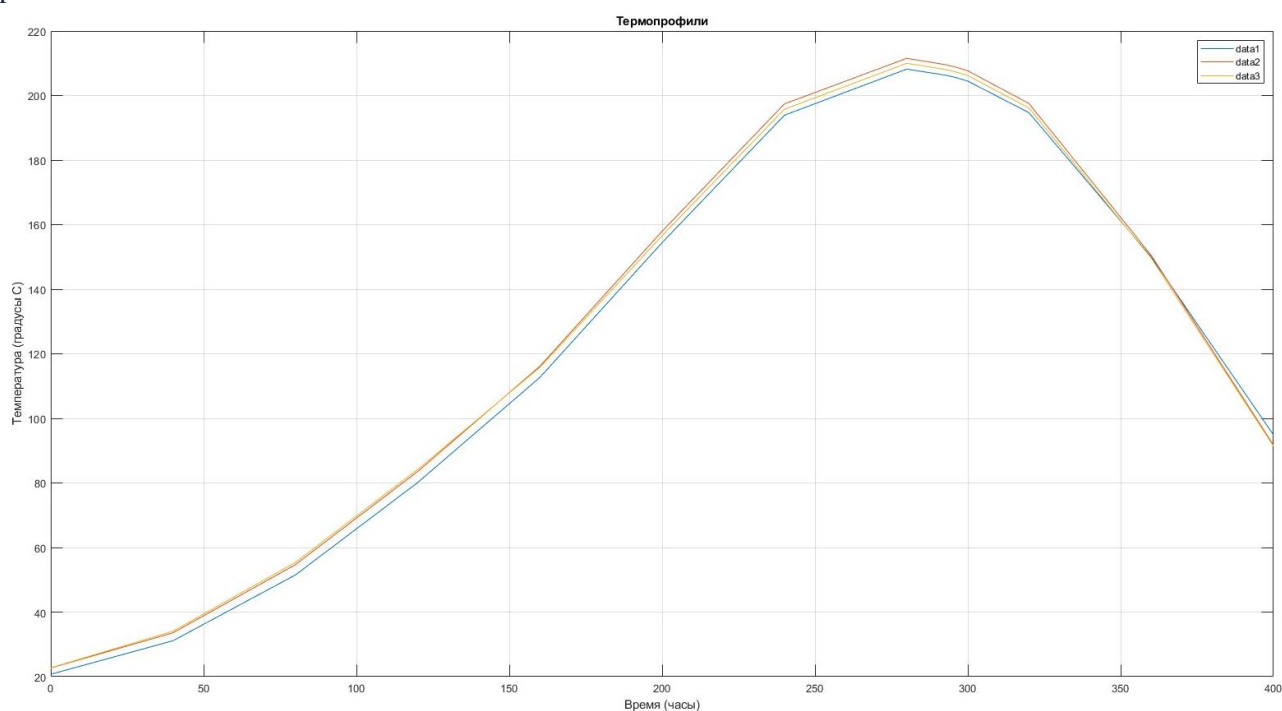


Рис. 1. График 3-х термопрофилей

В контрольной выборке было обнаружено 76 дефектов, что составляет 0,01 % от всего количества элементов данной выборки. Важнейшим результатом является факт отсутствия микросхем с дефектом ЭП. В этом случае соответствующий показатель parts-per-million, характеризующий число дефектов на 10^6 компонентов равен 999.

Выводы

Разработанная авторами статьи методика предотвращает появление “эффекта попкорна” в процессе пайки микросхем с пластиковым корпусом. Данная методика может быть рекомендована для использования на отечественных радиоэлектронных производствах, оснащенных автоматизированными линиями сборки и пайки печатных плат, с целью увеличения выхода годной продукции и исключения появления “эффекта попкорна” КИБС.

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

Список литературы

1. Anthony Casasnovas, James W. White. Commercial Plastic Encapsulated Microcircuits for Naval Aviation Applications//John Hopkins APL technical digest, 1997, vol 18. P. 50-56.
2. Nguyen L.T., Chen K.L., Schaefer J. A new criterion for package integrity under solder reflow conditions//Proc. IEEE 45th Electronic Components & Technology Conf, 1995, May. P. 478-490.
3. IPC-SM-786A, JEDEC Solid State Technology Association, 2007, January. P. 2.
4. Tsung-Nan Tsai. Thermal parameters optimization of a reflow soldering profile in printed circuit board assembly: A comparative study//Applied Soft Computing, 2012, vol 12. P. 2601-2613.
5. Kumara U.D., Nowicki D., Ramirez-Marquez D., Verma J.E. On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation//International Journal of Production Economics, 2008, № 111. P. 456-467.
6. Коробейников А.Г., Гришенцев А.Ю. Разработка и исследование многомерных математических моделей с использованием систем компьютерной алгебры // СПбНИУ ИТМО.-Санкт-Петербург: СПбНИУ ИТМО, 2013.-100 с.
7. Гришенцев А.Ю., Коробейников А.Г. Алгоритм поиска, некоторые свойства и применение матриц с комплексными значениями элементов для стеганографии и синтеза широкополосных сигналов//Журнал радиоэлектроники. 2016. № 5. С. 9.
8. Коробейников А.Г., Кутузов И.М., Колесников П.Ю. Анализ методов обфускации//Кибернетика и программирование. 2012. № 1. С. 31-37.

2.3.3

**С.А. Красников д-р техн. наук, С.В. Николаева д-р техн. наук,
К.В. Гусев, М.А. Овчинников**

МИРЭА — Российский технологический университет (РТУ МИРЭА),
институт Информационных Технологий,
кафедра математического обеспечения и стандартизации информационных технологий,
Москва, krasnikov_s@mirea.ru

МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ КВАЛИМЕТРИИ

Предлагаемый метод спектральной компьютерной калиметрии позволяет упорядочить использование экспертных систем для контроля качества жидких сред по спектральным характеристикам на основе общих системных принципов.

Ключевые слова: *автоматизированное управление, экспертная система, спектральная компьютерная калиметрия, управление качеством, идентификация, контроль качества, оценивание параметров.*

Большое количество нечёткой информации о показателях различных жидких сред (ЖС), а также наличие инструментальных методов и средств оценки их физико-химических показателей всегда создаёт проблему преобразования объективной численной инструментальной информации в качественную. Как правило, такое преобразование невозможно осуществить непосредственно с использованием только одних измерений.

Существо математической задачи определения качественных показателей в этих условиях можно трактовать следующим образом.

Каждый качественный показатель среды представляется в виде функции $K(X_1, X_2, \dots, X_N)$ многих независимых переменных $X_1, X_2, \dots, X_N$. Эти переменные связаны с физико-химическим строением вещества и не могут быть непосредственно измерены – они являются как бы «скрытыми».

Пусть регистрируются параметры $Y_1, Y_2, \dots, Y_M$ ($M \ll N$), каждый из которых линейно зависит от значений скрытых переменных $X_1, X_2, \dots, X_N$:

$$Y_1 = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 + \dots + a_{1N} X_N,$$

$$Y_2 = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + a_{23} X_3 + \dots + a_{2N} X_N,$$

.....

$$Y_M = q_{M1} X_1 + q_{M2} X_2 + q_{M3} X_3 + \dots + q_{MN} X_N.$$

где a_{mn} – коэффициенты чувствительности.

При отличии от нуля определителя некоторого блока A_{mn}^* матрицы чувствительности A_{mn} ($A_{mn}^* \in A_{mn}$) ($\det A_{mn}^* \neq 0$) по измеренным значениям $Y_1, Y_2, \dots, Y_M$ на основе решения системы линейных уравнений можно найти не более M значений $X_1^*, X_2^*, \dots, X_M^*$.

Таким образом, для более полного косвенного «измерения» свойств среды, т.е. для более полного качественного их отражения в количественных измерениях необходимо стремиться к увеличению числа M измеряемых параметров. Тогда качественный показатель можно представить как $K(Y_1, Y_2, \dots, Y_M)$.

С учётом этого предложена информационная технология спектральной компьютерной квалиметрии (СКК) (см. рис. 1) [1].

Идея СКК основана на разработке специальных или использовании известных инструментальных средств (методов, датчиков и приборов) оперативного контроля разнообразных физико-химических характеристик сред совместно с автоматизированными (компьютерными) экспертными системами [2, 3].

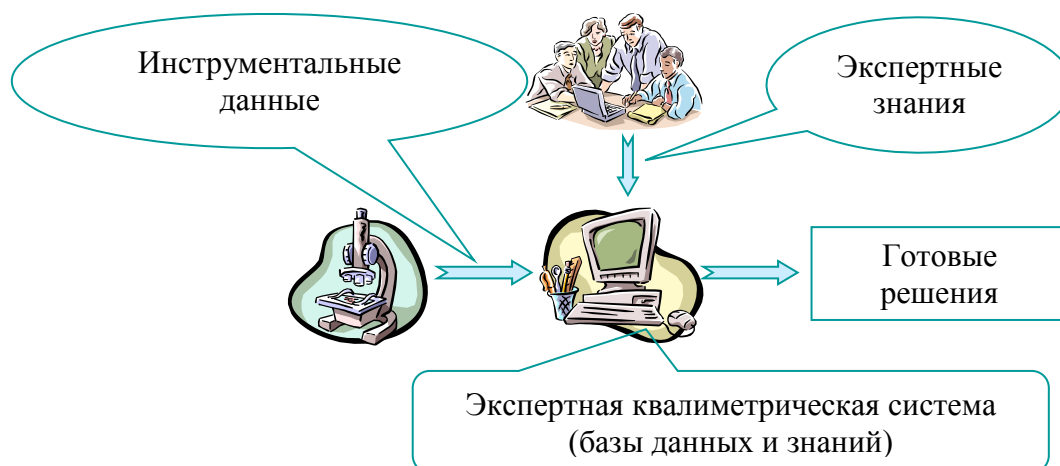


Рис. 1 – Система спектральной компьютерной квалиметрии

Ядром СКК является специализированная экспертная система (ЭС). Её база данных (БД) и база знаний (БЗ) наполняются данными инструментальных измерений и знаниями экспертов-специалистов. При этом инструментальные данные имеют вид спектральных характеристик.

Поскольку все спектральные характеристики содержат значительное количество информации, в отношении информативности спектрометры эквивалентны соответствующему числу первичных измерителей. В дальнейшем, с накоплением данных и знаний, такие экспертные системы смогут самостоятельно производить идентификацию и оценку качества сред.

Реализация СКК в её полной конфигурации требует привлечения «синтетических» знаний, а также разработки специальных методов и средств.

Для реализации СКК необходимо решение трёх базовых задач:

- формирование баз данных, хранящих «эталонные» или «опорные» спектры, характеризующие разносторонние свойства сред;
- разделение «близких» спектральных распределений;
- построение экспертных правил (знаний), на основании которых будет синтезироваться отклик на неизвестный входной спектр.

На рис. 2 приведён пример обобщённой системы СКК, ориентированной на контроль качества ЖС по оптическим спектрам светорассеяния. Луч источника света И освещает кювету К с исследуемой жидкостью. Рассеянный свет попадает на детектор Д, формирующий спектр X рассеяния (угловой, цветовой, частотный, оптический, инфракрасный, комбинационный – в зависимости от конкретной задачи и исследуемой жидкости). Данный спектр поступает в устройство сравнения УС (аналоговое, цифровое, цифроаналоговое), куда поступают эталонные спектры S_m , хранящиеся в БД. УС вырабатывает сигналы сравнения $\mu_m = \mu(X, \{S_m\})$, на основе которых блок управления БУ формирует управление $u(\{\mu_m\})$.

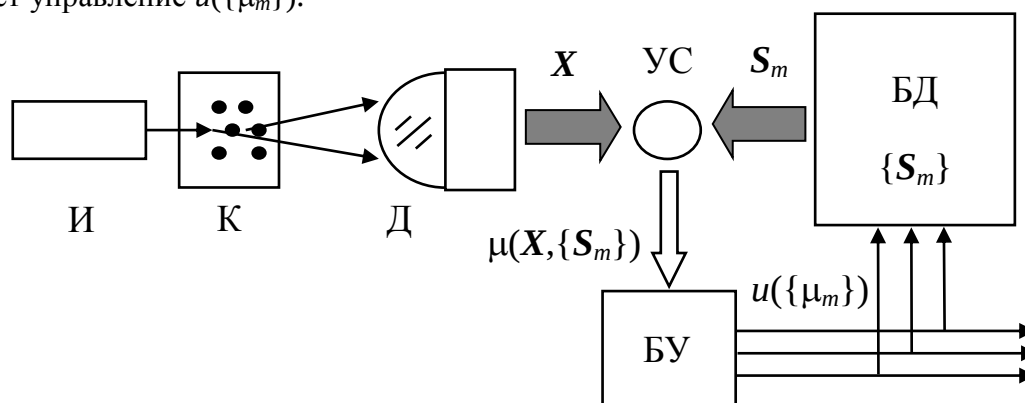


Рис. 2 – Обобщённая система спектральной компьютерной квалиметрии

Определённые достоинства специализированной ЭС состоят также и в том, что исключается необходимость поддержки универсальных функций. В рамках создания методологии построения систем контроля качества ЖС по спектральным характеристикам предложена и апробирована архитектура специализированной ЭС. В обобщённом виде она представлена на рис. 4.

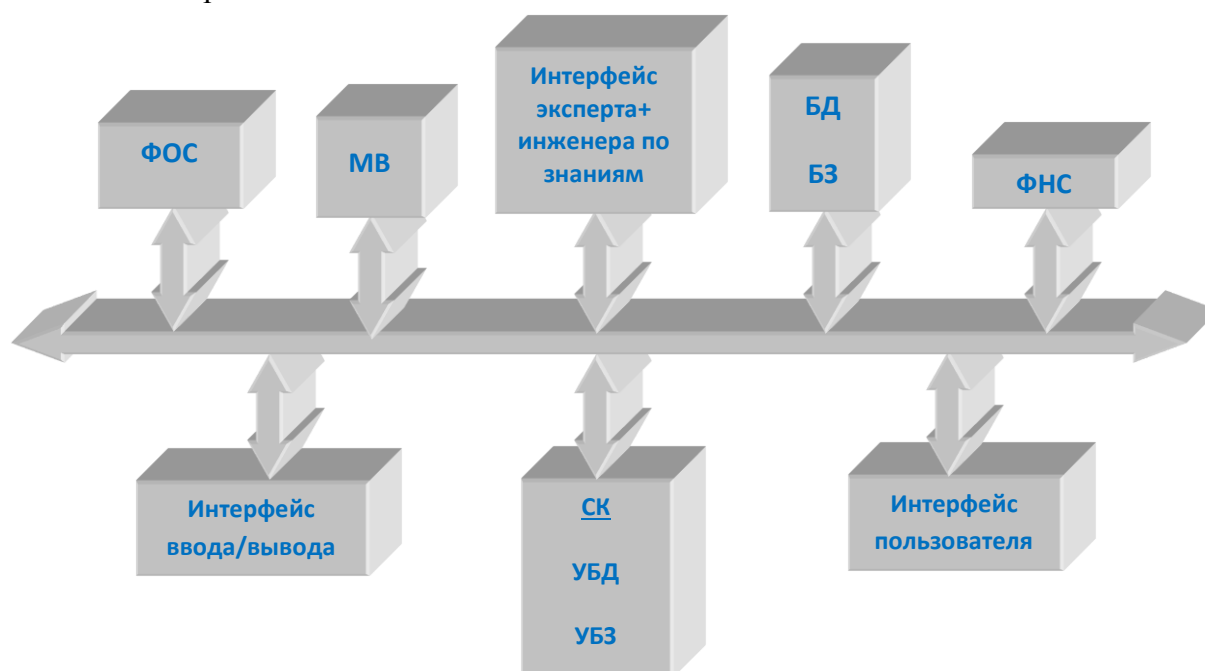


Рис. 4 – Обобщённая структура ЭС

Здесь показаны следующие информационные подсистемы ЭС:

- подсистема команд (СК), включающая команды управления БД (УБД), управления БЗ (УБЗ), управления машиной вывода (УМВ), управления вводом-выводом данных (УВВ), управления интерфейсами (УИ);
- подсистема БД, хранящая физически однородные спектры (ФОС) и физически неоднородные спектры (ФНС) жидких сред;
- подсистема БЗ, хранящая методы и алгоритмы функциональной связи ФОС с ФНС;
- подсистема машины вывода (МВ), производящая расчёты по алгоритмам БЗ;
- интерфейс эксперта и инженера по знаниям, позволяющий производить пополнение БД, БЗ и МВ;
- интерфейс ввода-вывода данных, обеспечивающий работу программиста с системой;
- интерфейс пользователя, обеспечивающий работу пользователя с ЭС.

Описанная выше структура является общей для всех ЭС, разработанных применительно к условиям контроля качества различных ЖС [1 - 3].

Список литературы

1. Krasnov A.E., Krasnikov S.A., Nikolaeva S.V. et al. Improve the reliability of the identification of safety signs according to their luminescent spectra. "Information Innovative Technologies". – Materials of the International scientific-practical conference (Prague – 2019, April 22-26) / Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A. – М.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2019. – 348 p. <https://publications.hse.ru/books/281249879>
2. Краснов А.Е., Николаева С.В., Красников С.А., Мясоедов А.С. Интеллектуальная компьютерная квалиметрия бензинов по инфракрасным спектрам. // Естественные и технические науки, No. 12, 2019. С. 307-311. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=41854266>
3. Николаева С.В., Красников С.А., Зеленина Л.И., Сартаков М.В. Спектральные методы оценки свойств смесей. // Естественные и технические науки. 2007. № 4 (30). С. 217-220.

2.3.3

С.В. Кузнецов канд. техн. наук, Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, Е.С. Аносова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ШТАМПАХ, В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА НАПРАВЛЯЮЩИХ
КОЛОНОК И СИЛДЕФОРМИРОВАНИЯ**

При использовании штампованных заготовок всегда остро стоит задача повышения ее точностных характеристик и стойкости штампа. В работе проведено моделирование поведения штампового блока под действием вертикальных и горизонтальных сил с учетом эксцентриситета точки их приложения и опрокидывающих моментов, возникающих при этом. Была дана оценка влияния этих сил, возникающих при выполнении технологических операций обработки металлов давлением, на штамповую оснастку.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, штамп, силовой анализ, конечно-элементный анализ.

Введение

Целью проводившихся исследований является определение влияния величины и эксцентриситета точки приложения вертикальных и горизонтальных сил на величину деформаций, возникающих в штамповой оснастке, с одновременным рассмотрением влияния расположения и количества направляющих колонок.

Объектом исследования стали деформации, возникающие в штамповой оснастке.

Вопросы, связанные с определением силовых воздействий на штамповую оснастку, исследовались рядом авторов [1-3].

Из анализа источников стало известно следующее: под действием силовых нагрузок в штамповой оснастке возникают упругие деформации;

деформации, возникающие в штамповой оснастке, оказывают существенное влияние на точность получаемых деталей, и, как следствие, на ее стойкость; единая методика для определения и учета влияния вертикальных и горизонтальных сил на штамповую оснастку отсутствует;

отсутствует единая методика по расчету (выбору) расположения и количества направляющих штампа; материалов, из которого они изготавливаются; размеров и конструкций направляющих штампа; большинство авторов не уделяют должного внимания влиянию поперечных сил на штамповую оснастку.

В проведенных ранее исследованиях подтверждены факты возникновения поперечных сил при выполнении технологических операций обработки металлов давлением и показано их существенное влияние на штамповую оснастку [1-3]. Следовательно, их влияние так же должно учитываться.

Предлагаемая методика позволит более рационально проектировать и эксплуатировать штамповую оснастку с помощью оптимального выбора материалов и их характеристик, количества, конструкции и геометрии направляющих; повысить точность изготавливаемых деталей и стойкость штампа.

Исходные данные и порядок проведения исследования

В исследовании рассмотрены штампы с четырьмя типами расположения колонок: с 2-мя направляющими колонками, расположенными сзади; с 2-мя диагонально расположенными направляющими колонками; с 3-мя направляющими колонками; с 4-мя направляющими колонками.

В качестве материала для направляющих выбираем СЧ30 и СЧ 24 для штампа.

Величины вертикальной и горизонтальной силы были выбраны исходя из максимального технологического усилия пресса 250 кН.

Вначале было произведено моделирование с использованием МКЭ (FEA, Finite Element Analysis) поведения штампового блока под действием вертикальных и горизонтальных сил с учетом эксцентриситета точки их приложения и опрокидывающих моментов, возникающих при этом. После этого была дана оценка влияния вертикальных и горизонтальных сил, которые возникают при выполнении технологических операций обработки металлов давлением, на штамповую оснастку (величины деформаций).

При выполнении моделирования считаем, что величина и точка приложения сил известны. Штамповый блок нагружаем разными значениями сил, которые прикладываются в разных точках относительно геометрического центра штампа. Силы прикладываются в 3 направлениях: в поперечном, продольном и диагональном относительно оси штампа (т.е. по направлениям X, Y, XY). По каждому из направлений точка приложения сил пошагово смещается от центра давления на 13 мм. На каждом направлении фиксируется 4 точки. В каждой точке прикладываются вертикальные и горизонтальные силы поочередно. Далее происходит так же поочередное увеличение сил в 10 раз, в диапазоне от 10 до 10000 Н. Данная схема приложения сил позволит смоделировать влияние сил и точек их приложения по всем направлениям относительно центра штампового блока.

Была создана и упрощена модель штампа, наложены условия и жесткие связи (элементы получают абсолютную линейную жесткость и лишаются возможности перемещения; напряжения направляющие могут воспринимать лишь со стороны ползуна). На упрощенную модель была наложена конечно-элементная сетка. Модель штампового блока с конечно-элементной сеткой представлена на рисунке 1. Далее к модели прикладывались нагрузки согласно выбранной методике исследований.

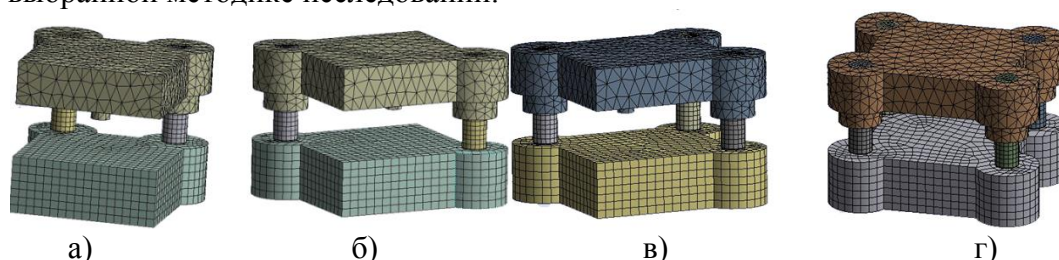


Рис. 1 – Модель штампового блока с наложенной сеткой: а) с двумя направляющими расположенными сзади; б) с двумя направляющими расположенными диагонально; в) с тремя направляющими; г) с четырьмя направляющими

Результаты исследования

Результаты моделирования представлены в виде цветовых зон на исследуемой математической модели. На рисунке 2 показаны результаты отображения деформаций для всех элементов расчетной модели.

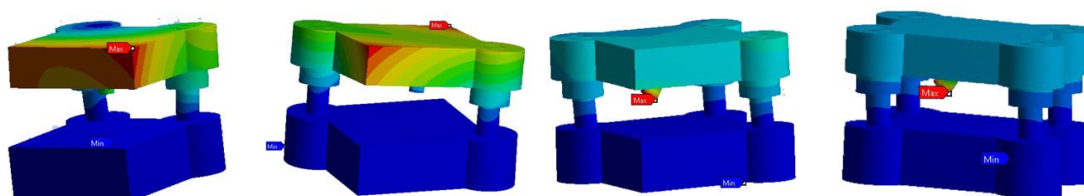


Рис. 2 - Цветовая диаграмма деформации системы

При увеличении эксцентриситета на 13 мм, в диапазоне от 13 до 52 мм получены следующие результаты моделирования:

1. Для штампового блока с двумя направляющими:

- при постоянной горизонтальной силе и увеличивающейся вертикальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000 Н, приводит к увеличению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 5451%, по горизонтали на 3025%, по диагонали на 5632 %.

- при постоянной вертикальной силе и увеличивающейся горизонтальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к уменьшению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 105%, по горизонтали на 117%, по диагонали на 11 %.

2. Для штампового блока с двумя направляющими, расположенными диагонально:

- при постоянной горизонтальной силе и увеличивающейся вертикальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к увеличению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 1%, по горизонтали на 2%, по диагонали на 2,5%.

- при постоянной вертикальной силе и увеличивающейся горизонтальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к уменьшению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 2%, по горизонтали на 2%, по диагонали на 2%.

3. Для штампового блока с 3-мя направляющими:

- при постоянной горизонтальной силе и увеличивающейся вертикальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к увеличению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 13%, по горизонтали на 6%, по диагонали на 29%.

- при постоянной вертикальной силе и увеличивающейся горизонтальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к уменьшению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 1753%, по горизонтали на 1628%, по диагонали на 1615%.

4. Для штампового блока с 4-мя направляющими:

- при постоянной горизонтальной силе и увеличивающейся вертикальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к увеличению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 52%, по горизонтали на 78%, по диагонали на 53%.

- при постоянной вертикальной силе и увеличивающейся горизонтальной силе в 10 раз в диапазоне от 10 до 10000Н, приводит к уменьшению деформации, при смещении точки приложения силы по вертикали на 756,5%, по горизонтали на 736 %, по диагонали на 711%.

Выводы

1. При наложении расчетных нагрузок на штамповый блок в нем возникают деформации, приводящие к перекосу верхней половины штампа, что ухудшает точность получаемых поковок и повышает износ направляющих.

2. Наличие горизонтальной силы и ее увеличение значительно изменяет значения деформаций. В том случае, когда момент от горизонтальной силы и эксцентриситет совпадают по направлению, деформации верхней половины штампа увеличиваются, а в случае, когда не совпадают – уменьшаются.

3. Самое существенное влияние на направляющие колонки оказывают вертикальные силы и точки ее приложения. С увеличением эксцентриситета точки приложения деформирующей силы увеличивается перекосящийся штамповый блок. Этот эффект увеличивается с ростом зазора между направляющими штампового блока ползуном.

Заключение

При выборе конструкции штампа необходимо моделировать его поведение в зависимости от величины сил и точек их приложения, которые определяются условиями выполнения технологической операции. С увеличением деформирующей силы необходимо увеличивать жесткость направляющих колонок. Так же необходимо свести к минимуму зазор между направляющими и ползуном прессы, так как он увеличивает возможность перекосящегося.

Список литературы

1. Голенков В.А., Яковлев С.П., Головин С.А., Яковлев С.С., Кухарь В.Д. Теория обработки металлов давлением - М.: Машиностроение, 2009, С. 110 – 128.
2. Renzo Franco Giraudi. Die manufacturing process. The best flow from idea to delivery: Politecnico di torino, 2018, С. 63-65.
3. Ivana Suchy. Handbook of Die Design: McGraw Hill, 2006, С. 744-746.

2.3.3

А.А. Кулебякин канд. техн. наук, К.И. Порсев канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет,
институт инженерии и машиностроения, кафедра
компьютерно-интегрированной технологии машиностроения,
Ярославль, porsevki@ystu.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АКТИВНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО
КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ОТВЕРСТИЙ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В статье рассматриваются вопросы контроля и диагностики в операциях машиностроительного производства. Проанализированы особенности выбора программного обеспечения для конструкторско-технологической подготовки роботизированных процессов контроля и диагностики в машиностроении. Разработана модель процесса активного роботизированного контроля отклонений параметров отверстий машиностроительных изделий в среде SprutCAM Robot.

Ключевые слова: *цифровые технологии, мехатронная система, промышленный робот, активный контроль, виртуальная среда SprutCAM Robot v.14.*

На сегодняшний день существует большое количество разнообразных способов контроля обрабатываемых поверхностей в машиностроении [1,2]. Значительная часть данных способов основана на ручной форме, что в конечном итоге замедляет процесс производства и увеличивает вероятность получения бракованных изделий. В этой связи предпочтение отдается методам активного контроля [3], которые интегрируются в системы числового программного управления (ЧПУ).

Под системами активного контроля, принято понимать совокупность индикаторов контакта [4], а также программное обеспечение, синхронизирующее их с системой ЧПУ станка. Чаще всего встречается система датчиков, включающая в себя датчики для контроля детали и датчики для измерения и контроля инструмента.

Процесс активного контроля заготовки при обработке отверстий можно разделить на несколько последовательных этапов:

1. Привязка устройства для контроля отклонений диаметра отверстия и заготовки к системам координат станка или робота.
2. Контроль первой детали: обеспечить необходимый контроль непосредственно во время обработки.
3. Контроль внутри технологического процесса: проверка предварительной обработки цилиндрической поверхности отверстия с целью обеспечения необходимой точности чистовой обработки и выявления брака;
4. Окончательный контроль.

Программы измерений и контроля являются важной составной частью аппаратного и программного обеспечения оборудования машиностроительных производств, в том числе для роботов манипуляторов. Поэтому, компьютерная подготовка операций измерения и контроля является на сегодняшний день актуальной.

Целью данного исследования являлось моделирование процесса роботизированного контроля отклонений параметров отверстий машиностроительных изделий, а так же создание управляющей программы операционного контроля для определения отклонений диаметра отверстий (при этом устройство контроля выполняет движение в заготовке напроход).

Моделирование процесса активного роботизированного контроля было осуществлено в среде SprutCAM Robot v.14 [5]. Для расчета траектории движения устройства контроля и получения управляющей программы в SprutCAM Robot, были заданы исходные данные и параметры контроля. Интерфейс для создания управляющей программы в SprutCAM Robot представлен на рис. 1.

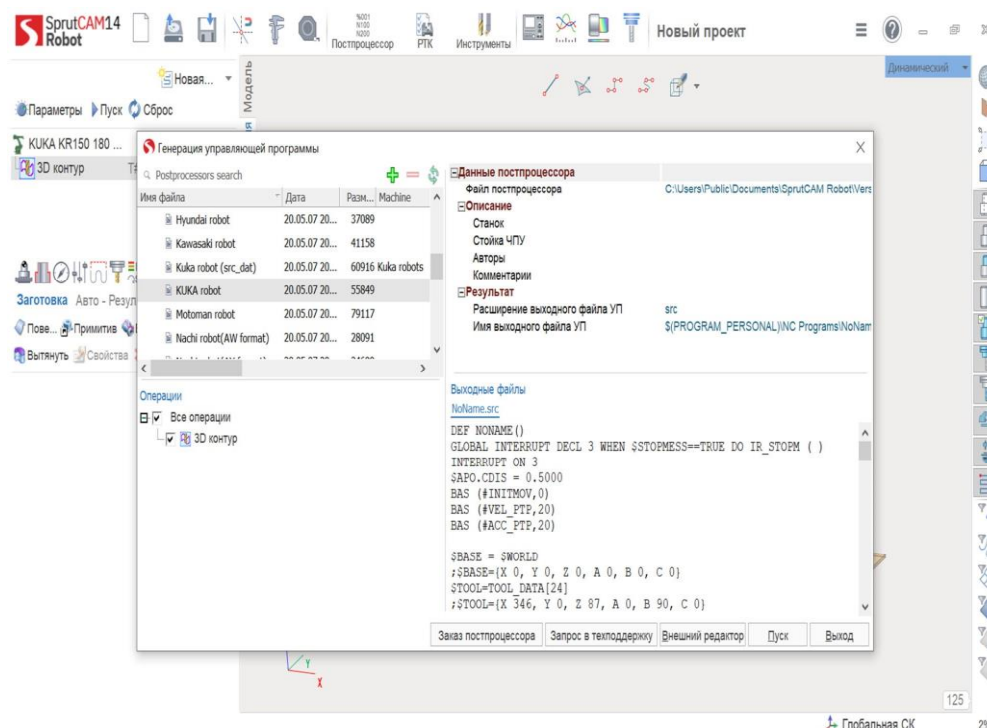


Рис. 1 – Интерфейс для создания управляющей программы в SprutCAM Robot

Из доступных в программе Sprut CAM Robot манипуляторов был выбран 6-осевой робот Kuka KR150. С помощью инструмента «чертёж», для создания эскиза детали, во вкладке «модель» создана заготовка определенной формы для моделирования операций контроля параметров отверстия.

Робот Kuka KR150 позволяет перемещать устройство контроля относительно заготовки по цилиндрическому пространственному контуру. В разработанный ранее схват манипулятора [6], устанавливается устройство контроля.

Далее в среде Sprut CAM Robot был создан ряд следующих операций:

1. На вкладке «Технология» создана операция контроля: установлен диаметр устройства контроля, угол при вершине и вылет рабочей части.

2. На вкладке «Рабочее задание» выбран цилиндрический пространственный контур для активного контроля и выполнено построение траектории движения устройства контроля.

3. На вкладке «Моделирование» выполнено моделирование операций контроля. При создании управляющей программы для операций контроля выбрана вкладка «Постпроцессор».

4. Запущена итоговая автоматическая генерация управляющей программы для активного контроля (рис. 2).

Реализация разработанной модели и управляющей программы процесса активного роботизированного контроля на практике позволила подтвердить их действенность в получении воспроизводимых результатов контроля.

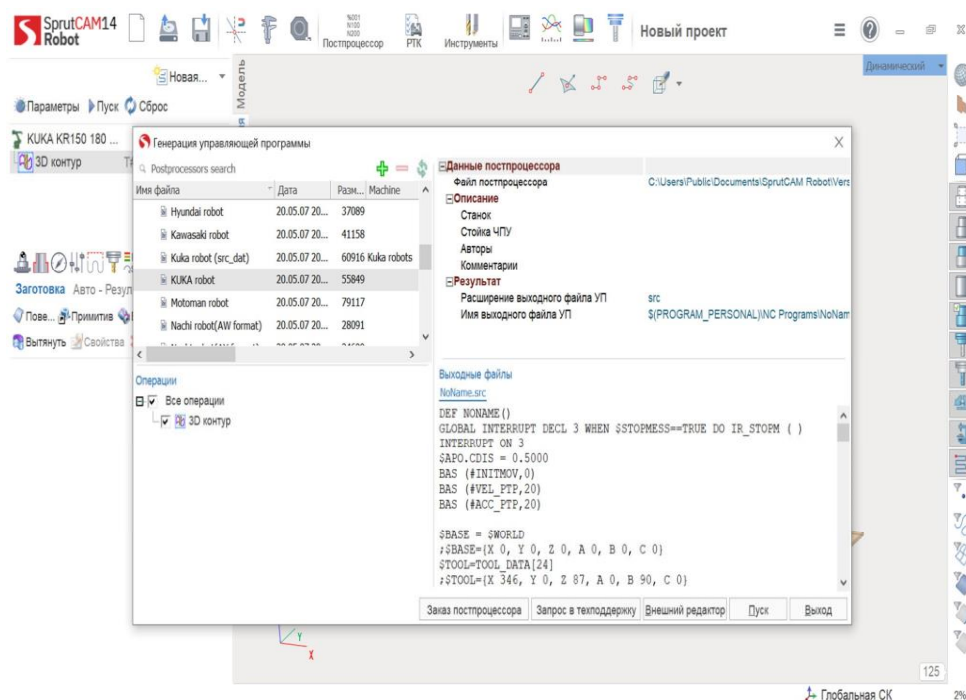


Рис. 2 - Постпроцессирование, фрагмент кода управляющей программы

Таким образом, в данной работе был исследован и смоделирован процесс роботизированного контроля отклонений параметров отверстий машиностроительного изделия роботом KUKA KR150 в программе SprutCam Robot v.14. Составлена управляющая программа для робота, с описанием команд, что в конечном итоге доказывает возможность реализации роботизированного контроля с закрепленным в схвате манипулятора устройством для контроля отклонений параметров отверстий.

В итоге можно сделать вывод о необходимости дальнейшего изучения возможностей наиболее эффективного внедрения и адаптации технологий активного контроля в современное производство изделий машиностроения и приборостроения, с использованием перспективных средств проектирования.

Список литературы

1. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Голиницкий П.В., Антонова У.Ю. Методы и средства контроля качества обработки гильз цилиндров на ремонтных машиностроительных предприятиях // Вестник машиностроения. – 2020. – №. 6. – С. 40-45.
2. Сеницина М.О. Разработка технологии контроля габаритных изделий тяжелого машиностроения бесконтактным способом // Сборник докладов Четырнадцатой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». В 2-х томах. Том 1. Москва, 21-24 сентября 2021 года. – Изд-во: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2022. – С. 96-102.
3. Дмитриев С.И., Евгеньева Е.А. Активные системы автоматического контроля в машиностроении // Сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Современные инновации в технике и производстве», 23-24 апреля 2020 года, г. Псков. – Изд-во: Псковский государственный университет, 2021. – С. 199-206.
4. Лазаренко И.В., Федотов А.В. Система активного контроля для обрабатывающего центра // Известия вузов. Машиностроение. – 2012. – №. 12. – С. 21-25.
5. Молчанов Р.А., Кулебякин А.А., Порсев К.И. Проектирование обработки для фрезерного робота в среде Sprut CAM Robot v.14. // Мехатроника, автоматика и робототехника. №9,
6. Кулебякин А.А. Тяпкин Ю.А. Схват манипулятора. Патент РФ № 2347674, МПК В25J15/00, опубл. 27.02.2009. – С.1-6.

2.3.3

Е.Н. Леонов канд. техн. наук, А.П. Пожитков

ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,
Институт промышленных технологий и инжиниринга, кафедра электроэнергетики,
Тюмень, leonoven@tyuiu.ru, pozhitkovap@tyuiu.ru

КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0

Достижения в области технологий и развитие Индустрии 4.0 стали факторами развития умных сетей – Smart Grid (SG). В этой статье проведен анализ компонентов Индустрии 4.0 и их использования для управления электрическими сетями SG.

Ключевые слова: Интеллектуальные сети, Smart Grid, интернет вещей, киберфизические системы, облачные вычисления.

Введение

Технологии Индустрии 4.0 основаны на использовании интеллектуальных процессов как в промышленном производстве, так для интеллектуальных электрических сетей. Согласно исследованиям, например [1, 2], эти технологии должны привести к повышению надежности электроснабжения потребителей, энергосбережению, обеспечению предсказания спроса на электроэнергию, могут помочь в решении проблем обеспечения энергией потребителей при истощении энергоресурсов и связанным с этим ростом цен на электроэнергию.

Компоненты, формирующие SG обеспечивают четвертый этап развития промышленности – Индустрию интеллектуальных сетей 4.0, концепция и архитектура которой подробнее рассмотрена в [3, 4].

SG – это сложные, комплексные системы, состоящие из различных компонентов и ИКТ. Одними из основных компонентов Индустрии 4.0 являются Интернет вещей (IoT), аналитика больших данных (Big Data), киберфизические системы (CPS). Ниже приводится описание основных компонентов технологий, составляющих системы SG.

1. Интернет вещей (Internet of things (IoT)).

Сеть, соединяющая любой объект с Интернетом через протоколы обмена информации при мониторинге состояния, управлении и идентификации объектов различных интеллектуальных устройств, известна как Интернет вещей (IoT). В последние годы она стала центром исследований и позволила подключить к Интернету множество сетевых устройств, используемых в повседневной жизни. Технология IoT считается революционной, поскольку добавляет функциональность существующим сетям, позволяет им предоставлять технологии для критичных к скорости принятия решений областям [5].

Технология IoT играет ключевую роль в SG, поскольку обеспечивает эффективную передачу данных между различными компонентами SG. Предотвращение отключения электроэнергии и ограничение энергопотребления являются одними из основных приложений IoT в интеллектуальной сети. Интернет вещей и передовые технологии контроля состояния оборудования необходимы для повышения надежности электроснабжения, снижения последствий от внешних воздействий (в том числе стихийных бедствий), сокращения потерь электроэнергии. Для обеспечения успешную связь между потребителями и источниками в SG, требуются такие компоненты как: датчики, интеллектуальные счетчики энергии, интеллектуальные преобразователи, использующие солнечную / ветровую энергию, элементы управления состоянием сети, подстанциями и электрическими сетями и т.д. Все эти компоненты, взятые вместе, обеспечивают точную передачу данных в режиме реального времени.

2. Киберфизические системы (CPS).

CPS эффективно объединяет кибернетические и физические элементы. Идеальная CPS состоит из вычислительной системы, сетевых инструментов и физических компонентов (датчиков). Физические данные интеллектуальной сети отслеживаются контроллерами; подключая датчики через сеть связи, можно отслеживать общее состояние интеллектуальной сети и условия ее работы, датчики отправляют все соответствующие данные контроллерам для принятия управляющих воздействий [6].

SG объединяют инфраструктуру электрических систем (физические системы) и кибернетических системы (датчики, исполнительные механизмы и т.д.), как это показано на рис. 1, и демонстрируют характеристики CPS, такие как интеграция виртуального и реального миров в динамической среде, где различные сценарии из электросети (физической системы) передаются в CPS для настройки режима моделирования и определения того как физическая система будет функционировать в будущем с учетом влияния на неё управляющих воздействий. Технологии CPS позволяют интеллектуальной сети выполнять анализ и измерения в режиме реального времени для улучшения возможностей принятия решений и повышения надежности энергоснабжения, безопасности и снижения затрат.

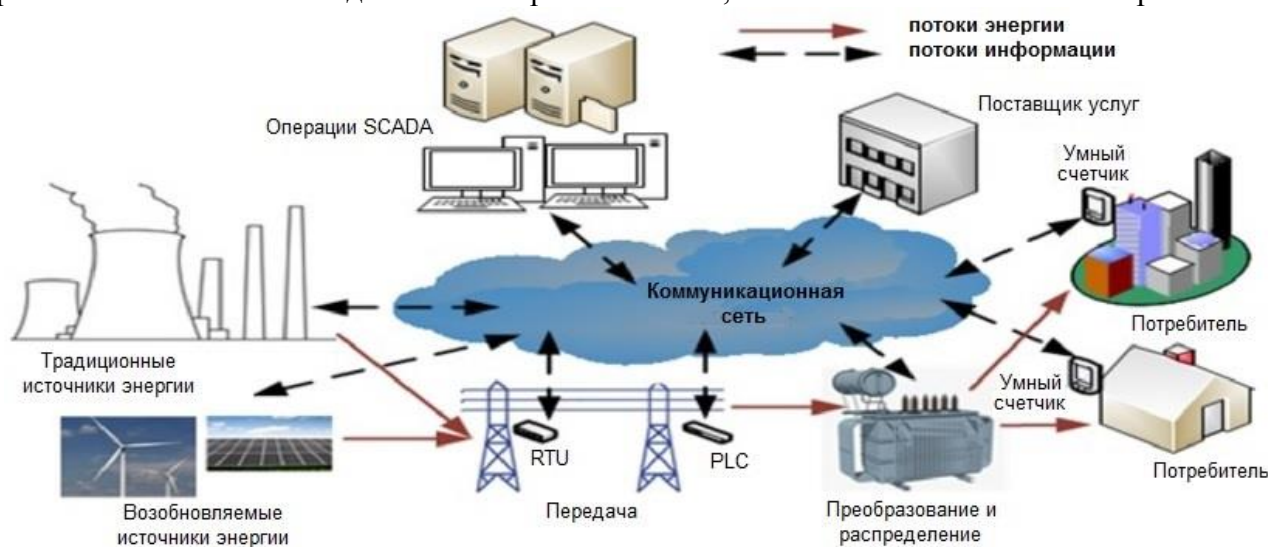


Рис. 1 – Киберфизическая система Smart grid с кибернетическими и физическими компонентами

3. Облачные вычисления.

Облачные вычисления предоставляют приложениям и службам возможность хранения и обработки данных через Интернет, объединяют ресурсы, устраняя необходимость в специализированных физических системах, и могут обеспечить более высокий уровень автоматизации [7]. Это, в перспективе, может дать три основных преимущества:

1. снижение затрат на инфраструктуру, поскольку ресурсы уже имеются;
2. аутсорсинг технического обслуживания, который снижает как затраты, так и риски;
3. масштабируемость и простота внедрения, поскольку обновления могут применяться без сбоев.

Облачные вычисления построены на предложениях «вещей» в виде услуг, что дает три основных модели облачных сервисов [8]:

а. Инфраструктура как услуга (IaaS): В этой модели виртуальная инфраструктура предоставляется в первую очередь для хранения большого объема пользовательских данных, а также как виртуальные машины, которые служат центрами обработки данных для сети.

б. Платформа как услуга (PaaS): Эта модель предлагает разработчикам ресурсы для разработки приложений и запуска их на виртуальных платформах. Поскольку облако обладает неограниченными ресурсами, это может упростить разработку программного обеспечения и расширить спектр приложений, которые могут быть разработаны для SG.

с. Программное обеспечение как услуга (SaaS): Эта модель предоставляет пользователям интерфейс для доступа к встроенным облачным приложениям. Это может дать доступ для

разработки приложений SG, которые предлагают пользователям ввод и выбор персональных настроек при распределении энергии, предоставляя им интерфейс для взаимодействия с сетью без установки приложений.

Облачные вычисления играют важную роль в обеспечении хранения и обработки данных SG в режиме реального времени. Они также снижают затраты, необходимые для расширения сети без ущерба для доступности, и в дальнейшем будут продолжать играть ключевую роль в развитии SG.

Заключение

Интеллектуальные сети по-прежнему быстро развиваются и адаптируются к новым условиям, обеспечивая переход на них с устаревших электросетей. Технологии связи и обработки данных также постоянно совершенствуются. Трудно предсказать, как будут выглядеть технологии в ближайшие десять-двадцать лет. Однако определенные направления исследований могут иметь важное значение для эволюции интеллектуальной сети.

Повышение автоматизации и децентрализации энергосистемы станет ключевой областью исследований в будущем. Технология Интернета вещей может создавать микросети, которые позволяют интеллектуальным счетчикам и подстанциям вносить изменения в конфигурацию на основе уровней потребления пользователями, погодных условий и других элементов прогнозирования без необходимости вмешательства человека или централизованного принятия решений.

Большинство технологий, используемых в SG, были разработаны для других целей приводит к тому, что SG придется адаптироваться к будущим технологическим требованиям. Стоит исследовать, как новые появляющиеся технологии, такие как нанотехнологии или робототехника, могут повлиять на развитие систем SG.

Список литературы

1. Шестернева, А.М. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях с применением интеллектуальных сетей Smart Grid / А. М. Шестернева, О. Н. Титаренко, Е. Г. Малюк // . – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 103-111.
2. Цифровизация электрических сетей АПК на платформе интернета энергии / Н. И. Цыгулев, В. К. Хлебников, В. А. Шелест [и др.] // Актуальные проблемы науки и техники. 2019 : Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 26–28 марта 2019 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 327-328.
3. Леонов, Е. Н. Архитектура интеллектуальных электрических сетей в индустрии 4.0 / Е. Н. Леонов, А. П. Пажитков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 160-163.
4. Яхьяев, Р.А. Архитектура интернета распределенной энергетики / Р. А. Яхьяев, Л. В. Бабина, Н. И. Цыгулев // Актуальные проблемы науки и техники. 2019 : Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 26–28 марта 2019 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 331-332.
5. Цуриков, Г.Н. Применение промышленного интернета вещей на объектах энергетики / Г. Н. Цуриков, И. А. Щербатов // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2018. – № 2. – С. 97-100.
6. D. Baimel, S. Tapuchi, N. Baimel Smart grid communication technologies-overview, research challenges and opportunities, in Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2016 International Symposium on, 2016, pp. 116-120.
7. Коновалов, Ю.В. Облачные вычисления и их роль в цифровизации электроэнергетики / Ю. В. Коновалов, А. Е. Вайгачев, Н. М. Левин // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – Т. 1, № 7. – С. 203-204.
8. Y. Ma, F. Zhao, X. Zhou, and Z. Gao, Summary of Cloud Computing Technology in Smart Grid, in 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 2018, pp. 253-258.

2.3.3

В.Л. Лучинкин, Р.С. Зарипова канд. техн. наук

Казанский государственный энергетический университет
Казань, zarim3@rambler.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОЦЕССА ПРОКАТА АВТОМОБИЛЕЙ**

В работе изучен процесс функционирования проката автомобилей с целью выявления процессов, нуждающихся в автоматизации. Рассмотрены общие и функциональные требования к программному обеспечению. Разработана модель программного продукта с помощью унифицированного языка моделирования UML. Разработано программное обеспечение.

Ключевые слова: *программное обеспечение, автоматизация, прокат автомобилей, база данных, бизнес-процессы.*

Современные технологии позволяют автоматизировать многие процессы, существенно повышая эффективность и точность работы. В автомобильной индустрии также существует множество возможностей для внедрения автоматизации, например, в процессе проката или обслуживания автомобилей. Разработка программного обеспечения (ПО) для автоматизации процесса проката автомобилей является актуальной задачей, которая позволит ускорить и упростить процесс обслуживания клиентов, снизить затраты на персонал и повысить уровень удовлетворенности клиентов [1]. В данной статье рассмотрим основные принципы и задачи, которые стоят перед разработчиками при создании программного обеспечения для автоматизации процесса проката автомобилей.

Сегодня многие люди осознанно относятся к приобретению автомобилей и больше склоняются к их аренде, поскольку иногда экономичнее и быстрее воспользоваться общественным транспортом. Помимо этого пользователю аренды автомобилей не нужно платить налоги и заботиться об обслуживании транспорта. Актуальность данной статьи заключается в необходимости использования информационных технологий для автоматизации процессов взаимодействия между клиентом и арендатором, а также для повышения выручки. Для достижения поставленных целей было решено разработать ПО, которое работает с данными клиента и рассчитывает прибыль. В ходе анализа основных задач со стороны клиента и арендодателя были выявлены следующие бизнес-процессы, требующие автоматизации:

1. Составление списка автомобилей. Арендодателю необходимо знать свободен ли автомобиль в данный момент, записывать данную информацию и только потом предоставлять ее клиенту. Это занимает большое количество времени, помимо этого арендодатель может допустить ошибку.

2. Отчет. Необходимо считать общую прибыль за месяц, определить даты начала и окончания аренды. Арендодатель будет вынужден проверять каждого клиента и непосредственно контактировать с ним, что отбирает довольно много времени как у клиента, так и у арендатора. Автоматизация данного процесса поможет без каких-либо проблем определить все эти данные через программное обеспечение и позволит сэкономить время.

3. Оформление заявок на оказание услуг. Могут быть утеряны бумажные договора, а также информация о клиентах. Для того, чтобы этого не случилось, вся информация записывается в базе данных. Автоматизация данного процесса позволит избежать ситуаций с потерей данных.

Автоматизация бизнес-процессов направлена на перепроектирование существующего процесса, чтобы сделать его более эффективным, упростить операции, улучшить связь,

уменьшить количество ошибок и затрат, а также снизить нагрузку на работников. Эти улучшения должны способствовать улучшению качества обслуживания клиентов, а также увеличению клиентской базы. На рис. 1 показано представление ПО с действиями клиента и арендодателя в формате UML диаграммы. На рис. 2 показана функциональная модель ПО в формате BPMN 2.0, где рассмотрены основные задачи со стороны клиента и арендодателя. На рис. 3 представлена диаграмма классов, состоящая из классов: Car – марка и тип машины, Client – данные о клиенте, RentalCar – оформление аренды автомобиля.

Средой разработки программного обеспечения выбран пакет Microsoft Visual Studio, так как приложение создается для электронно-вычислительных машин на платформе Windows. Visual Studio обладает широким функционалом, обильным арсеналом библиотек, расширений, которые хорошо оптимизированы для работы. Из массы обилия языков программирования был выбран язык C# из-за его синтаксиса и уровня гибкости работы. Удобность использования занимает немаловажную роль при написании приложения, и именно в данном случае можно выделить удобный и понятный интерфейс, который позволит пользователю сосредоточиться на создании ПО без каких-либо проблем [2].

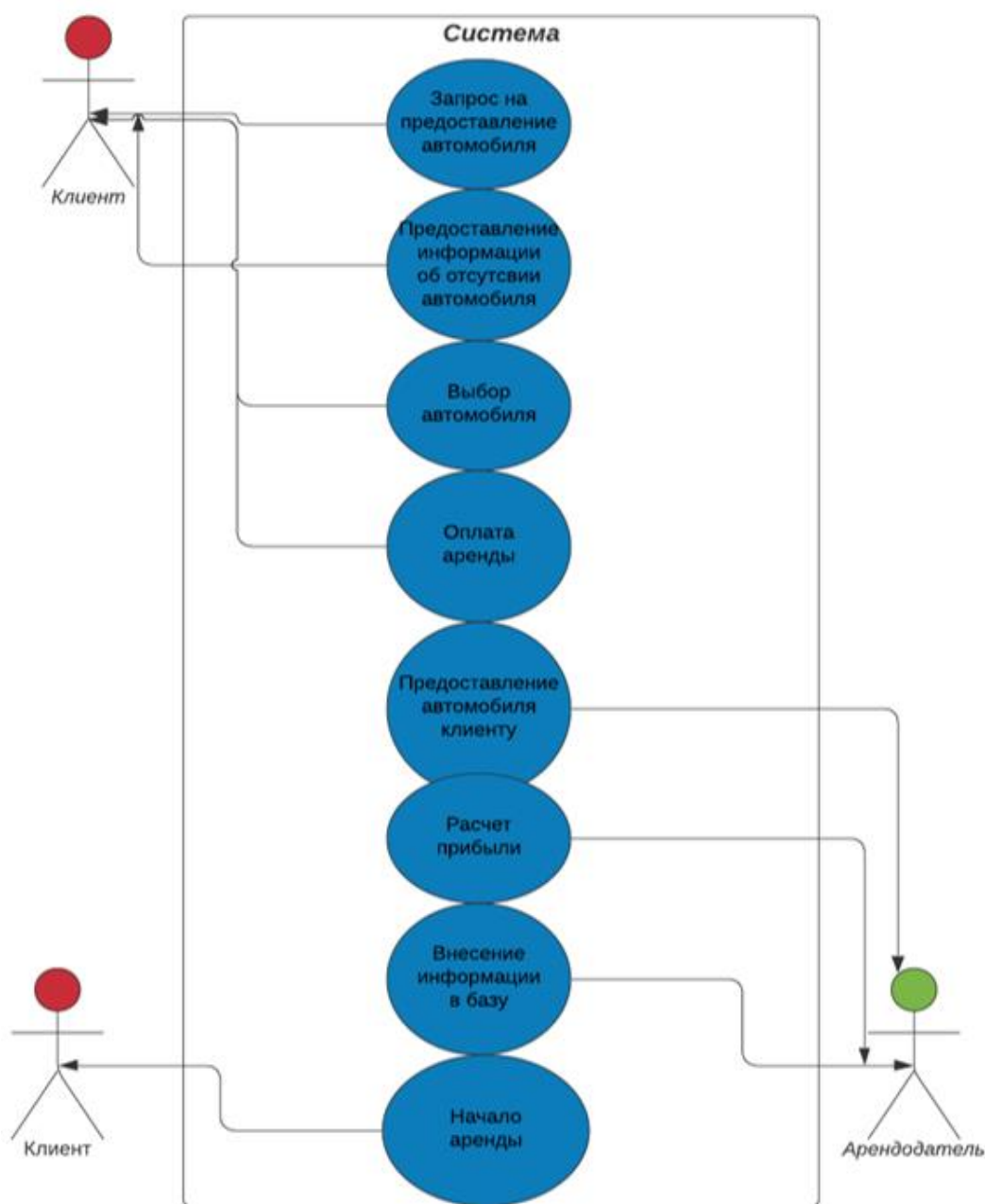


Рис. 1 – UML диаграмма

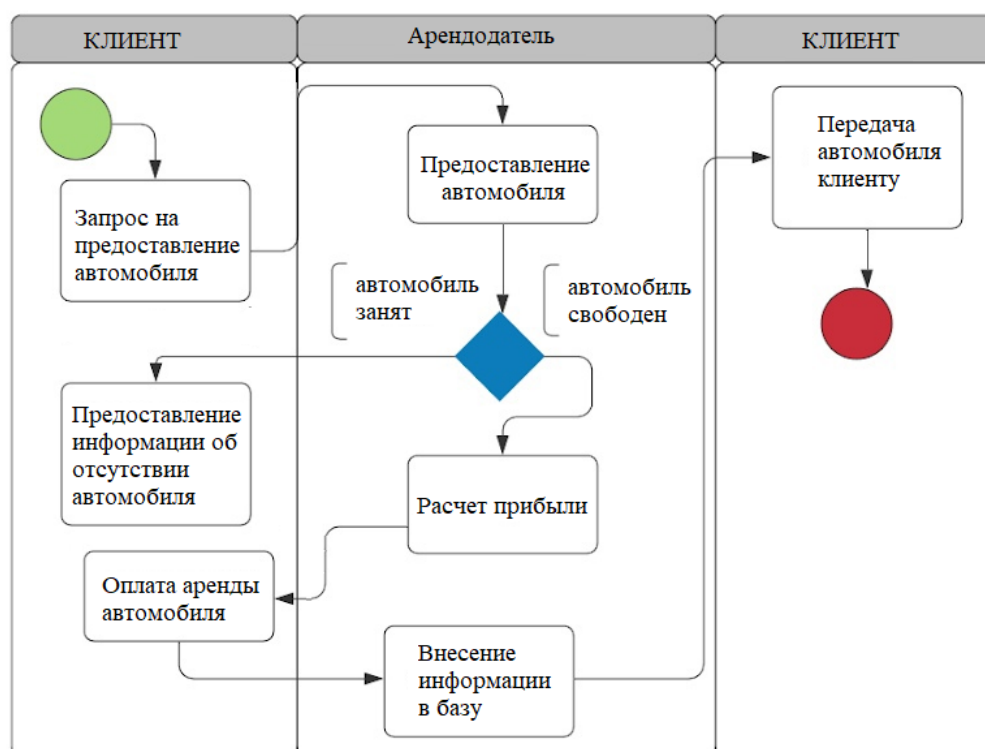


Рис. 2 – Описание функции ПО в формате BPMN 2.0

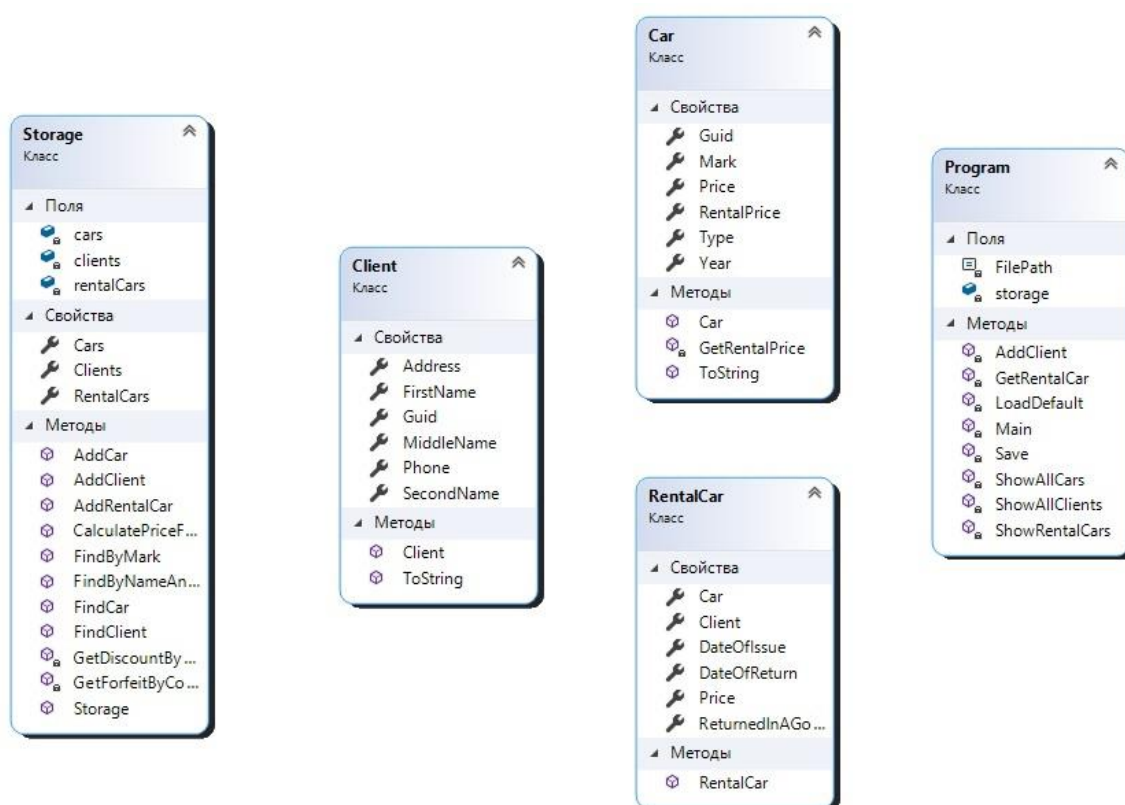


Рис. 3 – Диаграмма классов

Для реализации данного проекта нужно выбрать платформу для разработки ПО с открытым кодом и в данном случае используется .NET Core, которая идеально подходит под работу с открытым исходным кодом за счет своей гибкости, модульности и кроссплатформенности и благодаря которой разработчик может адаптировать программу под компьютеры на базе операционных систем Linux и macOS несмотря на то, что изначально она была выполнена именно под систему на Windows [3].

При использовании ПО пользователь должен ввести данные клиента, а именно ФИО клиента, номер телефона арендатора, адрес, марку автомобиля, срок на который арендуется автомобиль. Следовательно, для реализации идеи необходимо использовать базу данных, чтобы хранить и редактировать все значения [4]. А для ввода данных в базу данных используется пользовательский интерфейс в виде консольного приложения. Для хранения используемых данных и плотную интеграцию с ними представленная программа будет интегрироваться с MySQL, разработчиком которой выступает Oracle. Данный выбор обусловлен его надежностью, гибкостью и простотой в использовании. За счет того, что библиотека `MySql.Data.MySqlClient` является встроенной в Visual Studio, это гарантирует полное лицензионное право на использование. MySQL позволяет просматривать, создавать, редактировать данные и таблицы без какой-либо серьезной нагрузки на выбранную систему.

Обеспечение цифровой безопасности и конфиденциальности данных клиентов является одной из важнейших задач в процессе разработки ПО для автоматизации процесса проката автомобилей. Системы, которые используются для работы с данными клиентов, должны быть защищены от несанкционированного доступа и взлома, а также от утечек информации. Для обеспечения цифровой безопасности и конфиденциальности данных клиентов необходимо применять различные технологии и методы, такие как шифрование данных, контроль доступа, мониторинг системы и т.д. Кроме того, важно убедиться, что персонал, работающий с данными клиентов, имеет доступ только к необходимой информации и соблюдает правила безопасности. Нарушение конфиденциальности данных клиентов может привести к серьезным последствиям для бизнеса, таким как потеря доверия клиентов и репутации компании, а также юридические проблемы. Поэтому обеспечение цифровой безопасности и конфиденциальности данных клиентов является необходимым условием для успешной работы в сфере проката автомобилей. При использовании разработанного ПО будет осуществлена авторизация к базам данных через консоль, чтобы пользователь сам мог вводить данные в виде логина и пароля для дальнейшей работы, а также для большей безопасности своих данных.

Таким образом, в результате проведенных исследований были определены функциональные требования к программному обеспечению, целью которого является автоматизация бизнес-процессов аренды автомобиля, а также разработана сама модель программного обеспечения. Преимуществами модели являются оптимизированные рабочие процессы, снижение рисков и затрат, повышение согласованности и качества обслуживания, а также более эффективное взаимодействие с клиентами.

Список литературы

1. Зарипова Р.С., Чупаев А.В., Хаматгалеева Г.А. Автоматизация процесса управления взаимоотношениями с клиентами / Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 4-3. С. 38-43.
2. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Влияние цифровизации на экономику предприятия / Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2-4. С. 12-16.
3. Нуриев М.Г., Салимов Р.И. Физическое моделирование помехоустойчивости электронных средств автомобиля при воздействии контактной сети электротранспорта / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): сб. трудов Международной научно-технической конференции. Самарский научный центр РАН. Самара, 2017. С. 677-680.
4. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Хамидуллина Ф.Р., Арбузова М.В. Внедрение цифровых технологий как фактор повышения эффективности работы транспортно-логистических систем / International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11. № 2. С. 100-114.

2.3.3

Си Ту Тант Син канд. техн. наук, А.В. Чирков

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Институт системной и программной инженерии и информационных технологий
(Институт СПИНТех),
Зеленоград, Москва, sithuthantsin86@gmail.com, andrewchirckov@gmail.com

**ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ЗАДАЧ ДВУМЕРНОГО РАСКРОЯ
С ОГРАНИЧЕНИЯМИ**

В статье предлагается кооперативная процедура решения двухэтапной двумерной задачи раскроя (ДДЗР). Предлагаемое решение ДДЗР включает два ключевых алгоритма: стратегию поиска и быструю процедуру заполнения. Стратегия поиска использует лучевой метод поиска, а вторая стратегия использует процедуру локального заполнения для улучшения качества полученных решений. Предложено интегративный алгоритм лучевого поиска, основанный на стратегии поиска в сочетании с процедурой генерации полос.

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, задача раскроя, динамическое программирование, проблема с рюкзаком, оптимизация.

Двумерная задача раскроя (ДЗР) в общем случае заключается в разрезании исходной прямоугольной заготовки S размером $L \times W$ на меньшие по размеру прямоугольные части — детали, каждая из которых относится к одному из заранее заданных n типов. Граница размещения детали может находиться как в произвольном месте, так и требовать совпадения с границей рисунка — в таком случае для каждой детали может потребоваться дополнительная стадия обрезки [1]. Кроме того, могут рассматриваться различные целевые функции: минимизация количества разрезов, минимизация неиспользованного материала и т.п.

В данном исследовании рассматривается задача максимизации суммарной цены всех вырезанных из S деталей, если для каждого типа деталей заданы не только размеры, но и цена; при этом количество деталей ограничено сверху спросом на них. Считается, что деталь не может быть развёрнута, а дополнительной стадии обрезки не требуется. При этом раскрой производится в два этапа, что соответствует двухступенчатой двумерной задаче раскроя (ДДЗР): а) вначале заготовка S делится на набор параллельных полос (для определённости считаем их горизонтальными); б) затем каждая такая полоса отдельно рассматривается и нарезается на детали. При этом каждый разрез проходит от одного из краёв прямоугольника (заготовки S или отрезанной от неё части) до противоположного параллельно двум другим краям.

Впервые ДДЗР была сформулирована Гилмором и Гомори [2] и до сих пор остаётся актуальной; на практике используются не только точные методы решения ДДЗР, но и приближённые: для ДДЗР без ограничений известно множество решений: как приближённых, так и точных [5]. Наиболее эффективным представляются эвристические алгоритмы приближённого решения ДДЗР с ограничениями на основе лучевого поиска, предложенные Хифи [3, 4]:

В данной статье предлагается интегративный алгоритм, совмещающий GBSA и модифицированный ESGA для решения ДДЗР с ограничениями.

Методология решения задачи ДДЗР с ограничениями и используемые алгоритмы

Исходная заготовка S — прямоугольник размером $L \times W$. Множество типов деталей обозначим как $I = \{1, \dots, n\}$. Деталь каждого из типов $i \in I$ характеризуется размерами $l_i \times w_i$ и ценой c_i ; также для каждого типа $i \in I$ деталей задано значение спроса b_i , ограничивающее количество деталей типа i сверху.

Все величины L , W , l_i , w_i и b_i будем считать неотрицательными целыми числами. Деталь не может быть развёрнута, таким образом, l_i и w_i не меняются местами; стадии обрезки не требуется — линия разреза совпадает с границей детали. Число различных возможных ширин w_i обозначим r .

Для определённости и следуя работе Хифи [4] считаем, что на этапе а) заготовка S разрезается на несколько горизонтальных полос шириной L и различными высотами — обозначим w_p высоту полосы p . На этапе б) полоса размером (L, w_p) разрезается на детали, причём высота детали w_i может быть меньше w_p . Обозначим $I_p \subseteq I$ множество индексов деталей, которые могут быть размещены в полосе: $I_p = \{k \mid w_k \leq w_p, k \in I\}$.

Генератор решений для перебора выстроен в обратном порядке: вначале из деталей выстраиваются возможные полосы (б), затем они объединяются во вписанный в S прямоугольник (а).

Генератор полос представляет собой процедуру, используемую для построения набора горизонтальных (в другой постановке задачи, возможно, вертикальных) полос. Для заданного размера полосы (L, w_p) процедура генерирует разрезы, решая задачу максимизации общей цены деталей:

$$\sum c_i x_{ip} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где x_{ip} — количество деталей типа i в полосе; очевидно, оно ограничено сверху общим количеством деталей типа i в заготовке, а оно, в свою очередь, спросом:

$$0 \leq x_{ip} \leq b_i, \quad (2)$$

причём ненулевые значения x_{ip} возможны только при $i \in I_p$.

Положим для простоты расчёта, что даже при $w_i \leq w_p/2$ детали в полосе располагаются в один ряд, тогда

$$\sum l_i x_{ip} \leq L. \quad (3)$$

Задача оптимизации (1) с учётом ограничений (2) и (3) аналогична задаче о ранце. Соответственно, генератор полос, рассчитывает все возможные полосы ширины не больше заданной: $w_k \leq w_p$, решая (1) – (3) методом динамического программирования.

Цель процедуры заполнения (ПЗ) состоит в том, чтобы выбрать лучшие полосы для заполнения рассматриваемого подпрямоугольника и, в частности, исходного прямоугольника S . Для поиска наилучшего заполнения путём последовательного уточнения и построения дерева решений используется метод лучевого поиска (ЛП) — эвристическое обобщение метода ветвей и границ [6]. Если метод ветвей и границ рассматривает все возможные решения (узлы дерева решений), отбрасывая только заведомо не приводящие к оптимальному, то в классическом методе лучевого поиска из всех возможных уточнений текущего узла при помощи эвристики выбирается заданное число δ (ширина луча) наиболее перспективных дочерних узлов (так называемый луч); в дальнейшем уточняя только их. Таким образом, дерево решений, построенное при помощи лучевого поиска, является частью дерева решений метода ветвей и границ, то есть, лучевой алгоритм ускоряет процесса поиска.

Узлом дерева решений, то есть решением для ДДЗР будет пара подпрямоугольников $(L, W - Y)$ и (L, Y) , где $Y \leq W$. Подпрямоугольник $(L, W - Y)$ уже заполнен полосами с деталями, а подпрямоугольник (L, Y) ещё предстоит заполнить. Если (L, Y) невозможно заполнить, не нарушая ограничений — в частности, если $Y < \min(w_i)$ — узел $\{(L, W - Y), (L, Y)\}$ будет листом дерева решений и не подлежит дальнейшему уточнению; будем называть его глобальным или полным решением.

Если (L, Y) можно заполнить, то есть в (L, Y) можно разместить некоторую полосу (L, β) , которая является решением (1) – (3) и где $\beta \leq Y$, $\beta \in \{w_1, \dots, w_n\}$, то полученная путём добавления этой полосы пара подпрямоугольников $\{(L, W - Y + \beta), (L, Y - \beta)\}$ будет дочерним узлом $\{(L, W - Y), (L, Y)\}$. Узел $\{(L, W - Y), (L, Y)\}$ в этом случае будем называть частным или уточняемым решением. Для корректного поиска необходимо хранить как полученные полные решения, так и набор частичных решений, уточняемых на каждом шаге (луч). Классический лучевой поиск предполагает на каждом шаге расчёт всех возможных дочерних узлов луча, их последующее эвристическое оценивание и выбор δ наиболее перспективных узлов. Соответственно, эвристика лучевого поиска ДДЗР разрабатывается так, чтобы генерировать только δ дочерних узлов.

Предлагаемый в статье интегративный алгоритм является улучшенной версией алгоритма, предложенного в [4], и включает два изменения: процедуру заполнения полосы, реализованную с использованием динамического программирования; улучшенный алгоритм лучевого поиска (Global Beam-Search Algorithm, GBSA).

В предлагаемой реализации метода лучевого поиска перед расчетом дочерних узлов для выбранного $\{(L, W - Y), (L, Y)\}$ следует:

1. Обновить верхние границы для количества деталей каждого типа i , $i \in I$ с учётом спроса и уже размещённого в $(L, W - Y)$ количества деталей (рассчитать остаточный спрос).
2. Сгенерировать n возможных полос, решив (1) – (3) с использованием обновленных значений спроса.
3. Для каждой возможной ширины w_p выбрать одну из полос ширины w_p , сгенерированных на шаге 2.
4. Для каждой полосы (L, w_p) , $w_p \leq Y$:
 - a) упаковать полосу (L, w_p) в подпрямоугольник (L, Y) ;
 - b) получить новый узел $\{(L, W - Y + w_p), (L, Y - w_p)\}$;
 - c) выделить, используя δ параметр луча и локальный путь поиска или глобальную верхнюю границу для дополнительного подпрямоугольника $(L, Y - \overline{w_p})$
 - d) применить процедуру заполнения ESGA к $(L, Y - \overline{w_p})$ и обновить значение нового глобального узла ρ .

Шаг 4 с использует альтернативную верхнюю границу, локальную или глобальную. Глобальная оценка сверху получается (для каждого подпрямоугольника (L, α) , $\alpha = 0, \dots, W$) путем решения следующей задачи о рюкзаке со значением $U_{(L, \alpha)}$:

$$\max \left\{ \sum_{j=1}^n f_{w_j}(L) z_j \mid \sum_{j=1}^n w_j z_j \leq \alpha, z_j \leq b_j, j \in I \right\}, \quad (4)$$

где $f_{w_j}(L)$ — выгода от общей полосы (L, w_j) , а z_j — количество вхождений этой полосы (L, α) , значение $U_{(L, \alpha)}$ получается при решении указанной выше задачи с $\alpha = W$.

Предложенная процедура решения использует верхнюю границу локального пути в дереве поиска, которую можно получить для текущего выбранного узла и его дочерних элементов. Получение этой верхней границы требует также решения вышеупомянутой задачи о рюкзаке с использованием динамического программирования. В этом случае становится актуальным остаточный спрос, а значение ширины α устанавливается равным $(Y - \beta)$.

Результаты вычислений

Эффективность предложенных алгоритмов проверена на 22-ух крупномасштабных экземплярах, взятых из [1]. Все подходы были реализованы на C++ и протестированы на Pentium IV Centreno 1,6 ГГц, отрегулированном до 2,8 ГГц и 512 МБ. Известно, что при использовании алгоритмов для задач оптимизации различные настройки параметров приводят к результатам разного качества. Предлагаемая процедура включает: значение, связанное с лучом; значение частоты, связанное с использованием верхней границы альтернативного локального пути в дереве поиска. Изменение настройки параметров метода

привело бы к высокому проценту хороших решений, но при этом к увеличению времени выполнения.

Заключение

В данной работе рассмотрена двухэтапная задача двумерного раскроя с ограничениями. Предложен интегративный алгоритм лучевого поиска, основанный на стратегии поиска в сочетании с процедурой заполнения. Эксперименты, проведенные на разных экземплярах среднего и большого размера, показывают, что алгоритмы конкурентоспособны и способны давать хорошие решения за разумное время выполнения.

Список литературы

1. *Ramón Alvarez-Valdes, Rafael Martí, Jose M. Tamarit, Antonio Parajón*, GRASP and Path Relinking for the Two-Dimensional Two-Stage Cutting-Stock Problem, *INFORMS Journal on Computing*, 2007, Vol. 19, No. 2, pp. 149–312.
2. *Gilmore, P.C., and Gomory, R.E.*, Multistage cutting problems of two and more dimensions, *Operations Research*, 1965, Vol. 13, pp. 94–119.
3. *Hifi, M. and M'Hallah, R.*, Strip generation algorithms for two-staged two-dimensional cutting stock problems, *European Journal of Operational Research*, 2006, Vol. 172, pp. 515527.
4. *Ганс Келлерер, Ульрих Пферши, Дэвид Писингер*, Проблемы с рюкзаками, Springer, 2004, ISBN: 978-3-642-07311-3.
5. *Ой, П.С. и Мортон Т. Е.*, Поиск отфильтрованного луча при планировании, *Международный журнал производственных исследований*, том. 26, стр. 297–307.
6. *Р. М. Колпаков, М. А. Посыпкин и Си Ту Тан Син*, Сложность решения задачи о сумме подмножеств методом ветвей и границ с фильтрацией по доминированию и мощности, *Автоматизация и дистанционное управление*, 2017, № 3, с. 96–110.

2.3.3

А.Ю. Хабибуллин¹, Л.А. Симонова¹ д-р техн. наук, И.П. Балабанов² канд. техн. наук

¹Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра автоматизации и управления,
Набережные Челны, ayaz.khabibullin@mail.ru

²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ,
кафедра конструирования и технологии машиностроительных производств

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ТРАФИКА ДАННЫХ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ЖГУТАХ

В данной работе проведен сравнительный анализ известных способов использования методов искусственного интеллекта для сокращения трафика данных в автомобильных жгутах, на примере высокоскоростного сетевого протокола FlexRay, в условиях растущего количества разнообразных датчиков автомобиля и неизменяющийся пропускной способности CAN-шины. В этой связи было выделено несколько, наиболее часто подвергающихся внедрению в систему FlexRay, методов искусственного интеллекта. В частности, были рассмотрены классический метод работы системы с помощью планируемости (scheduling method), метод жадной эвристики (greedy algorithm), метод имитации отжига (simulated annealing), метод генетических алгоритмов (genetic algorithm), а также сделан вывод о наиболее оптимальном способе решения данной проблемы.

Ключевые слова: проводка автомобиля, жгуты проводов, искусственный интеллект, коммуникационная шина, CAN, FlexRay, генетические алгоритмы, жадные алгоритмы, метод имитации отжига, метод планирования.

Введение. Современный автомобиль оснащается все большим количеством датчиков, необходимых для мониторинга состояния его функциональных блоков и передачи управляющих команд. Для связи узлов с управляющим устройством обычно используются медные провода. В автомобилях количество контролируемых сигналов довольно большое, и для компактности конструкции, а также удобства обслуживания используются кабельные жгуты. При этом, количество периферийных узлов автомобиля продолжает расти, а вместе с ним и поток данных, который передается между этими узлами и управляющим устройством. Это приводит к тому, что скорость передачи данных приближается к максимальной, которую может обеспечить пропускная способность CAN-шины.

Существуют научные работы по применению в сетевых протоколах CAN-шины методов искусственного интеллекта, с целью увеличения пропускной способности информационного канала, и, хотя основные методы передачи информации по CAN-шине автомобиля на сегодняшний день довольно широко изучены, потенциал методов искусственного интеллекта для решения задач по уменьшению трафика через нее все еще остается не до конца решенным, особенно по использованию методов искусственного интеллекта для сокращения трафика.

Результаты. На основе сравнительного анализа источников определено, что наиболее адаптивной к экспериментам по внедрению методов искусственного интеллекта стала управляемая по времени архитектура, обеспечивающая вычислительную инфраструктуру для проектирования и внедрения надежных распределенных встраиваемых систем FlexRay.

Так, например, в [1] Поп и др. приводят анализ планируемости, представленный на Рис. 1 (а). На первом этапе приложение разбивается на кластер, запускаемый по времени и кластер, запускаемый по событию, а процессы сопоставляются с узлами архитектуры

(сопоставление). На втором этапе отображение сообщений объединяется в пакет для передачи на шину (упаковка пакетов). На последнем этапе определяется время освобождения задач и время отправки сообщений (планирование времени). Для каждого шага заданный набор параметров приводит к выяснению, является ли система планируемой, то есть, соблюдены ли все временные ограничения. Если применение на одном из этих шагов является незапланированным, то набор параметров должен быть изменен до получения приближенного оптимального решения. В целом, основанный на механизме описанного выше подхода, алгоритм стремится найти только локально оптимальные решения. Авторы статьи [2] предложили стратегию оптимизации упаковки кадров, одна которая основана на методе имитации отжига (ИО) и представлена на Рис. 1 (б).

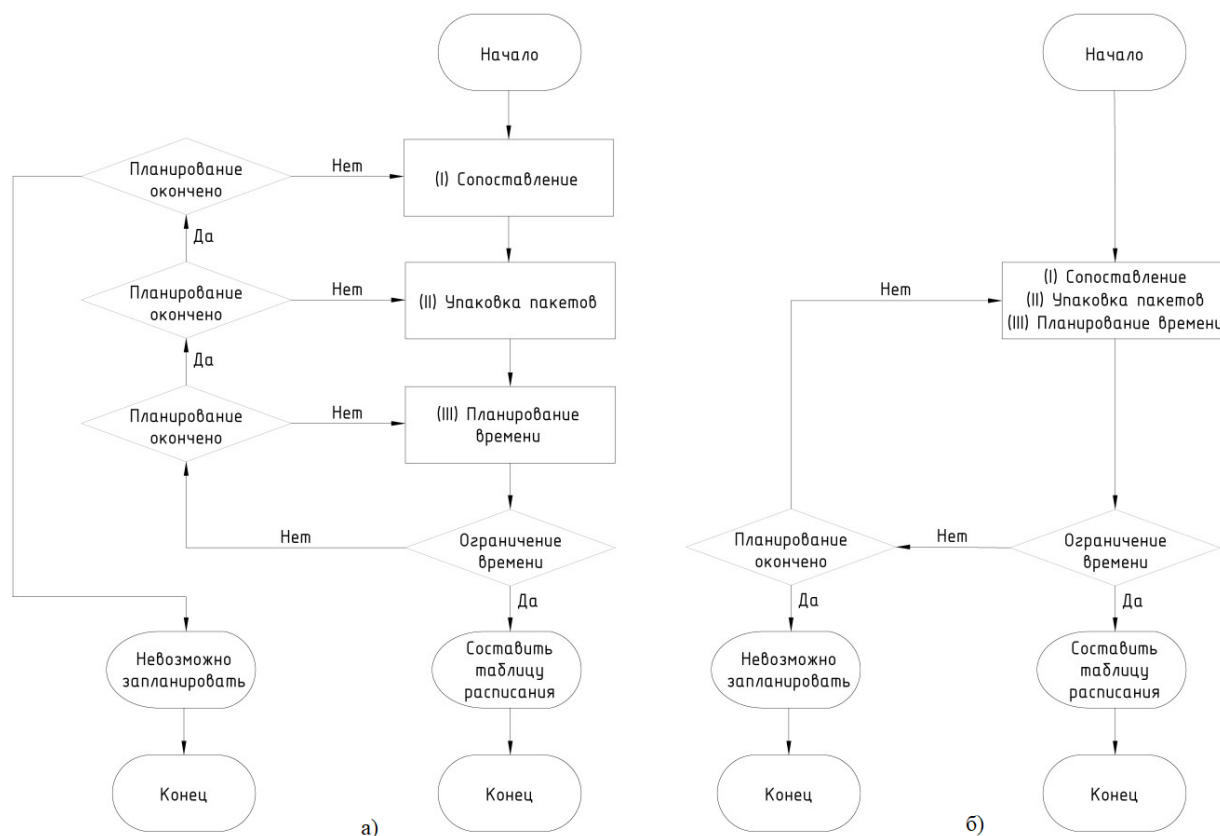


Рис. 1 – Сравнение методов планирования: (а) Метод, предложенный П. Попом и др., (б) Метод предложенный Н.Мураками и др.

В случае оптимизации, основанной на методе ИО, для различных датчиков, процессоров и исполнительных устройств с разным периодом выполнения необходимо разрабатывается эффективный метод планирования статического отрезка коммуникационного цикла в FlexRay системе.

В статье [3], Шаном и другими был предложен более практичный и гибкий подход к методу статического планирования для распределенной автомобильной системы управления, который заключается в использовании генетических алгоритмов (ГА).

В сравнении с жадной эвристикой и методом имитации отжига, алгоритм планирования на основе ГА выглядит более эффективно для систем FlexRay, где система CAN, рассматривается как узел FlexRay. Это достигается, в том числе и тем, что авторы предполагают, что все процессы, принадлежащие графу процессов, могут иметь разностные периоды. Преимущества подхода на основе ГА во многом зависят от того, насколько хорошо различные компоненты ГА учитывают характерные особенности проблемы их использования, например, рассмотренной в статье [4] Люнгом и другими. Чтобы оценить эффективность своего подхода, авторы статьи [3] выбрали репрезентативный метод критического моделирования в качестве примера.

При этом авторы статьи [3] уделили большое внимание методам совместного проектирования аппаратного и программного обеспечения. Они учли в своей работе также результаты статьи [5], где Бек и Северек изучали проблему конфигурирования, состоящую из двух разделов: задание аппаратных мощностей процессорных элементов и статическое распределение между ними программных задач.

Так, один из предложенных авторами статьи [3], на основе ГА заключается в отборе, и представлен на Рис. 2. С помощью функции оценки находятся различные значения пригодности пакетов информации, которые потом представляются в виде особей. Особи в популяции сортируются по их приспособленности, поэтому первая особь является лучшей в текущем поколении, но при этом все особи отбираются для спаривания. Затем выполняется кроссовер к определенному индивидууму следующего поколения с заданным размером популяции. В случае, если минимальное значение приспособленности особей в следующем поколении больше, чем у их родителей, минимальная приспособленность родительской особи будет скопирована его потомству.



Рис. 2 – Операция отбора

Результаты экспериментов показывают, что ГА можно применять к системам такого рода как FlexRay, чтобы найти более оптимальное решение, чем способен найти алгоритм имитации отжига, и, соответственно, лучше, чем алгоритмы, основанные на методах жадной эвристики. Практическая же реализация такого способа показывает, что в сравнении, например, с методом на основе ИО, возможно сокращение сетевого трафика более чем на треть, в частности, авторы работы приводят цифру в 36.3%.

Выводы. Все проанализированные работы были направлены на сокращение трафика в жгутах автомобилей при помощи методов искусственного интеллекта.

В статье [1] было предложено передавать информацию путем разбиения данных на кластеры, запускаемые по событию и по времени, однако такой способ функционирует на основе лишь локально-оптимальных решений, что относит его к методу жадной эвристики.

В работе [2] был предложен метод имитации отжига, способный в отличие от метода жадной эвристики «жертвовать» локально-оптимальными решениями в пользу глобальных, однако его основное ограничение, в виде сложности настройки параметров управления является существенным препятствием для физической реализации системы на базе такого подхода.

Генетический алгоритм, предложенный в качестве оптимального решения проблемы в статье [3], функционирующий совместно с CAN-шиной, которая в свою очередь рассматривается как узел всей системы FlexRay – наиболее подходящее решение проблемы.

Заключение. На основе сравнительного анализа было определено, что наиболее подходящим для решения задачи оптимизации передачи данных в жгутах автомобилей, стали генетические алгоритмы. Рассмотрение CAN шины в качестве узла общей системы, в совокупности с настройками элементов ГА, таких как выборка, скрещивание и мутация привели авторов статьи [3] к оптимальной структуре системы. Экспериментальные результаты работы [3] показывают, что предложенный метод планирования значительно сокращает сетевой трафик по сравнению, например, с подходом, предложенным в работах [1,2].

Список литературы

- 1 P. Pop, P. Eles, and Z. Peng, «Schedulability-driven frame packing for multi-cluster distributed embedded systems» ACM Trans. Embedded Computing Systems, vol.4, no.1, pp. 112-140, 2005.
- 2 N. Murakami, S. Iiyama, H. Takada, M. Kido, and I. Hosotani, «A static scheduling method for distributed automotive control systems» Trans. IPSJ Advanced Computing Systems, vol.48, no.SIG8 (ACS18), pp. 203-215, May 2007.
- 3 Shan DING, Nonmember, Hiroyuki TOMIYAMA, and Hiroaki TAKADA, Members «An Effective GA-Based Scheduling Algorithm for FlexRay Systems» IEICE TRANS. INF. & SYST., vol.e91-d, no.8, pp. 2115-2123 August 2008.
- 4 Y. Leung, G. Li, and Z. Xu, «A genetic algorithm for the multiple destination routing problems» IEEE Trans. Evol. Comput., vol.2, no.4, pp. 150-161, Nov. 1998.
- 5 J.E. Beck and D.P. Siewiorek, «Automatic configuration of embedded multicomputer systems» IEEE Trans. Comput. -Aided Des. Integr. Circuits Syst., vol.17, no.2, pp. 84-95, 1998.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.

2.3.5

В.И. Виноградов канд. физ.-мат. наук, Т.Б. Волкова канд. физ.-мат. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра математической кибернетики,
Москва, vvinogradov@inbox.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СРЕДНЕСРОЧНОГО АРХИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

В работе представлены результаты исследования и разработки информационной системы хранения файлов формализованных в XML-формате и неформализованных электронных документов, хранящихся в базе данных, поддерживающей реляционную и документно-ориентированную модели и обеспечивающей атрибутный и полнотекстовый поиск.

Ключевые слова: *формализованный электронный документ, неформализованный электронный документ, XML-файл, усиленная электронная подпись, документооборот.*

1. Введение

При электронном документообороте (ЭДО) между хозяйствующими субъектами (B2B) широко распространена передача документированной информации в XML-файлах, согласованных форматов с электронной подписью, а также неформализованных документов различных видов, содержащих текстовые и графические данные. Представление информации в XML-файлах удобно для ее компьютерной обработки. Форматы для каждого типа XML-документов формализуют состав и синтаксис передаваемой информации. Для автоматизированного контроля соответствия файлов формализованных документов форматам используется технология XML Schema Definition (XSD), стандартизированная WWW Consortium (W3C).

Из файлов неформализованных документов для обеспечения полнотекстового поиска требуется извлекать текстовую информацию путем преобразования или распознавания в случае графического представления тапкой текстовой информации и сохранения ее в специализированных текстовых полях документа.

Электронные подписи XML-документов, хранятся в отдельных файлах и позволяют решать проблемы авторства и целостности передаваемых абонентами электронных документов. В настоящей работе рассматривались так называемые усиленные электронные подписи, полученные с использованием криптографических преобразований содержимого подписываемого документа. Для обеспечения среднесрочного доверия к электронным подписям необходимо, чтобы такие электронные подписи содержали метки времени, получаемые в доверенных службах TSP (Time Stamp Protocol).

2. Основные функции информационной системы и типы источников документов

Система хранения электронных документов «Баланс-2: Клиент ЭДО» позволяет сохранять в своей базе данных файлы электронных документов, включая формализованные XML-файлы и неформализованные файлы различных форматов, файлы их электронных подписей, а также метainформацию. Файлы электронных документов могут быть получены из следующих источников:

- из систем операторов электронного документооборота (ЭДО), загруженные непосредственно из них, например, с использованием доступа через SOAP или REST API или из файлов ранее выгруженных специализированными коннекторами и сохраненные на диске;

- файлы скан-копий бумажных документов;

- внутренние документы, которые были созданы и подписаны электронными подписями непосредственно в разрабатываемой системе.

Файлы скан-копии бумажных документов могут быть загружены и распознаны в системе.

Различают различные типы формализованных документов. Форматы для каждого такого типа XML-файлов определяются XSD-схемами, которые могут модифицироваться в соответствии с изменениями требований контролирующих государственных органов. В настоящее время система позволяет работать со следующими типами XML-файлов: УПД (счета-фактуры), накладные ТОРГ-12, акты сдачи-приемки работ и услуг. Файлы УПД сопровождаются набором связанных с ними файлов, создающихся при их обмене (или документообороте), включающими XML-документ подтверждения оператора ЭДО о дате передачи документа. В ближайшей перспективе можно ожидать появление еще 10 – 20 типов формализованных XML-документов. Состав данных таких формализованных документов включает следующий набор данных:

$D = \{F, T, Meta, P\}$ – электронный документ, включающий

$F = \{<FSource, FSign>\}$ - один или два исходных XML-файлов документа или один файл неформализованного документа и файлы электронных подписей формата PKCS#7 под каждым исходным XML-файлом документа,

$T = \{<Txml, TSign>\}$ – несколько или ни одного XML-файлов, подтверждающих обмен исходным документом между контрагентами, и файлы электронных подписей формата PKCS#7 под каждым подтверждающим обмен файлом;

$Meta = \{Mi\}$ – метаданные о документе, являющаяся набором данных о документе, хранящаяся в БД или в дополнительных файлах, содержащая такие данные как, номер и дата документа, тип или подтип документа, дата-время отправки и получения документа, файл протокола внутреннего согласования документа отправителем и другие показатели, которые являются определяющими при атрибутом поиске или дополняют сведения об электронном документе;

P – файл печатной копии электронного документа со сведениями об электронных подписях для удобства представления сведений о документе третьим лицам, не имеющим специализированных систем для работы с такими электронными документами. Обычно такой файл является файлом в формате PDF.

Рассматриваемая в данной статье система является клиентом нескольких систем операторов ЭДО с хранением документов в локальной базе данных, реализованной на базе MS SQL Server 2014 или выше. Основными функциями такой системы являются (рис.1):

- работа со справочниками, такими как справочник организаций (хозяйствующих субъектов) пользователя, справочник контрагентов, справочник типов документов, справочник XSD-схем формализованных документов, справочник источников и статусов документов и другие;

- мастер начала работы для начального заполнения справочника организаций, профиля организаций пользователя и начального скачивания документов из системы оператора ЭДО Контур.Диалог;

- получение и отправка документов через web-сервисы систем операторов ЭДО таких как Контур.Диалог, СБИС.Электронный документооборот, Астрал.ЭДО с использованием API-методов;

- загрузка с диска файлов электронных документов D ;

- проверка валидности XML-файлов на соответствие требуемой XSD-схеме;

- формирование и сохранение в БД печатных PDF-копий формализованных XML-документов и неформализованных документов, хранящихся в PDF-, DOCX- или других типах файлов, со сведениями об электронных подписях исходных файлов;
- загрузка скан-копий бумажных документов и их распознавание, т.е. извлечение текстового содержимого из них;
- автоматизированное извлечение метаданных Meta из текстового содержимого документа, а также возможность ее ручного ввода и корректировки;
- формирование и проверка электронных подписей, включая подписание электронной подписью с TSP и проверку юридической значимости и валидности сертификатов подписания и цепочки доверия электронных подписей;
- изменение статусов документов;
- формирование описи документов, хранящихся в базе данных, а также определения согласованности и полноты хранимых файлов в комплекте документа D, и сохранение описи в файле;
- поиск в локальной базе данных электронных документов, включая как поиск по структурированным полям в БД, так и полнотекстовый поиск по текстам документов;
- отбор найденных документов в «портфель» и выгрузка их в файлы или отправка по месту требования;
- обеспечение процедур утилизации или списания документов;
- обеспечение процедуры «чистки» хранилища документов;
- авторизация доступа пользователей в систему и управление правами доступа к документам в системе;
- формирование статистического отчета в разрезе различных организаций, источников документов, их типов по датам документов, попадающих в указанный временной интервал.

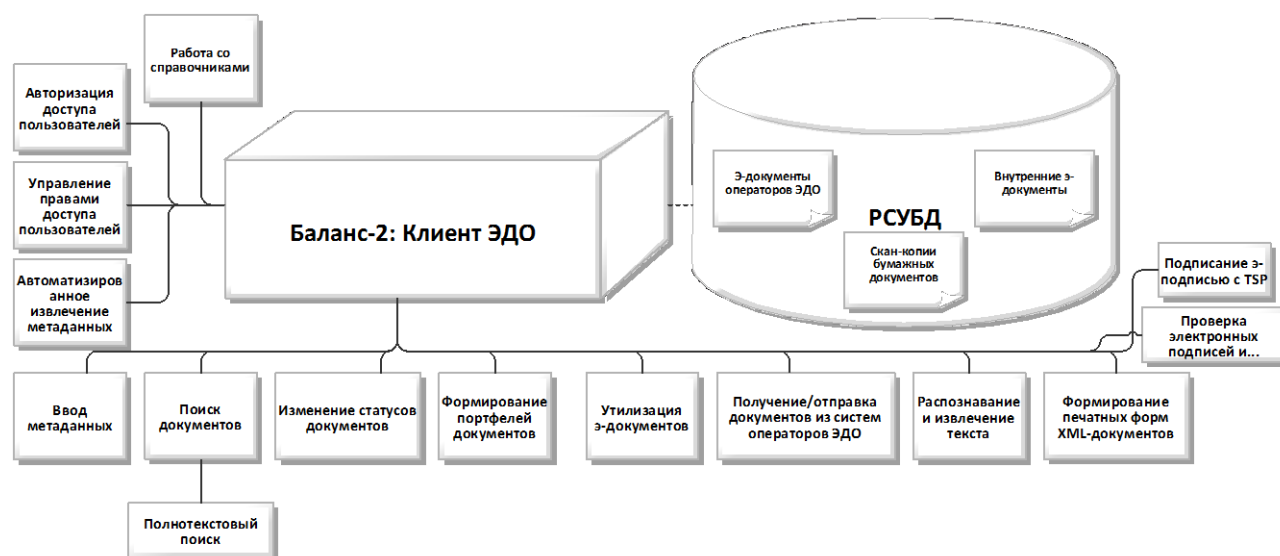


Рис.1. Основные функции системы и основные типы хранимых электронных документов

Для обеспечения работы с усиленными квалифицированными электронными подписями, которые обеспечивают юридическую значимость документов программа «Баланс-2: Клиент ЭДО» требует установки криптопровайдера по ГОСТ 2012 КриптоПро CSP или VipNet CSP, а также программы КриптоАрт. Такие программные средства позволяют работать с квалифицированными сертификатами электронных подписей, соответствующими требованиям законодательства Российской Федерации. Среднесрочное хранение электронных документов определяется сроком целостности цепочки доверия метки времени (TSP) электронных подписей, срок действия которых не превышает 18 лет.

Визуальное представление содержимого архива электронных документов (Рис.2) включает в себя навигатор, обеспечивающий представление иерархии архива по набору основных атрибутов документов, включающих организации пользователя и их

подразделения, контрагентов, год и квартал даты документов, а также окно со списком документов выбранного узла навигатора. По дереву навигатора можно осуществлять поиск для нахождения необходимого узла. В правой части окна отображается список документов, в котором можно устанавливать фильтр по источнику документов или по признаку входящий/исходящий/внутренний документ.

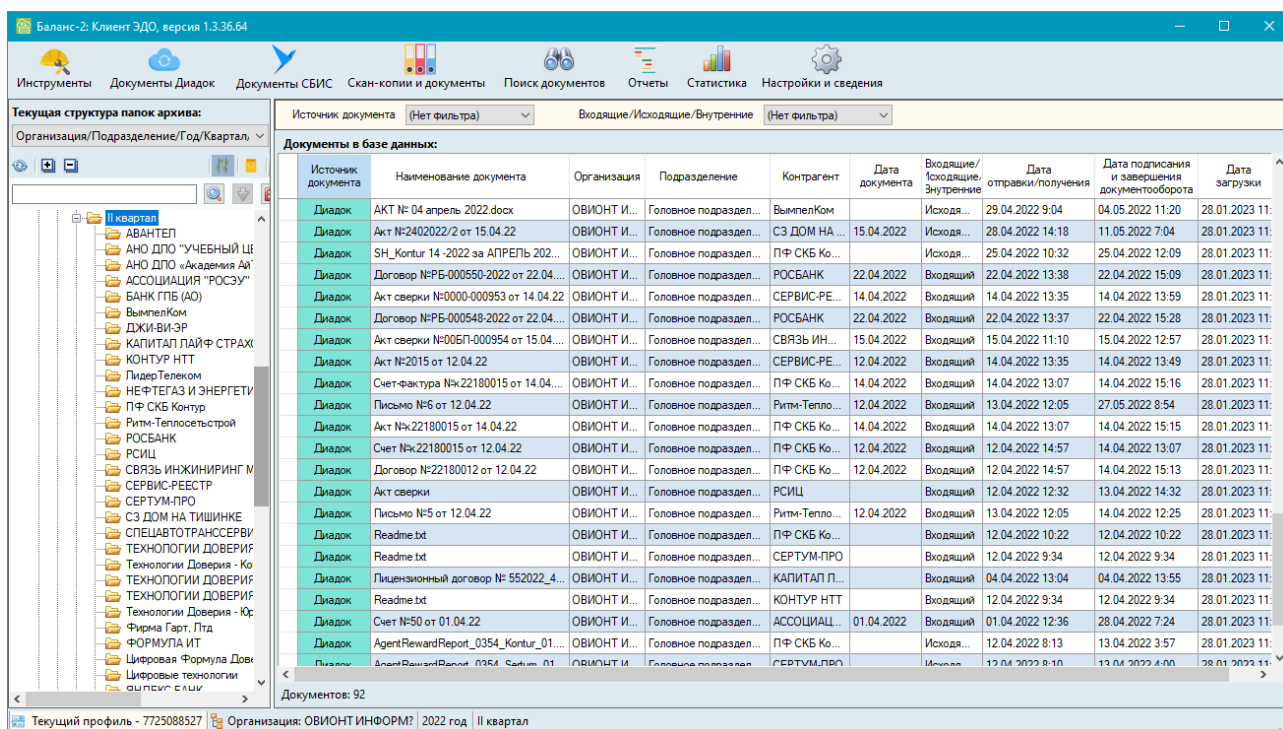


Рис.2. Отображение списка документов в программе «Баланс-2: Клиент ЭДО»

Важной задачей программы архивного хранения является чистка такого архива, в процессе которой можно удалять или помечать как удаленные отдельные документы, чтобы при очередной синхронизации с внешними системами такие документы опять не поступили в программу. Еще одной возможностью является указание маски имен документов, скачивание которых из систем оператора ЭДО не должно производиться.

Еще одной задачей работы с документами является автоматизированное получение метаданных из текстов неформализованных документов. Среди атрибутов, включаемых в метаданные о документах, можно выделить такие как: контрагенты, дату и номер документа, тип документа, краткое описание документа. Для получения метаданных используются эвристические алгоритмы, реализованные на базе регулярных выражений. Применение различных эвристических алгоритмов определяется условиями использования их для извлечения метаданных из документов от определенных контрагентов и типа документа. Используемый эвристический алгоритм выбирается системой в автоматизированном режиме. Таким образом, набор эвристических алгоритмов для извлечения показателей метаданных из текста документов зависит от контрагента Ksource, являющегося источником формирования таких документов. При этом считаем, что информационная система контрагента-источника формирует похожие по внутренней структуре однотипные неформализованные документы. Такой подход позволяет автоматически извлекать метаданные, например, после обработки текста скан-копии или из неформализованных документов. Конечно, пользователь может ввести такую метаданную вручную, если система не находит подходящего для контрагента и типа документа для использования соответствующего эвристического алгоритма, или скорректировать ее вручную, заметив неточность.

3. Заключение

Описанная в статье система среднесрочного хранения электронных документов «Баланс-2: Клиент ЭДО» дополняет ранее разработанный специализированный файловый менеджер «Баланс-2: Файловый архив электронных документов» [1] и в настоящее время апробируется в ряде хозяйствующих субъектов, ведущих обмен электронными документами со своими контрагентами, в качестве среднесрочного архива электронных документов, располагаемого на серверах пользователя.

Список литературы

1. *Виноградов В.И., Волкова Т.Б.* Специализированный файловый менеджер для работы с формализованными электронными документами, подписанными усиленными электронными подписями // «Научно-технический вестник Поволжья», № 1(109) октябрь 2021г, С.58-62. Раздел «Электронный документооборот».
2. *Ларин М.В., Суровцева Н.Г.* Некоторые теоретические вопросы архивного хранения электронных документов. «Вестник архивиста», 2019, том 3, с 809 – 824.
3. *Соловьев А.В., Тарханов И.А.* Электронные документы и задача обеспечения сохранности при обмене данными в цифровой экономике. ТРУДЫ ИНСТИТУТА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, Том: 68 Номер: 1 Год: 2018, Страницы: 42-53

2.3.5

М.Р. Тихонов канд. техн. наук, О.С. Шикула, М.Д. Белякова

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
институт системной и программной инженерии и информационных технологий,
Москва, kurotenshi91@yandex.ru oshik78@mail.ru maribely7@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОВ

В статье представлен сравнительный анализ алгоритмов оценки стабильности процессов в ориентации на их возможность автоматизации, комбинирования и применения для работы с малым количеством данных на основе наиболее распространенных и используемых критериев нормальности. Рассмотрены следующие критерии: F-критерий Фишера, критерий Шапиро-Уилка, критерий согласия хи-квадрат Пирсона, тест Харке-Бера.

Ключевые слова: *стабильность процессов, критерии нормальности, сравнительный анализ.*

В связи с введенными в отношении России санкциями подход к импортозамещению поменялся – появилось значительно более обширное число направлений, требующих выпуска российской продукции. Поэтому мы говорим уже не только об импортозамещении, но и о технологическом суверенитете, поэтому особое значение приобрело исследование возможностей современных инструментов для обеспечения качества продукции: особый интерес в данных условиях вызывает анализ стабильности технологических процессов, который сегодня не мыслим без использования статистических методов.

Только статистически устойчивый процесс способен гарантировать воспроизводимость параметров и характеристик производимых изделий. Основным инструментом диагностики статистической устойчивости процесса являются контрольные карты (КК) Шухарта (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015): КК по количественному признаку (например, КК средних значений и размахов), и КК для альтернативных данных (например, карта долей дефектных изделий). Контрольные карты по количественному признаку имеют более высокую степень оценки настроенности процесса. Математический аппарат, который применяется для работы с КК по количественному признаку, исходит из предположения, что сумма достаточно большого количества слабо зависимых случайных величин, имеющих примерно одинаковые масштабы (ни одно из слагаемых не доминирует, не вносит в сумму определяющего вклада), имеет распределение, близкое к нормальному (Центральная предельная теорема). Поэтому, для того чтобы выводы были достоверными - при использовании КК по количественному признаку - важно быть уверенным в нормальном типе распределения исследуемой характеристики качества.

Рассмотрим различные способы проверки ряда на нормальность распределения.

F-критерий Фишера [1] позволяет сравнивать величины выборочных дисперсий двух независимых выборок. Алгоритм проверки:

1. Формулирование гипотез H_0 , H_1 и выбор уровня значимости α .
2. Нахождение эмпирического значения критерия по формуле:

$$F_{\text{эмп}} = \frac{\sigma_{\text{наибольшая}}^2}{\sigma_{\text{наименьшая}}^2}$$

3. Нахождение числа степеней свободы как $k_1 = n_1 - 1$ для выборки с наибольшей величиной дисперсии и $k_2 = n_2 - 1$ для выборки с наименьшей величиной дисперсии.

4. Определение критического значения критерия Фишера ($F_{\text{крит}}$) по одноименной статистической таблице для степеней свободы k_1 (№ столбца таблицы), k_2 (№ строки таблицы) и уровня значимости $\alpha/2$.

5. Сравнение эмпирического и критического значения критерия. Если эмпирическое значение меньше критического значения, то на уровне значимости α принимается нулевая гипотеза, в ином случае – альтернативная.

Критерий Шапиро-Уилка [2] является специальным критерием нормальности и используется для проверки гипотезы о нормальном распределении. Алгоритм проверки:

1. Формулирование гипотез H_0 , H_1 и выбор уровня значимости α .
2. Нахождение значения коэффициента по формуле:

$$B^2 = \left[\sum_{i=1}^{n/2} a_i (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2$$

3. Нахождение расчетного значения критерия по формуле:

$$W_{\text{расч}} = B^2 / S^2$$

4. Сравнение расчетного значения критерия с табличным. Если расчетное значение больше табличного значения, то на уровне значимости α принимается нулевая гипотеза, в ином случае – альтернативная.

Критерий согласия хи-квадрат Пирсона [3] подразумевает, что мы работаем с группированными данными. Алгоритм проверки:

1. Формулирование гипотез H_0 , H_1 и выбор уровня значимости α .
2. Разбиение области определения случайной величины на $k = \sqrt{n}$ непересекающихся интервалов $x(0), x(1), \dots, x(n)$ и расчет наблюдаемой частоты попадания в каждый из интервалов, то есть отношения n_i/n .

2. Вычисление теоретических частот по формуле:

$$m_i^* = \frac{n * h}{\sigma_b} \varphi(u_i)$$

3. Нахождение эмпирического значения критерия по формуле:

$$\chi_{\text{эмп}}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m_i^*)^2}{m_i^*}$$

4. Определение критического значения критерия «хи-квадрат» с помощью таблицы, для уровня значимости α и степени свободы $k = s - r - 1$, где s – количество групп выборочной совокупности, r – количество параметров в распределении (например, в нормальном распределении $r = 2$).

5. Сравнение эмпирического и критического значения критерия. Если эмпирическое значение меньше критического значения, то на уровне значимости α принимается нулевая гипотеза, в ином случае – альтернативная.

Тест Харке-Бера [4] представляет собой тест согласия, который определяет, имеют ли выборочные данные асимметрию и эксцесс, соответствующие нормальному распределению. Алгоритм проверки:

1. Формулирование гипотез H_0 , H_1 и выбор уровня значимости α .
2. Создание ряда данных.
3. Расчет коэффициента эксцесса по формуле:

$$k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^4}{\hat{\sigma}^4}$$

4. Расчет статистики теста по формуле:

$$JB = \frac{n}{6} \left(s^2 + \frac{1}{4} (k - 3)^2 \right)$$

5. Сравнение эмпирического и критического значения критерия. Если эмпирическое значение меньше критического значения, то на уровне значимости α принимается нулевая гипотеза, в ином случае – альтернативная.

Сравнительный анализ алгоритмов, применимых для оценки стабильности процессов, проводился с применением экспертных методов и анализа практик по пятибалльной шкале (где 1 – низкое значение, а 5 – высокое значение) по следующим критериям: работа с малым количеством данных, возможность программной реализации, сложность реализации, быстрота, точность, возможность комбинирования. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице.

Таблица – Результаты сравнительного анализа рассматриваемых алгоритмов

	Работа с малым количеством данных	Возможность программной реализации	Сложность реализации	Быстрота	Точность	Возможность комбинирования	Суммарный балл
Ф-критерий Фишера	4	5	5	4	5	5	23
Критерий Шапиро-Уилка	5	5	5	4	5	5	24
Критерий согласия хи-квадрат Пирсона	3	4	4	3	5	5	19
Тест Харке-Бера	3	4	3	3	3	3	17

При решении задач стабилизации технологических процессов в ориентации на автоматизацию процесса контроля и анализа, наиболее приемлемым критерием является Критерий Шапиро-Уилка. Оценка с применением данного критерия обеспечивает наибольшую точность при возможности обработки малого количества данных и его комбинирования с другими методами.

Список литературы

1. Моисеев, А.А. Факторное планирование в последовательной оптимизации / А.А. Моисеев // . – 2020. – № 9. – С. 53-63.
2. Дручинин, Д.О. Проверка гипотезы о нормальном распределении логарифмической доходности по критерию Шапиро - Уилка / Д.О. Дручинин // Молодой ученый. – 2023. – № 10(457). – С. 6-9.
3. Елеева, И.З. Проверка гипотезы о распределении. Критерий Пирсона / И.З. Елеева, М.И. Прохода, А.Д. Загородских // За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества : сборник научных статей 2-й Всероссийской молодежной научной конференции, Курск, 04 июня 2021 года. Том 1. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 118-123.
4. Бабешко, Л.О. Методические аспекты обобщенных методов диагностики в моделях векторной авторегрессии: тесты Харке-Бера / Л.О. Бабешко // 2020. – Т. 7, № 1. – С. 320-328.

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

2.3.5

А.М. Дергачев канд. техн. наук, **О.В. Доронин**, **К.И. Доронина**,
А.Г. Гурьянова канд. техн. наук, **П.В. Балакшин** канд. техн. наук,
Т.А. Маркина канд. техн. наук

Университет ИТМО,
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, dam600@gmail.com, dorooleg@yandex.ru, dergun_karina@itmo.ru,
agilina@itmo.ru, pvbalakshin@itmo.ru, markina_t@itmo.ru,

**ИНСТРУМЕНТ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ
НА ОСНОВЕ GOOGLE THREAD SANITIZER**

В работе представлен инструмент детерминированного управления потоками на языке C/C++, позволяющий задавать сценарии выполнения потоков и проверять варианты их выполнения заложенными в Google Thread Sanitizer алгоритмами поиска ошибок в многопоточном коде. Для написания сценариев разработан язык детерминированного управления потоками. Интерпретатор языка встраивается средствами инструментирования программного кода в точки синхронизации потоков, что позволяет изменять сценарии выполнения потоков в процессе тестирования, не внося изменения в исполняемый код.

Ключевые слова: *инструмент поиска ошибок, многопоточность, гонка данных, взаимоблокировка, детерминированное тестирование.*

Введение

Не всегда алгоритмы поиска ошибок в многопоточном коде позволяют обнаружить ошибку. При тестировании больших программных систем алгоритмы планирования потоков не могут перебрать все варианты выполнения потоков за разумное время, так как количество вариантов растет экспоненциально. Для проверки отсутствия ошибок на определенном порядке выполнения потоков нужен механизм, который позволит детерминировано описывать этот порядок.

В существующих инструментах, позволяющих находить ошибки в многопоточном коде (например, Google Thread Sanitizer, Valgrind, Intel Parallel Studio и др.), вероятность обнаружения ошибки зависит от порядка выполнения потоков, но на данный момент ни один из этих инструментов не способен явно задавать последовательность выполнения потоков.

Язык детерминированного управления потоками

Представленный в работе инструмент разработан на платформе Google Thread Sanitizer (TSAN) [1]. Для описания последовательности выполнения потоков разработан язык и алгоритм детерминированного управления потоками, который на основании свойства линеаризуемости (от англ. linearizability) программных систем предполагает, что в каждый момент времени выполняется только один поток, а управление от одного потока к другому передается только в специальных местах – точках синхронизации [2]. Псевдокод языка представлен в листинге 1.

Листинг 1 — Язык детерминированного управления потоками

```
1 _main:
2     EVENT_NAME(args...); ...; EVENT_NAME(args...)
3 THREAD_NAME_1:
4     EVENT_NAME(args...); ...; EVENT_NAME(args...)
5 ....
```

```

6  THREAD_NAME_n:
7  _____ EVENT_NAME(args...); ...; EVENT_NAME(args...)

```

Изначально управление передается основному потоку `main`. Передача управления другому потоку происходит при наступлении определенного события, описываемого синтаксической конструкцией `EVENT_NAME`, после выполнения таких действий, как создание потока (`CREATE_THREAD`), завершение потока (`COMPLETE_THREAD`), захват (`LOCK_MUTEX`) и освобождение (`UNLOCK_MUTEX`) мьютекса. После того как достигнуты все события, описанные в сценарии на языке детерминированного управления потоков, управление передается планировщику операционной системы без ограничения на последовательное исполнение.

Пример сценария на языке детерминированного управления потоков, в котором внедрены функции создания потока (`create_thread`) и захвата примитива синхронизации (`mutex_lock`), представлен в листинге 2.

Листинг 2 – Пример сценария выполнения потоков

```

1  main:
2      create_thread(thread1)
3      create_thread(thread2)
4  thread1:
5      mutex_lock

```

В потоке `main` происходит ожидание события `EVENT` (`create_thread`), которое означает, что из функции `void main(int argc, char** argv)` должна быть вызвана функция `pthread_create`, после чего созданному потоку будет присвоено имя `thread1`, на которое можно ссылаться в качестве синтаксической конструкции `THREAD_NAME`. Созданный поток `thread1` сразу же переходит в режим ожидания, так как по сценарию поток `main` продолжает выполняться до наступления нового события создания потока – строка 3 листинга 2. Новому созданному потоку присваивается имя `thread2`. С этого момента поток `main` переходит в режим ожидания, а управление передается потоку `thread1` – строка 4 листинга 2, который ожидает наступления события `EVENT` (`mutex_lock`), что соответствует вызову функции `pthread_mutex_lock` уже из потока `thread1`.

Схема преобразования языка в последовательность событий для дальнейшего управления потоками представлена на рисунке 1.

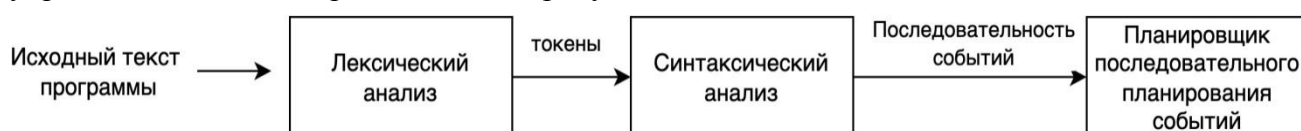


Рис. 1 – Стадии преобразования и планирования потоков

На первой стадии текст сценария обрабатывается лексическим анализатором, который выделяет `EVENT`, `THREAD_NAME`, разделители, аргументы функций и другие синтаксические конструкции в токены [3]. Граф лексического анализатора представлен на рисунке 2.

Граф имеет семь состояний:

- Н – начальное состояние;
- ТН – имя исполняемого потока;
- COL – признак активного потока;
- АСТ_Т – действие над потоком;
- АСТ_М – действие над мьютексом;
- DEL – разделитель;
- ID – идентификатор потока.

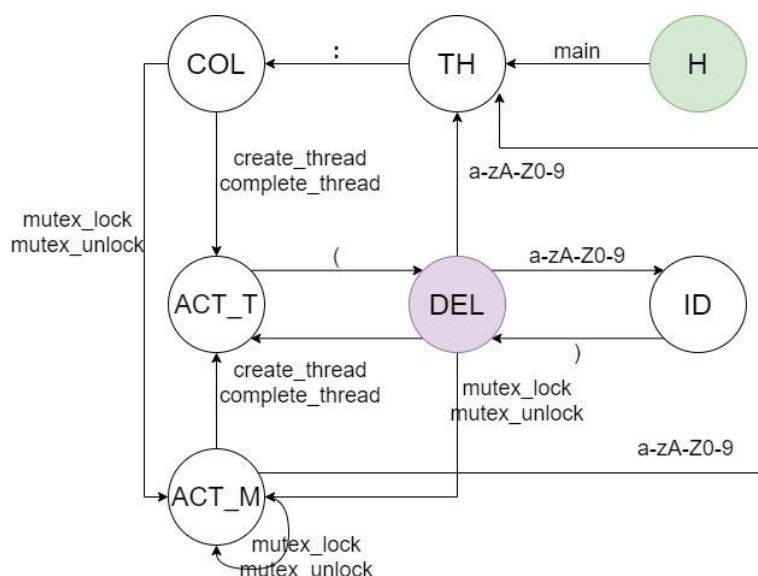


Рис. 2 – Граф лексического анализатора

Полученные после лексического анализа токены передаются на вход синтаксическому анализатору [4], который составляет по ним последовательность событий, задающую порядок выполнения потоков. Полученная последовательность событий передается планировщику детерминированного управления потоками.

Пример программного кода с потенциально возможной взаимоблокировкой представлен в листинге 3.

Листинг 3 – Пример кода с взаимоблокировкой

```

1 void *thread1(void *arg) {
2     pthread_mutex_lock(&m1);
3     pthread_mutex_lock(&m2);
4     // ...
5 }
6 void *thread2(void *arg) {
7     pthread_mutex_lock(&m2);
8     pthread_mutex_lock(&m1);
9     // ...
10 }
11 int main() {
12     pthread_create(&thread_1, nullptr, &thread1, nullptr);
13     pthread_create(&thread_2, nullptr, &thread1, nullptr);
14     // join threads
15     //...
16 }
```

В основном потоке main создается два потока thread1 и thread2, в которых мьютексы захватываются в перекрестном порядке, что приводит к ошибке многопоточного программирования – взаимоблокировке. Но в зависимости от порядка выполнения потоков ошибка может не проявляться.

Для гарантированного воспроизведения взаимоблокировки на языке детерминированного управления потоками можно написать сценарий, представленный в листинге 4.

Листинг 4 – Сценарий воспроизведения взаимоблокировки

```

1 main:
2     create_thread(thread1)
3     create_thread(thread2)
4 thread1:
```

```
5      mutex_lock
6 thread2:
7      mutex_lock
```

Сценарий описывает последовательность выполнения потоков. В потоке main происходит ожидание создания потоков thread1 и thread2. После создания потоков управление передается потоку thread1, в котором происходит ожидание захвата мьютекса m1 (вызов функции pthread_mutex_lock). После захвата мьютекса управление передается потоку thread2, который ожидает вызова функции pthread_mutex_lock, что соответствует захвату мьютекса m2. После захвата мьютекса m2 события в сценарии заканчиваются и потоки продолжают выполняться в обычном режиме без ограничения на последовательное выполнение. При этом вне зависимости от того, как дальше будут выполняться потоки, в программе гарантировано произойдет взаимоблокировка. Поток thread1 будет ожидать освобождения мьютекса m2, а поток thread2 будет ожидать освобождения мьютекса m1.

Алгоритм детерминированного управления потоками

Последовательность событий, полученная после работы лексического и синтаксического анализаторов и задающая порядок выполнения потоков, передается интегрированному в Google Thread Sanitizer планировщику, осуществляющему планирование потоков на основе разработанного алгоритма детерминированного управления потоками. Последовательность выполнения потоков в TSAN представляется очередью событий TEvent, которые могут происходить в точках синхронизации потоков. Внутреннее представление событий TEvent и очереди событий TEventNode представлено листингом 5.

Листинг 5 – Внутреннее представление событий и очереди событий

```
1 enum class TEvent {
2     CREATE_THREAD,
3     COMPLETE_THREAD,
4     LOCK_MUTEX,
5     UNLOCK_MUTEX
6 };
7 struct TEventNode {
8     TEvent event;
9     char* threadName;
10    int currentTid;
11    int nextTid;
12};
```

Структура TEventNode содержит следующие поля:

event – событие, которое в текущем потоке должно наступить для передачи управления другому потоку;

threadName – текстовое имя потока, описанное на языке детерминированного управления потоками;

currentTid – идентификатор текущего потока;

nextTid – идентификатор потока, которому будет передано управление после наступления события event.

Для описания точек синхронизации реализован представленный в листинге 6 интерфейс планировщика потоков. Метод SynchronizationPoint принимает два параметра – идентификатор потока и тип события (CREATE_THREAD, COMPLETE_THREAD, LOCK_MUTEX, UNLOCK_MUTEX).

Листинг 6 — Интерфейс планировщика потоков

```
1 struct IScheduler {
2     virtual void SynchronizationPoint(int tid, TEvent event);
3 };
```

Вызовы `SynchronizationPoint` встраиваются в точки синхронизации с указанием нужного типа события. Потоки могут находиться в состоянии `WAIT` (ожидают своей очереди на выполнение) или `RUN` (выполняются). До тех пор пока не наступили все события, описанные в сценарии на языке детерминированного управления потоками, в состоянии `RUN` может находиться только один поток. Когда все события обработаны, все потоки переходят в состояние `RUN`, и в вызовах `SynchronizationPoint` больше не происходит никакой обработки (аналогично вызову функции с пустой реализацией).

Алгоритм детерминированного управления потоками представлен в листинге 7. При вызове метода `SynchronizationPoint` вся информация о `currentTid` и `nextTid` находится в заполненном состоянии. Метод `SynchronizationPoint` принимает идентификатор потока `tid`, в котором был вызван метод `SynchronizationPoint`, и тип события `event`. В строке 4 из очереди ожидаемых событий достаётся текущий элемент. В 5-й строке проверяется, что событие `event` соответствует ожидаемому событию `current.event`, и что вызов метода произведён именно из текущего потока. Если событие соответствует ожидаемому, то текущий поток переводится в режим ожидания (6-я строка), а следующий поток переходит в режим выполнения (9-я строка). Тот же самый поток может перейти в состояние ожидания, а потом сразу в режим выполнения. На 13-й строке происходит выбор следующего ожидаемого события, а в строке 15 текущий поток останавливается, ожидая когда наступит состояние `RUN`. Когда наступает последнее событие, то в нём в качестве `nextTid` будет записано значение -1.

Листинг 7 – Алгоритм детерминированного управления потоками

```
1 TQueue<TEvenNode> nodes;
2 void SynchronizationPoint(int tid, TEvent event) override {
3     // ...
4     const auto& current = nodes.current();
5     if (current.currentTid == tid && current.event == event) {
6         threadInfo[tid].state = TThreadState::WAIT
7         for (int i = 0; i < threadInfo.Size(); i++) {
8             if (i == current.nextTid || current.nextTid == -1) {
9                 threadInfo[i].state = TThreadState::RUN;
10                break;
11            }
12        }
13        nodes.next();
14    }
15    while (threadInfo[tid].state == TThreadState::WAIT) {
16        internal_sched_yield();
17    }
18 }
```

Интеграция с Google Thread Sanitizer

Опишем полную схему использования языка детерминированного управления потоками в Google Thread Sanitizer.

1. Задача: в тестируемом коде на языке C++ необходимо проверить потенциальную возможность возникновения ошибки для определенной последовательности выполнения потоков.

2. Необходимо собрать версию компилятора (например, на основе (clang++, g++) с поддержкой лексического и синтаксического анализатора сценариев на языке детерминированного управления потоками, которые формируют очередь событий, задающую порядок выполнения потоков для планировщика детерминированного управления потоками [5].

3. При компиляции исходного кода тестируемой программы на этапе оптимизации совместно с Google Thread Sanitizer происходит встраивание анализаторов и планировщика в точки синхронизации потоков.

4. Разрабатывается сценарий на языке детерминированного управления потоками, в котором будет задана тестируемая последовательность выполнения потоков.

5. Через переменную окружения TSAN_OPTIONS Google Thread Sanitizer задается параметр path_to_scenario (путь к файлу-сценарию на языке детерминированного управления потоками).

6. При запуске скомпилированной программы считывается указанный в переменной окружения TSAN_OPTIONS файл-сценарий с кодом на языке детерминированного управления потоками. Сценарий преобразуется через лексический и синтаксический анализаторы в последовательность событий, после чего очередь событий и управление передается планировщику.

7. Порядок выполнения потоков задается очередью событий и определяется алгоритмом детерминированного управления потоками, реализованном в планировщике.

Тестирование и примеры реального применения

В Google Thread Sanitizer существует алгоритм поиска потенциальных взаимоблокировок. Этот алгоритм строит граф, вершинами которого являются мьютексы, а ребро между вершинами проводится в порядке захвата мьютексов для конкретного потока. Если в таком графе существует цикл, то утверждается, что в коде существует потенциальная взаимоблокировка. В листинге 8 приведен пример кода, на котором Google Thread Sanitizer демонстрирует ложное срабатывание. Алгоритм находит цикл на мьютексах m1->m2->m3->m1, но взаимоблокировка при этом не происходит, так как перед захватом m3 гарантировано будет освобожден мьютекс m1.

Листинг 8 – Ложное срабатывание

```
1 std::thread t1([&](){
2     pthread_mutex_lock(&m1);
3     pthread_mutex_lock(&m2);
4     pthread_mutex_unlock(&m1);
5     pthread_mutex_lock(&m3);
6     pthread_mutex_unlock(&m3);
7     pthread_mutex_unlock(&m2);
8 });
9 std::thread t2([&](){
10    pthread_mutex_lock(&m3);
11    pthread_mutex_lock(&m1);
12    pthread_mutex_unlock(&m1);
13    pthread_mutex_unlock(&m3);
14 });
```

Для подтверждения ложного срабатывания алгоритма Google Thread Sanitizer используем сценарий, представленный в листинге 9.

Листинг 9 – Сценарий проверки взаимоблокировки

```
1 main:
2     create_thread(thread1)
3     create_thread(thread2)
4 thread1:
5     mutex_lock
6     mutex_lock
7 thread2:
8     mutex_lock
```

После того как поток thread1 захватил m1 и m2, а поток thread2 захватил m3, любое исполнение должно приводить к взаимоблокировке. Выполнение представленного сценария не приводит к взаимоблокировке, что доказывает ложность срабатывания алгоритма потенциальной взаимоблокировки Google Thread Sanitizer в данном конкретном случае.

Аналогично можно привести пример, когда алгоритм поиска взаимоблокировок Google Thread Sanitizer не находит ошибку в программном коде. Пример представлен в листинге 10.

Листинг 10 – Пропущенная взаимоблокировка

```
9 void *thread1(void *arg) {
10     // ...
11     if (pthread_mutex_trylock(&mutex1) == 0) {
12         pthread_mutex_lock(&mutex2);
13         // работа с песком
14         pthread_mutex_unlock(&mutex1);
15         pthread_mutex_unlock(&mutex2);
16     } else {
17         pthread_mutex_lock(&mutex3);
18         pthread_mutex_lock(&mutex4);
19         // работа с песком
20         pthread_mutex_unlock(&mutex3);
21         pthread_mutex_unlock(&mutex4);
22     }
23     // ...
24 }
25 void *thread2(void *arg) {
26     // ...
27     if (pthread_mutex_trylock(&mutex3) == 0) {
28         // работа с песком
29         pthread_mutex_unlock(&mutex3);
30     } else {
31         pthread_mutex_lock(&mutex2);
32         pthread_mutex_lock(&mutex1);
33         // работа с песком
34         pthread_mutex_unlock(&mutex2);
35         pthread_mutex_unlock(&mutex1);
36     }
37     // ...
38 }
39 void *thread3(void *arg) {
40     // ...
41     pthread_mutex_lock(&mutex3);
42     pthread_mutex_lock(&mutex4);
43     // работа с песком
44     pthread_mutex_unlock(&mutex3);
45     pthread_mutex_unlock(&mutex4);
46     // ...
47 }
```

В программном коде представлено четыре мьютекса, которые используются в трех потоках. В первом потоке, если свободен первый мьютекс, то захватываем его и второй мьютекс, иначе – третий и четвертый. Во втором потоке, если свободен третий мьютекс, то работаем с ним, иначе – с первым и вторым. Третий поток работает с третьим и четвертым мьютексом. В приведенном примере возможна взаимоблокировка, если mutex3 захватил третий поток, mutex2 захватил второй поток, а mutex1 захватил первый поток. В этом случае первый поток будет ждать mutex2, а второй поток будет ждать mutex1, что приведет к взаимоблокировке, которую в данном примере Google Thread Sanitizer не находит. При этом в результате выполнения сценария, представленного в листинге 11, взаимоблокировка была выявлена, что доказывает ее существование.

Листинг 11 – Сценарий пропущенной взаимоблокировки

```
1 main:
2     create_thread(thread1)
3     create_thread(thread2)
4     create_thread(thread3)
5 thread3:
6     mutex_lock
7 thread2:
8     mutex_lock
9 thread1:
10    mutex_lock
```

Заключение

Основным результатом исследования является создание инструмента детерминированного управления потоками, позволяющего выявлять наличие или отсутствие ошибок в многопоточном коде. Сценарии на языке детерминированного управления потоками позволяют проверять определенные последовательности выполнения потоков, а интеграция с Google Thread Sanitizer позволяет использовать встроенные в TSAN алгоритмы поиска ошибок в многопоточном коде. Интерпретатор языка встраивается в программный код в точках синхронизации потоков. Сценарии выполнения потоков не являются частью исполняемого кода и могут изменяться безотносительно изменений тестируемого программного кода. Это позволяет избирательно проверять отдельные фрагменты программного кода на наличие предполагаемой ошибки, например взаимоблокировки или гонки данных [6]. Предложенный язык может быть интегрирован в другие инструменты поиска ошибок в многопоточном коде, такие как Valgrind и Intel Parallel Studio.

Список литературы

1. ThreadSanitizer project: documentation, source code, dynamic annotations, unit tests, URL: <http://code.google.com/p/data-race-test>
2. M. P. Herlihy and J. M. Wing. Axioms for concurrent objects, Proceedings of the 14th ACM SIGACT-SIGPLAN symposium on Principles of programming languages (POPL '87), Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 13–26, DOI: <https://doi.org/10.1145/41625.41627>
3. А.В. Ахо, Р. Сети и Д.Д. Ульман. Компиляторы: принципы, методы и инструменты. Reading, Массачусетс: Аддисон-Уэсли, 2002.
4. С. Свердлов, Конструирование компиляторов, Издательство: «LAP», 2018
5. Bruno Cardoso Lopes, Getting Started with LLVM Core Libraries, 2014
6. К. Серебрянный., Т. Исходжанов, ThreadSanitizer: обнаружение гонки данных на практике, WBIA, 2009.

2.3.5

Р.А. Емдиханов, Ю.Н. Смирнов канд. техн. наук

Казанский государственный энергетический университет
Казань, emdihanov.ruslan@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА

В данной статье рассматривается Web-приложение для создания, хранения, редактирования и печати рабочих программ дисциплин образовательных программ университета. Разработке информационной системе предшествовали этапы изучения предметной области методами реинжиниринга бизнес-процессов, выбор стека технологий создания приложения, программирование.

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, рабочая программа дисциплин, программное обеспечение, Web приложение, IT-технологии.

В современных условиях развития образования важно уделять внимание разработке и внедрению современных информационных технологий в образовательный процесс. В этом контексте проектирование и разработка информационной системы, такой как «Рабочие программы дисциплин», является актуальной темой для университетов, которые стремятся повысить качество обучения и улучшить учебный процесс [1].

Цель данной работы – рассмотреть процесс проектирования и разработки информационной системы «Рабочие программы дисциплин» в цифровой образовательной среде университета. Данная информационная система поможет автоматизировать процесс составления рабочих программ дисциплин преподавателями и обеспечит единый подход к их составлению и хранению в университете [2].

Для проектирования информационной системы "Рабочие программы дисциплин" в цифровой образовательной среде университета был проведен анализ предметной области и выработан шаблон РПД, который учитывал все составляющие рабочих программных дисциплин.

На основе схемы связей модулей информационной системы университета (рис. 1) можно сделать вывод, что РПД (рабочие программы дисциплин) и ОС (оценочные средства) тесно связаны с учебными планами. Эта связь между РПД и учебными планами указывает на то, что РПД являются составной частью учебных планов. Их разработка и обновление осуществляется на основе учебных планов. Используя данные с учебных планов такие как компетенции, индикаторы, часы и т.д., формируется РПД.

Важным этапом проектирования базы данных является ее тестирование на соответствие функциональным требованиям и проверка ее работоспособности. После тестирования база данных может быть интегрирована в информационную систему "Рабочие программы дисциплин" и использована для хранения и обработки информации о дисциплинах и их программных составляющих [5].

Также в данной системе предусмотрены различные уровни прав доступа. Заведующий кафедрой имеет возможность создавать РПД для всех учебных планов, относящихся к его кафедре, а также открывать доступ другим преподавателям, чтобы они могли создавать РПД на основе этих учебных планов. Преподаватель, в свою очередь, может создавать РПД только для тех учебных планов, к которым ему предоставлен доступ.

Характеристики рабочей программы дисциплины (РПД) формируются на основе шаблона. Шаблон содержит редактируемые и не редактируемые поля, а также информацию с базы данных. Информационная система предназначена для создания, хранения, редактирования и выгрузки РПД в текстовом формате.

Доступ к информационной образовательной системе осуществляется через личный кабинет работника в виде веб-приложения, что обеспечивает ее широкую доступность [6]. Информационная безопасность использования Web-приложения обеспечивается по схеме, предложенной в работе [7].

Разработанная информационная система рабочих программ дисциплин имеет удобный функциональный интерфейс, поддерживает интеграцию с другими информационными системами и ресурсами цифровой образовательной среды (учебных планов дисциплин, преподавателей, компетенций, библиотечных ресурсов, кафедр, оценочных средств) [8].

Для разработки используются инструментальные средства: Microsoft visual studio, ASP.NET Core, MS SQL, среда разработки Python. Фреймворк ASP.NET Core используется для создания веб-приложений на платформе .NET с открытым исходным кодом и уже используемый в других информационных системах вуза. Microsoft SQL Server – система управления реляционными базами данных, поддерживающая интегрированную базу данных университета. Среда разработки Python используется для создания РПД в текстовом формате из хранящихся данных.

Таким образом, предлагаемая информационная система рабочих программ дисциплин обеспечивает снижение трудозатрат, связанных с РПД, позволяет вести учет РПД и мониторить обеспеченность образовательных программ, что повышает управленческую эффективность.

В заключении хотелось бы подчеркнуть, что разработка и внедрение информационных систем в образовательный процесс является важным шагом для улучшения качества обучения и современности учебного процесса [9]. Проектирование и разработка информационной системы «Рабочие программы дисциплин» в цифровой образовательной среде университета позволит оптимизировать процесс составления рабочих программ дисциплин преподавателями, обеспечит унифицированный подход к их составлению и хранению, а также повысит уровень прозрачности и доступности информации для студентов и преподавателей.

Разработка информационной системы «Рабочие программы дисциплин» также является одним из элементов модернизации университетского образования, способствующим более глубокому и комплексному освоению учебного материала.

В целом, проектирование и разработка информационной системы «Рабочие программы дисциплин» в цифровой образовательной среде университета – это важный шаг к совершенствованию образовательного процесса, повышению его эффективности и актуальности для современного общества.

Список литературы

1. Корнева П.А., Зарипова Р.С. Автоматизированные системы управления университетом / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 4 (22). С. 70-72.
2. Смирнов Ю.Н. О внедрении цифровых платформ в промышленных предприятиях / Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. КГЭУ. 2019. С. 37-42.
3. Ширмамедова З.Н., Зарипова Р.С. Роль открытых электронных образовательных ресурсов в современном информационно-образовательном пространстве / Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.536-539.
4. Смирнов Ю.Н., Камалеева Л.С. Современные компоненты цифровой образовательной среды подготовки кадров для рынка интеллектуальной собственности / Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. национальной (с международным участием) науч.-практ. конф. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. 394 с.
5. Смирнов Ю.Н., Цифровое предприятие на основе имитационной модели потока создания стоимости / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2018. Т. 74. № 3. С. 229-234.
6. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Проблемы кибербезопасности для виртуальной образовательной среды / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 129-131.
7. Смирнов Ю.Н., Фатыхов Р.И. Об информационной безопасности промышленных предприятий в условиях цифровизации / Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. КГЭУ. 2019. С. 43-46.
8. Смирнов Ю.Н., Основы проектирования и разработки цифровых платформ предприятий / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2018. Т. 74. № 3. С. 155-161.
9. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Алемасов Е.П. Информационная среда вуза и организация работы студентов в личных кабинетах / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. Т. 3. С. 388-391.

2.3.5

А.М. Замалиева, Р.С. Зарипова канд. техн. наук

Казанский государственный энергетический университет
Казань, zarim3@rambler.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ**

В настоящее время воздействие современных технических средств на природные условия столь велико, что принимает ярко выраженные глобальные масштабы. Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды является главной проблемой современного общества. В статье представлено программное обеспечение для информирования населения Республики Татарстан относительно текущей экологической обстановки и проводимых природоохранных мероприятиях.

Ключевые слова: *программное обеспечение, мобильное приложение, экология, природоохранные мероприятия, информирование населения.*

Резко обострившиеся экологические проблемы поставили перед наукой задачу осмысления сложившихся тенденций эколого-экономического развития и разработки принципиально новых концепций. Проблема рисков возникновения экологических катастроф может быть решена путем развития правильного использования природных ресурсов в каждой стране, в каждом регионе и в каждом человеке в частности [1].

Целью работы является разработка программного обеспечения в виде мобильного приложения. Для достижения цели поставлены следующие задачи: спроектировать и разработать программное обеспечение по информированию населения о текущей экологической обстановке, чрезвычайных ситуациях и природоохранных мероприятиях.

Основной миссией государства в области экологии является обеспечение экологической безопасности граждан, а также повышение качества окружающей среды и воспитание экологической культуры в интересах будущих поколений [2]. Среди основных направлений необходимо выделить экологическое образование, воспитание и просвещение, а также действующую пресс-службу и регулярный выпуск тематических журналов в ней. Соответственно, необходимо создание общества, в котором люди уделяют особое внимание вопросам экологии. Основная задача экологического образования – научить экологически мыслить человека. Задача экологического образования состоит из трёх подструктур: формирование точных экологических взглядов, формирование взаимоотношений человек-природа и создание системы умения взаимодействовать с природой. В связи с этим для достижения поставленной цели необходима разработка программного обеспечения, которое должно быть предназначено для информирования населения о текущей экологической обстановке, природоохранных мероприятиях, чрезвычайных ситуациях, а также для приема обращений от граждан.

Программное обеспечение (ПО) должно решать следующие задачи: прием обращений от пользователей; демонстрация актуальной информации; предоставление доступа администратору для внесения информации. Перед проектированием и разработкой ПО необходимо провести анализ существующих программных продуктов. Были рассмотрены 3 существующих проекта:

1) «TrashOut» – это интерактивная карта несанкционированных свалок, с помощью которой можно отмечать места скопления мусора в любой точке мира и сообщить о ней сообществу.

2) «Наша природа» – официальное приложение Министерства природных ресурсов и экологии РФ, с помощью которого жители России могут информировать органы власти об экологических правонарушениях.

3) «Экополка» – портал, который позволяет найти проверенные экологические товары из любых категорий в ближайших магазинах.

Проектируемое ПО будет направлять всю входящую информацию непосредственно в Министерство экологии и природных ресурсов, а также предоставлять обучающие материалы для населения. Это позволит создать свое сообщество людей, неравнодушных к проблемам экологии, и оперативно решать возникающие проблемы.

В последнее время большая часть населения страны использует мобильные устройства не только как средство коммуникации, но и как источник новых знаний. Очевидно, что подобная тенденция приводит к тому, что появляется все больше информационных источников, направленных на обеспечение достоверной и качественной информации для пользователей Интернета [3]. Подобный спрос указывает на то, что оптимальным решением является создание мобильных приложений, которые предоставляли бы интересные и подробные новости, связанные с экологической обстановкой в стране или в отдельных регионах.

Программа для информирования населения относительно текущей экологической обстановки и о природоохранных мероприятиях реализована в виде мобильного приложения. Это связано с тем, что большинство пользователей сети Интернет от 12 до 65 лет используют именно смартфоны для просмотра контента [4]. Значит мобильное приложение позволит охватить большее количество целевой аудитории. Мобильное приложение будет включать в себя модуль для приема обращений, личный кабинет администратора и платформу для просмотра контента пользователями. ПО можно представить в виде совокупности следующих решаемых задач: составление обращения; личный кабинет администратора; платформа для контента; анализ обработки обратной связи.

Мобильное приложение является совокупностью трех составляющих: серверная часть, клиентская часть (пользовательский интерфейс) и система управления базой данных. При открытии приложения доступен вход для администратора и просмотр постов для всех пользователей. Главный экран приложения «EcoNews» показан на рис. 1. Рассмотрим интерфейс приложения. Вход для администратора представлен на рис. 2.

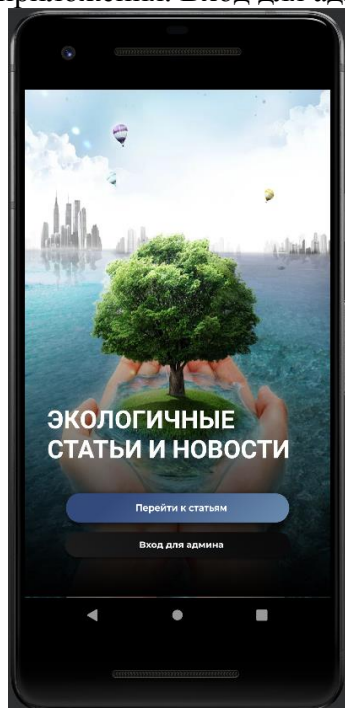


Рис. 1 – Главный экран приложения «EcoNews»

Администратору доступно создание и редактирование статей в специальной форме (рис. 3). Экран пользователя с меню и постами представлен на рис. 4. Вывод статьи на экран представлен на рис. 5.

Языком разработки был выбран язык программирования Java, поскольку он удобен для реализации мобильного приложения. Также этот язык поддерживает кроссплатформенную разработку, что позволит в дальнейшем преобразовать написанный код для использования в различных операционных системах.

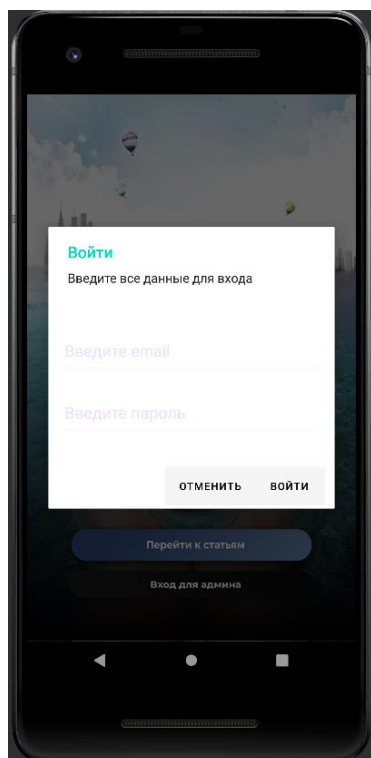


Рис. 2 – Вход для администратора

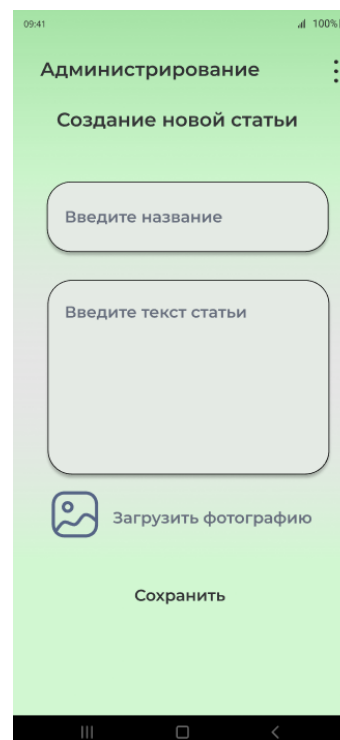


Рис. 3 – Функционал администратора

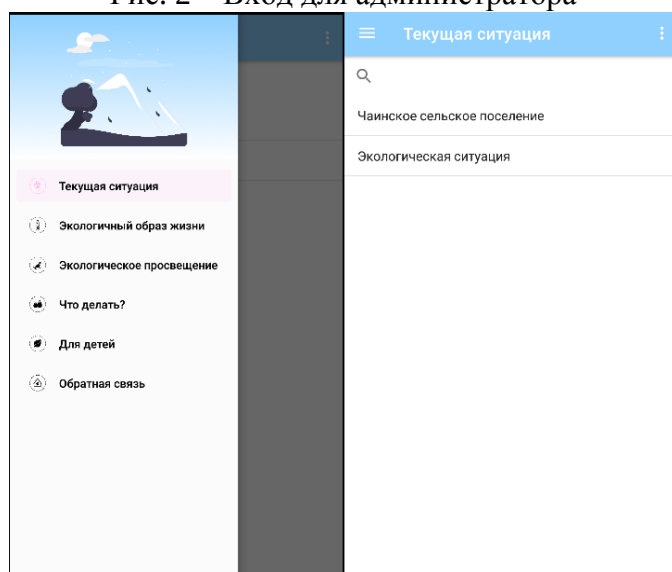


Рис. 4 – Меню пользователя



Рис. 5 – Просмотр контента пользователем

Для установки и использования был выбран сервер Firebase, поскольку в первую очередь он имеет бесплатную версию и обладает достаточно обширным разнообразием доступных инструментов, а также прост в настройке и использовании. Также он легко интегрируется с выбранной средой разработки IDE Android Studio, которая поддерживает разработку на языке программирования Java, содержит макеты для создания UI и бесплатна в использовании.

В приложении используется нереляционная база данных. Она позволяет хранить, извлекать и управлять информацией. Для реализации мобильного приложения «EcoNews» будут использованы такие типы данных как строки и числа. Структура базы данных представлена на рис. 6.

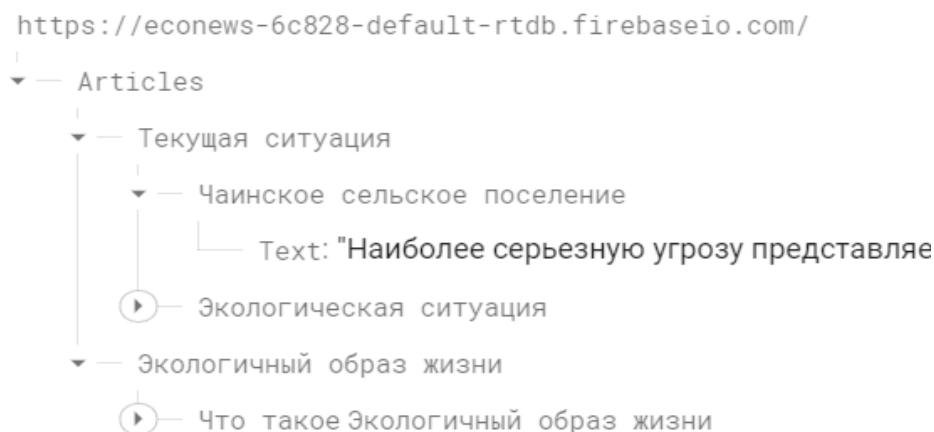


Рис. 6 – Структура базы данных приложения

В заключение можно сказать, что приложения данного направления имеют важное значение для государства. Постоянное развитие мобильных приложений указывает на наличие спроса на них. Внедрение приложений в повседневную жизнь людей приводит к формированию культуры ответственного отношения к мусору, окружающей среде, собственному поведению и социальному контролю за поведением окружающих. Для популяризации таких приложений необходимы масштабные рекламные проекты и социально-ориентированные акции и программы, ставящие своей задачей просвещение населения. В рамках таких акций и программ следует делать упор на удобство и пользу использования мобильных приложений для широких слоев населения.

Список литературы

1. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. "Зелёная экономика" как современный способ развития / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. №3 (29). С.43-45.
2. Рочева О.А., Рочева Я.О. Анализ условий жизни населения России / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. Т. 3. С. 328-331.
3. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Тенденции развития сферы мобильных приложений в современном обществе / Социальная онтология России. Сборник научных статей по докладам XIV Всероссийских Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 399-402.
4. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Основные аспекты развития сферы разработки мобильных приложений / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 1 (19). С. 110-112.

2.3.5

В.С. Осипов¹, Е.А. Серякова², Д.А.Яковлев¹, И.С. Замулин¹

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,

¹инженерно-технологический институт, кафедра программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем²институт непрерывного педагогического образования

osipowvs@gmail.com sea.edu@ya.ru

**ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В
НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОГО
ТЕСТИРОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ**

В работе представлены результаты разработки программного продукта, который позволяет сформировать виртуальную образовательную среду, позволяющую участникам пройти микро-профессиональную пробу для определения склонности к изучению и выбору инженерной профессии в нефтедобывающей отрасли. В статье рассматриваются методы и подходы для реализации такой системы, а также технические вызовы, с которыми столкнулась команда разработчиков. Предлагаются пути решения обозначенных проблем, а также возможные перспективы развития профориентационных проектов на основе виртуальной реальности.

Ключевые слова: *технологии виртуальной реальности, моделирование технических объектов, цифровые иммерсивные технологии, виртуальные образовательные среды.*

Введение

В настоящий момент, набирающие популярность инструменты виртуальной реальности в образовании и производственном обучении дали возможность представить в явном виде абстрактные понятия, создать условия для моделирования, визуализации и погружения пользователя в управление сложными и опасными производственными процессами. Современные виртуальные образовательные среды (далее – ВОС) позволяют предложить виртуальное манипулирование объектами высокой сложности в условиях сниженных организационных, финансовых и технических рисков путем создания платформы для визуализации и представления, которая обеспечивает высокую эффективность образовательного процесса [1-4].

В данной статье, коллектив авторов предлагает использовать эти методы и подходы, доказавшие свою эффективность в практическом применении в разнообразных областях, для решения нетривиальной задачи профессионального ориентирования обучающихся школ по направлениям, в которых сложно организовать проведение очных профориентационных проб ввиду наличия организационных, финансовых и других видов рисков.

Одним из таких направлений является нефтедобывающая отрасль. Создание VR-образовательных сред позволит знакомить пользователей с устройством нефтяных буровых платформ, нефтеперерабатывающих заводов, являющихся одними из самых сложных механизмов, которыми управляют высококвалифицированные специалисты. Кроме того, ВОС позволяют познакомить пользователя с суровыми условиями, в которых работают специалисты нефтяной отрасли, что является одним из значимых факторов, которые необходимо учитывать обучающимся при выборе будущей сферы деятельности наряду с уровнем оплаты труда.

Поскольку технология виртуальной реальности в настоящее время достаточно развита, чтобы обеспечить формирование глубокого пользовательского опыта - участники могут получить широкое представление об отрасли, с хорошим пониманием требуемых навыков, что было бы невозможно реализовать непосредственно на предприятии [3-4]. В программном

продукте «Виртуальный мир профессий: инженер – нефтяник» участникам предлагается познакомиться с управлением процессом решения задачи по гидравлическому разрыву пласта в иммерсивной виртуальной среде.

Стек технологий, используемый для реализации VR

Для создания приложений виртуальной реальности доступны различные виды программного обеспечения. Разработчики могут напрямую полагаться на собственные комплекты средств разработки программного обеспечения или воспользоваться многочисленными возможностями, предлагаемыми игровыми движками и фреймворками.

Собственные комплекты разработки программного обеспечения, которые представляют собой драйверы устройств и программные библиотеки, обеспечивают прямое взаимодействие с операционной системой. Эти фреймворки часто имеют мощную межплатформенную поддержку и обычно поставляются с очень полезными инструментами, такими как редакторы уровней или интегрированные среды разработки (IDE). Наиболее известными в этой категории являются движок Unity и движок Unreal (не только для разработки VR, но и для разработки AR, 2D и т. д.). Что касается Интернета, веб-браузеры синхронизированы с новыми технологиями разработки виртуальной реальности. Такие технологии, как HTML5, WebGL и JavaScript, позволяют разработчикам создавать кроссплатформенные приложения виртуальной реальности.

В рамках данного материала, для оценки эффективности работы программного продукта предлагается измерять такие переменные, как размер проекта, сложность, связность, связанность и наследование, чтобы понять качественные характеристики программных проектов. Чтобы измерить эти атрибуты, необходимо измерить показатели, связанные с каждым атрибутом. Существует два типа метрик, которые следует учитывать: примитивные метрики, связанные с основными свойствами исходного кода (такими как количество строк кода, цикломатическая сложность и т. д.), и метрики проектирования, которые определяют, были ли передовые методы и принципы проектирования соблюдены.

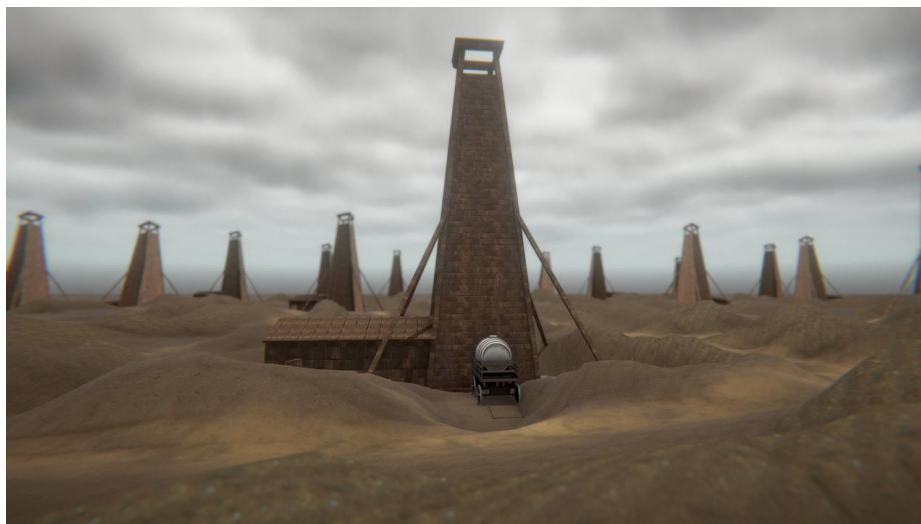


Рис. 1 – Трёхмерные модели в программном продукте

Наконец, 360-градусное стереоскопическое видео, снятое из реального мира (а затем, возможно, улучшенное), может обеспечить особенно реалистичные впечатления, даже если они не являются полностью интерактивными, как виртуальная 3D-среда [1-2].

Метрики программного продукта

Чтобы оценить атрибут качества программного обеспечения, например повторное использование кода, которое определяется как «способность программного обеспечения интегрировать новые реализации» [ISO 9126], необходимо вычислить набор показателей, таких как количество кода, цикломатическая сложность (CC), количество методов на класс и глубина дерева наследования (DIT), необходимых для оценки возможности повторного использования кода [1-2].

Технические сложности и ограничения

– Физически точное отображение объектов моделирования может вызывать когнитивную дезориентацию участников программы. Для решения этой задачи в программном продукте задействованы интерактивные подсказки. Одновременно с этим, следует отметить, что использование таких подсказок может существенно снизить степень погружения учащихся в материал и, таким образом, оказать влияние на результативность тестирования [3-4];



Рис. 2 – Интерактивные подсказки в программном продукте

– Для участников программы может быть затруднительно находиться внутри VR-среды более 30 минут. На физиологическом уровне это проявляется в головокружении, слабости и легкой тошноте. В период функциональных тестов такая реакция наблюдалась у 15%. Пик негативных ощущений, при наступлении которого было необходимо прервать работу участника в симуляторе, достигался к 15 - 18 минуте. Общая рекомендация на данный момент — это структурировать интерактивную программу таким образом, чтобы учащиеся, проходящие тестирование, имели период отдыха, который также следует заполнить активностью профориентационной направленности вне виртуальной среды.

Выводы

Таким образом, предлагается реализация программного продукта, который позволяет реализовать исследование на склонность к профессиональной деятельности инженера-нефтяника. На данном этапе проведено функциональное тестирование, предложены решения для обозначенных проблем. Получены первичные результаты тестирования на специально отобранных фокус-группах. Намечены перспективы использования программного продукта при организации профориентационной работы как в общеобразовательных школах, так и в учреждениях среднего профессионального и высшего образования, реализующих образовательные программы соответствующего профиля.

Список литературы

1. Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С., Меженин А.В., Богатырев В.А. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018. – 59 с
2. Стиллмен Эндрю, Грин Дженифер. Head First. Изучаем С#. 4-е изд. / Пер. с англ. Е. Матвеева. — СПб.: Питер, 2022. — 768 с.: ил. — (Серия «Head First O'Reilly»)
3. Teachers' perceptions of using virtual reality technology in classrooms: A large-scale survey. *Education and Information Technologies* (2022) 27:11591–11613
4. Impact of virtual reality use on the teaching and learning of vectors. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.965640>

2.3.5

А.В. Пантелеев¹ канд. техн. наук, Д.А. Салкин¹ канд. техн. наук,
С.Д. Шибайкин¹ канд. техн. наук, Н.В. Крохин¹, О.И. Пауткина²

¹ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева»,

²Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ

В статье проведено исследование проблемы обнаружения аномального трафика с помощью методов машинного обучения. Одним из преимуществ в обнаружении вторжений в системах на основе искусственного интеллекта - это скорость, так как защита вычислительных ресурсов требует своевременного обнаружения атак. Основным преимуществом методов искусственного интеллекта является обучение признакам атак и определению случаев, не характерных для тех, которые наблюдались ранее. С учетом всех этих проблем проблема анализа трафика сетевой связи остается актуальной с возможностью анализа статистических данных, которые система получает в процессе мониторинга.

Ключевые слова: *градиентный бустинг, ids, машинное обучение, сетевой трафик, случайный лес, дерево решений.*

Введение. Существует множество методов обнаружения атак. По способам обнаружения сетевых атак существует общепринятая классификация, в которой выделяют два класса: методы выявления злоупотреблений и методы обнаружения аномалий. Отслеживание трафика предоставляет информацию об определенном источнике трафика, но модель трафика предоставляет информацию обо всех источниках этого типа трафика.

Анализ трафика. Анализ трафика – необходимая область для управления, контроля и оптимизации, а также для защиты систем. Современные корпоративные сети становятся все более сложными благодаря добавлению многочисленных персональных устройств, множества облачных приложений, точек доступа, виртуальных серверов и тому подобное. Команды администраторов должны тщательно управлять пропускной способностью и качеством обслуживания, внедрять балансировщики нагрузки для высокой доступности, создавать чрезмерную среду для резервного копирования и обеспечивать синхронизированную работу нескольких компонентов в гибридной среде [1].

Следует отметить, что атаки на серверное оборудование с каждым годом становятся все более совершенными, все большими и интенсивными. Актуальной является проблема разработки и совершенствования систем обнаружения вторжений, основной задачей которых является обнаружение сетевых атак, попыток несанкционированного доступа и использования сетевых ресурсов. Быстрое развитие методов разрушительного влияния программного обеспечения на телекоммуникационное оборудование требует сравнительного анализа существующих систем обнаружения атак и предотвращения вторжений с целью определения наиболее эффективных механизмов защиты информационных активов.

После создания записи системой автоматизации учета и анализа трафика сетевых коммуникаций она пересылает пакет дальше в сеть. Система также должна позволить пользователю выбрать один из существующих сетевых интерфейсов в случае нескольких сетевых адаптеров. Каждый из них должен быть описан. Кроме того, пользователь должен иметь возможность приостановить и продолжать учет пакетов из сети.

Существует потребность в разработке механизма, с помощью которого можно создавать графики с аналитической информацией о состоянии сети, когда прослушивание сети приостановлено или полностью остановлено. Система не должна существенно влиять на производительность сетевой карты и должна потреблять много процессорного времени. Основной задачей должен быть анализ и графическое отображение результатов прослушивания с сетевой карты. Трафик данных рассматривается на основе определенных критериев, определяемых пользователем. При анализе трафика неизбежно возникают ошибки разбора. Под этой ошибкой понимается несоответствие между спецификацией протокола (кодом, выполняющим разбор) и данными, разбор которых производится согласно этой спецификации. Несмотря на большое количество научных работ, задача выявления сетевых атак в критических информационных системах, где убытки могут быть угрожающими, решена не до конца [2].

Методы обнаружения аномалий. Методы нахождения нетипичного поведения, аномалий, базирующихся на моделях «нормального» поведения пользователей, вычислительных узлов, сетей, обнаруживают атаки как значительное отклонение от этих моделей. Основным преимуществом такого подхода является потенциальная способность системы распознать неизвестные ранее атаки. Также эти системы могут обнаруживать действия злоумышленника, которые трудно описать сигнатурами. Подходы с использованием методов машинного обучения к проблеме обнаружения вторжений можно разделить на 2 класса:

1) обнаружение неправильного использования построенной прогностической модели на основе Misuse detection – размеченных данных экземпляров, помеченных как «нормальные» или «проницаемые» – демонстрируют высокую точность обнаружения большого количества известных атак – не могут обнаружить неизвестные и новые атаки;

2) обнаружение аномалий – система может обнаруживать новые атаки как отклонение от «нормального» поведения – возможен высокий уровень ложных «срабатываний», так как обнаруженное отклонение не всегда представляет собой реальное вторжение.

Эксперимент. Для выполнения эксперимента и оценки эффективности предложенной модели в качестве образцов атак выбрана база сигнатур UNSW_NB15. В качестве обучающей и тестируемой выборки взяли равное количество данных по 65535 событиям. Общее количество событий в наборе UNSW_NB15 (2540044 события) условно разделено на 10 категорий, каждая из которых имеет свои подкатегории: Analysis (4738 событий), Backdoors (2329 событий), DoS (16253 события), Exploits (44525 событий), Fuzzers: (24246 событий), Generic (215481 событие), Normal (2218761 событие), Reconnaissance (13987 событий), Shellcode (1511 событие), Worms (174 события).

После обучения и включения IDS в режиме эксплуатации с компрометирующего ресурса запускалась утилита, в задачу которой входило проведение атак. Для генерации атак была использована утилита Scapy, которая использовала тестируемую выборку из набора UNSW_NB15.

Результаты. Для анализа наиболее эффективного классификатора использовались следующие методы машинного обучения, основанные на деревьях (графах): Метод k-ближайших соседей [3], Случайный лес [4], Дерево решений [5], Байесовский классификатор, XGBoost [6], LGBM [7], CatBoost. Выполненный эксперимент с рассмотренными выше классификаторами выявил в итоге результаты, приведенные в таблице. Максимальную эффективность выявил классификатор от Yandex CatBoost (Таблица 1). Он же оказался наиболее результативным, чем остальные классификаторы.

Таблица 1 – Метрики качества детекции аномалий

Метрики	Классификаторы						
	KNN	Случайный лес	Дерево решений	НБК	XGBoost	LGBM	CatBoost
Accuracy	0,800	0,931	0,913	0,890	0,938	0,949	0,954
BalancedAccuracy	0,725	0,912	0,884	0,817	0,912	0,928	0,932
Precision	0,900	0,953	0,946	0,978	0,965	0,971	0,978
Recall(Sensitivity)	0,750	0,914	0,887	0,832	0,915	0,929	0,934
TNR(Specificity)	0,875	0,950	0,942	0,973	0,963	0,970	0,976
F1-мера	0,818	0,933	0,916	0,899	0,939	0,950	0,955
TPR	0,700	0,910	0,880	0,803	0,910	0,926	0,930
FPR	0,125	0,050	0,058	0,027	0,037	0,030	0,024
Время обучения,с	1	312.4	42.86	9.3	729	250	43.36

Закключение. С точки зрения анализа обучения классификаторов наиболее быстрым в обучении оказался НБК и CatBoost. KNN классификатор оказался самым быстрым, т.к. он использует стандартную сортировку в Евклидом пространстве и для его использования не требуется обучения, однако с точки зрения точности данный классификатор показал неудовлетворительные результаты. Разработанный классификатор может быть использован в IDS системах нового поколения и системах поддержки принятия решений для защиты от сетевых атак в критических системах.

Список литературы

1. *Пантелеев, А.В.* Системный анализ в телекоммуникационных системах // А.В. Пантелеев, С.Д. Шибайкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – Т. 101, № 11. – С. 102–104.
2. *Пантелеев, А.В.* Информационное обслуживание и тестирование телекоммуникационных систем // А. В. Пантелеев, С. Д. Шибайкин // Перспективы науки. – 2019. – Т. 122, № 11. – С. 96–99.
3. *Шибайкин С.Д., Егунова А.И., Аббакумов А.А.* Анализ применения нейронных сетей, градиентного бустинга и метода ближайших соседей для классификации нормативно-справочной информации // Науч.-техн. вестн. Поволжья. 2020. № 2. С. 54–58.
4. *Nikulin V.V.* Application of machine learning methods for automated classification and routing in ITIL / Nikulin V.V., Shibaikin S.D., Vishnyakov A.N. // Journal of Physics: Conference Series. 5. Vol. "5th International Scientific Conference on Information, Control, and Communication Technologies, ICCT 2021" 2021. С. 012041.
5. *Shibaikin S.D.* Analysis of the application of machine learning methods for automated classification and routing in the itil library / Shibaikin S.D., Nikulin V.V., Vishnyakov A.N. // International Scientific Forum on Control and Engineering. 5th International Scientific Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT-2021), 14th International Conference on Acousto-Optic and Radar Methods of Measurement and Information Processing (ARMIMP-2021). 2021. С. 81-83.
6. *Никулин В.В.* Применение методов машинного обучения для автоматизированной классификации и маршрутизации в библиотеке ITIL / В.В. Никулин, С.Д. Шибайкин, М.С. Соколова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 1. С. 42-52.
7. *Егунова А.И.* Анализ алгоритмов и решений для автоматической генерации подвонок новостных статей в соцсетях с использованием искусственного интеллекта. А.И. Егунова, Р.С. Комаров, Ю.С. Вечканова, О.И. Егунова, Д.П. Сидоров, С.Д. Шибайкин, В.В. Никулин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 1. С. 25-35.

2.3.5

Д.А. Хвостов¹, В.Э. Шейн²

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,

¹инженерно-технологический институт, кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,²институт менеджмента, экономики и агротехнологий, кафедра экономики и бизнеса, Абакан, daniil.xv@mail.ru sheyn-v@mail.ru**РЕАЛИЗАЦИЯ ИПОТЕЧНОГО КАЛЬКУЛЯТОРА С УЧЁТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ**

В работе представлены результаты разработки программного продукта для расчёта периода ипотечного кредитования с учётом дополнительных платежей. Данное приложение позволит максимально точно рассчитать переплату заёмщика, а также максимальный процент, который он возвратит кредитору и процент с учётом дополнительных выплат. Также описывается стек технологий и реализация, которые сопровождаются листингом и изображениями.

Ключевые слова: аннуитетный платёж, Avalonia, C#, ипотечный калькулятор.

Введение

Чтобы экономика государства эффективно функционировала, необходимо выполнять определенные условия. Например, использование кредитов оказывает активное воздействие на объем и структуру денежной массы, платежного оборота, скорость обращения денег. Данный механизм не имеет экономического смысла без обеспечения интересов кредитора. Самым действенным методом обеспечения интересов кредиторов является защита через механизм использования залога имущества, то есть ипотеки.

Также для этого стоит отметить факторы, которые обуславливают данный механизм. К ним можно отнести: низкий оборот недвижимости, благодаря чему кредитор имеет возможность контролировать либо препятствовать ее продаже; как правило, цена на недвижимость непрерывно растет, гарантируя тем самым полное погашение кредита; дороговизна и риск отчуждения недвижимости стимулируют должника своевременно и в полном размере отвечать по своим обязательствам.

Стоит отметить, что в России стремительно развивается ипотечное кредитование, что порождает необходимость в разработке различных ипотечных калькуляторов. Практически каждый банк имеет свой собственный калькулятор, который позволяет рассчитать платежи и получить практически все необходимые данные для пользователя. Однако ни в одном из них не реализованы платежи, которые заёмщик может вносить дополнительно.

Так как аннуитетный тип платежа является широко используемым, чем дифференцированный, то приложение было реализовано с учетом аннуитетных платежей.

Среди аналогов существует возможность указывать дополнительную плату, но с периодичностью. Данный программный продукт позволяет указывать на каждый месяц произвольный платёж.

Платежи, которые расположены ниже колонки с дополнительной суммой, обновятся или же вовсе удалятся из таблицы. Дополнительно приложение рассчитывает, как много заёмщик сэкономит.

Также при использовании приложения нужно учесть, что дополнительный платеж эффективен только тогда, когда он вносится вместе с платежом по кредиту и в зависимости от даты выдачи кредита на личные цели.

Формула для расчёта аннуитента [1]:

$$P_{\text{еп}} = O_{\text{ск}} \frac{\text{ПС}}{1 - (1 + \text{ПС})^{-\text{ПП} - 1}},$$

где $P_{\text{еп}}$ — размер ежемесячного платежа,

Оск — остаток суммы займа,

ПС — месячная процентная ставка (рассчитывается как ставка по кредиту /100 *12),

ПП (-1) — процентные периоды до окончания срока кредита (в месяцах).

Стек технологий

Для реализации ипотечного калькулятора учётом дополнительных платежей был выбран язык программирования C# и фреймворк Avalonia [2].

Avalonia применяет архитектурный паттерн MVVM, который позволяет отделять логику программного продукта от его визуальной части. Данный фреймворк позволяет разрабатывать приложения практически под все актуальные операционные системы: Windows, Linux, macOS, Android, iOS. Паттерн делится на три основные части: View, Model, ViewModel [3].

Model – описывает бизнес процессы программного продукта. Данная часть кода связана с данными, например, с валидацией. При этом model не должна содержать части, отвечающей за графический интерфейс и взаимодействие с ним.

View – является определением визуальной части программного продукта, которое, как и в WPF, реализуется с помощью xaml и вспомогательного файла, который содержит начальную инициализацию окна. В данной части программного продукта реализуется лишь графический интерфейс, бизнес логика и взаимодействие с ней во view не присутствуют.

ViewModel используется для связи бизнес логики с графическим интерфейсом. То есть данная часть скрывает под собой получение данных из view и model, а также её дальнейшую маршрутизацию.

Взаимодействие с графическим интерфейсом

Визуальная часть программного продукта делится на две основные части: таблица данных, таблица выплат.

В таблице данных пользователь вводит следующую информацию:

- сумму займа,
- процентная ставка,
- срок кредитования,
- дата выдачи.

Для формирования таблицы выплат пользователю необходимо нажать на кнопку «Обновить». После генерация строк таблицы. Если же в одной из строк заменить данные, все нижние колонки обновятся, создадутся или же удалятся автоматически.

Если же пользователю необходимо изменить значения займа повторно, то после их изменения необходимо опять обновить таблицу. Графический интерфейс представлен на рисунке 1.

AvaloniaCalculator.GUI

Значения займа		Сведения о платежах		С дополнительными платежами	
Сумма (руб)	1 500 000	Платёж	69564,06	Экономия	132271,64
Процентная ставка	10,50 %	Количество платежей	24	Количество платежей	8
Срок	24	Сумма процентов	169537,50	Сумма процентов	37265,86
Дата выдачи	14.03.2023	Общая сумма кредита	1669537,50	Общая сумма кредита	1537265,86
Обновить					

Номер	Дата	Сумма	Платёж	Основной долг	Проценты	Остаток после платежа	Дополнительный платёж
1	14.03.2023	1500000,00	69564,06	56439,06	13125,00	1443560,94	0
2	14.04.2023	1443560,94	69564,06	56932,90	12631,16	386628,03	1000 000
3	14.05.2023	386628,03	69564,06	66181,07	3383,00	320446,97	0
4	14.06.2023	320446,97	69564,06	66760,15	2803,91	253686,81	0
5	14.07.2023	253686,81	69564,06	67344,30	2219,76	186342,51	0
6	14.08.2023	186342,51	69564,06	67933,57	1630,50	118408,95	0
7	14.09.2023	118408,95	69564,06	68527,98	1036,08	49880,96	0
8	14.10.2023	49880,96	50317,42	49880,96	436,46	0,00	0

Рисунок 1 – графический интерфейс программного продукта.

Реализация

Для функционирования программного продукта было разработано ядро, которое включает в себя блок с математическими функциями для расчёта ежемесячных выплат.

Весь блок устроен так, чтобы рекурсивно генерировать последующие данные о последующих выплатах. То есть при введении начальных значений генерируется первая выплата, а последующие создаются пока остаток после платежа не станет равен нулю. Функция для получения последующих выплат представлена в листинге 1.

Листинг 1 – функция для генерации последующей выплаты.

```
public TableRow? GetNext() {  
    if (LoanAfterPayment <= 0) {  
        return null;  
    }  
    var r = Date.AddMonths(1);  
    return new TableRow(Id+1, r, LoanAfterPayment, Payment, percent);  
}
```

Для реализации интерактива с полями ежемесячных выплат использовался посредник (далее Mediator), который запускает обновление последующих полей всей таблицы. Mediator представлен в листинге 2.

Листинг 2 – имплементация mediator.

```
abstract class Mediator  
{  
    public abstract void GenerateRows(int index);  
}
```

При необходимости обновить данные приложения, запускается функция, а mediator стирает старые поля, генерирует новые, а затем отображает их.

Для отображения данных используется datagrid, где все поля связаны с использованием Binding. Binding является инструментом, который реализует связь между графическим интерфейсом программного продукта и бизнес-логикой программного продукта. Для отображения одной колонки используется DataGridViewTextBoxColumn. С помощью атрибута Binding устанавливается связь с объектом бизнес-логик. Дополнительно, указывается формат, в котором эти данные должны отобразиться и заголовок столбца.

Пример связи одного из полей элемента datagrid представлен в листинге 3.

Листинг 3 – реализация колонки таблицы.

```
<DataGridViewTextBoxColumn Header="Основной          долг"  
    Binding="{Binding MainPayment,"  
    StringFormat="{0:0.00}}"/>
```

Выводы

Таким образом, был реализован программный продукт для ЭВМ, который рассчитывает аннуитетный платёж. Программный продукт, как тестовый вариант разработан в десктопной форме, однако перенос данного программного продукта возможен практически на все платформы. Также его можно использовать как блок, который можно внедрить в другие программный продукты.

Список литературы

1. Расчёт аннуитетных платежей по кредиту - калькулятор, формула расчёта аннуитетного платежа | Райффайзен Банк (raiffeisen.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://www.raiffeisen.ru/wiki/kak-rasschitat-annuitetnyj-platezh/> (Дата обращения: 25.03.2023);
2. *Стиллмен Эндрю, Грин Дженнифер*. Head First. Изучаем C#. 4-е изд. / Пер. с англ. Е. Матвеева. — СПб.: Питер, 2022. — 768 с.: ил. — (Серия «Head First O'Reilly»);
3. Welcome - Avalonia UI [Электронный ресурс] URL: <https://docs.avaloniaui.net/> (Дата обращения: 25.03.2023);

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

2.3.6

Д.С. Алексеев канд. техн. наук, Р.С. Козлов

Костромской государственный университет, институт физико-математических и
естественных наук, кафедра защиты информации,
Кострома, d_alekseev@ksu.edu.ru, ko2lov.r@yandex.ru

**МЕТОД ПРАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ
ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО
ТЕХНИЧЕСКОМУ КАНАЛУ**

В работе раскрыты особенности технического канала утечки конфиденциальной информации за счет голосовой передачи данных с использованием беспроводного канала стандарта GSM. Рассмотрены различные генераторы электромагнитных полей и их основные технические характеристики, полученные по результатам исследований. Описан метод практической оценки эффективности и обоснования выбора технического средства активной защиты от утечки конфиденциальной информации.

Ключевые слова: защита информации, утечка информации, речевая информация, активная защита, стандарт GSM.

Необходимость использования активных средств защиты от утечки конфиденциальной информации по техническому каналу продиктована требованиями руководящих документов [1]. Современные средства разведки постоянно совершенствуются, потому что технический прогресс идет не просто в ногу со временем, а гораздо быстрее. Поэтому обоснование выбора оптимального средства активной защиты является актуальной задачей. Под оптимальностью средства защиты в данной работе понимается, в первую очередь, соответствие его характеристик предъявляемым требованиям по защите технического канала от утечки информации и, кроме этого, наличие особых возможностей эксплуатации средств защиты с различными типами источников энергоснабжения – как стационарными, так и мобильными.

Информация всегда была, является и будет одним из ценнейших ресурсов. Конфиденциальную информацию необходимо охранять [2]. Несанкционированный доступ к конфиденциальной информации может быть получен различными способами [3, 4]. Распространенным примером реализации угрозы утечки речевой конфиденциальной информации является применение радиозакладок. Однако, применение данного способа утечки информации предполагает наличие технологического оборудования, что затрудняет его использование неподготовленными злоумышленниками. Один из каналов, не требующий специальных средств технической разведки, который становится доступным при недобросовестной конкурентной борьбе за информацию, основан на использовании голосовой передачи данных в сетях сотовой связи. Работа голосовой связи в сотовой сети организована на частотах различных стандартов [5, 6]. В данной работе будут рассмотрены только стандарты GSM-900 и GSM-1800 (рис. 1).

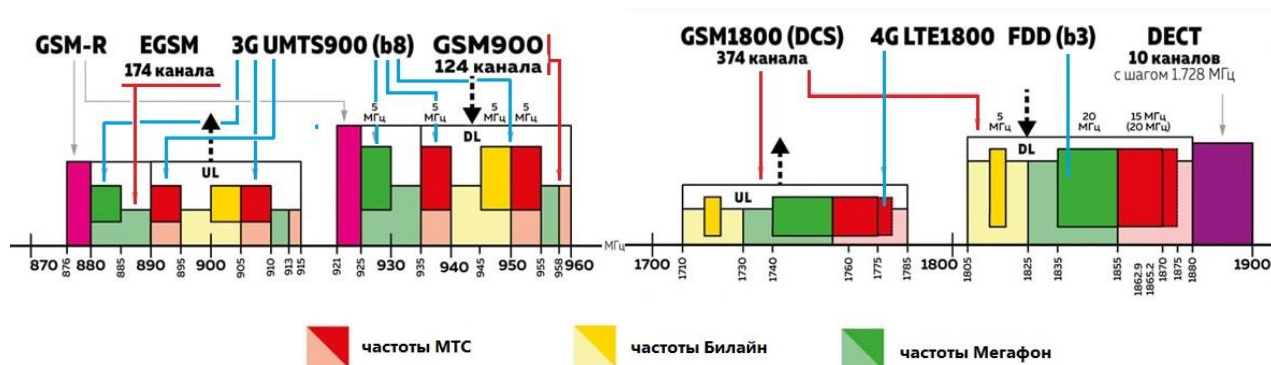


Рис. 1 – Частотные диапазоны стандартов связи

Европейским институтом стандартизации электросвязи установлены границы частотных диапазонов GSM. Так, например, связь стандарта GSM-900 организована в диапазоне частот от 890 до 960 МГц. В GSM реализован частотный метод дуплексирования каналов. Передача голосовой информации (uplink) осуществляется в полосе частот 890–915 МГц, а принимается сигнал от базовой станции (downlink) в полосе частот 935–960 МГц (таблица 1). Переключение каналов во время сеанса связи происходит при изменении мощности сигнала. При этом разность между сменяемыми частотами приема/передачи постоянна и равна 45 МГц для стандарта GSM-900. Разнос частот между соседними каналами связи составляет 200 кГц. В отведённой для приёма/передачи полосе частот шириной 25 МГц размещается 124 канала связи.

Таблица 1 – Основные характеристики стандартов GSM

Характеристики	GSM-900	GSM-1800
Частоты передачи и приёма телефонной связи (uplink), МГц	890-915	1710-1785
Частоты приёма и передачи телефонной связи (downlink), МГц	935-960	1805-1880
Дуплексный разнос частот приёма и передачи, МГц	45	95
Количество частотных каналов связи с шириной 1 канала связи в 200 кГц	124	374

Связь стандарта GSM-1800 организована в диапазоне частот 1710 – 1880 МГц и обеспечивает переключение сеансов связи в 374 каналах. То есть связь стандартов GSM передает голосовую информации в различных условиях, в том числе, при перемещении абонентов. Следовательно, предотвращение утечки конфиденциальной речевой информации должно быть обеспечено, в том числе, при ее обработке в движении, например, в автомобиле.

Предотвращение утечки конфиденциальной речевой информации в техническом канале за счет возможностей сотовой связи обеспечивается средствами активной защиты. Существует множество различных вариантов исполнения таких средств, в том числе и самодельных [7]. Не смотря на разнообразие вариантов, выбор специалистов по защите информации останавливается на сертифицированных средствах защиты, поскольку именно эти средства гарантируют предотвращение утечки. В коммерческих организациях выбор сертифицированных средств активной защиты чаще сводится к оценке экономических показателей, чем к оценке технических характеристик. Среди активных средств защиты от утечки информации (генераторов шума) присутствуют образцы, которые формируют комплексный сигнал в широком диапазоне частот. Если требуется, например, защита от утечки только речевой информации и зашумление частот только GSM диапазонов, с сохранением работоспособности средств передачи данных на иных частотных диапазонах, то выбор средств усложняется. Наличие средств измерений позволяет выполнить оценку эффективности средств защиты и обосновать их выбор.

Активные средства обеспечивают защиту от утечки информации путем излучения в окружающее пространство электромагнитного поля шума, превышающего показатели излучений технических средств обработки конфиденциальной информации (телефонов сотовой связи). То есть, уровень излучения генератора шума должен превышать уровень излучения сигнала связи в GSM диапазонах.

Рассмотрим несколько сертифицированных средств активной защиты от утечки информации и результаты исследования их технических характеристик (таблица 2).

Устройство Соната-Р2 обеспечивает защиту информации, обрабатываемой объектами вычислительной техники, от ее утечки по техническим каналам за счет побочных электромагнитных излучений и наводок на линии электропитания, заземления, вспомогательных технических средств и другие токоведущие инженерные коммуникации. Результаты исследования характеристик генератора шума, полученные с помощью анализатора спектра Rohde&Schwarz [8], показали, что его частотный диапазон от 200 кГц до 2,23 ГГц обеспечивает перекрытие не только диапазонов GSM, но и частот других стандартов связи.

Таблица 2 – Основные технические характеристики генераторов шума

Наименование устройства	Частотный диапазон сигнала	Средний уровень сигнала, дБмкВ
Соната Р2	200 кГц – 2,23 ГГц	42
Соната Р3.1	200 кГц – 905 МГц	49
Салют 2000Б	200 кГц – 2,1 ГГц	43
Морфей-МК3	875,6 МГц – 984,8 МГц	82
	1798 МГц – 1926 МГц	56

Средство активной защиты Соната-Р3.1 предотвращает утечку информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок на линии электропитания и заземления, линии проводной связи и токоведущие проводные коммуникации. Диапазон электромагнитного шума Сонаты-Р3.1 обеспечивает частичное перекрытие диапазона GSM.

Исследования характеристик изделия генерации и излучения электрических и электромагнитных помех Салют 2000Б, обеспечивающего защиту обрабатываемой конфиденциальной информации основными техническими средствами и системами объектов информатизации показали, что частотный диапазон генератора шума шире границ диапазонов GSM.

Устройство защиты от утечки информации по цифровым радиоканалам передачи данных Морфей-МК3 предназначено для блокирования возможности организации связи между базовыми станциями и оконечными устройствами стандартов GSM-900/1800, E-GSM, CDMA, DECT и др. Измерения электромагнитного шума этого устройства показали, что его диапазон частот обеспечивает подавление диапазонов стандартов связи, обеспечивающих голосовую передачу данных.

Сравнительный анализ рассмотренных сертифицированных средств активной защиты позволяет по результатам практических измерений установить, что для обеспечения защиты от утечки конфиденциальной информации по техническому каналу с использованием стандартов связи GSM-900 и GSM-1800 наиболее подходит устройство Морфей-МК3.

На рисунке 2 наглядно показано, что амплитуда генератора шума и границы его частотного диапазона уверенно перекрывают (верхняя кривая белого цвета) показатели электромагнитных излучений технических средств обмена данными (нижняя кривая желтого цвета) в диапазоне стандарта GSM-900.

Диапазоны других стандартов связи остаются доступными для передачи данных. Не менее важным является то обстоятельство, что данный генератор шума может работать не только стационарно от сети переменного тока, но и при движении от электросети автомобиля.

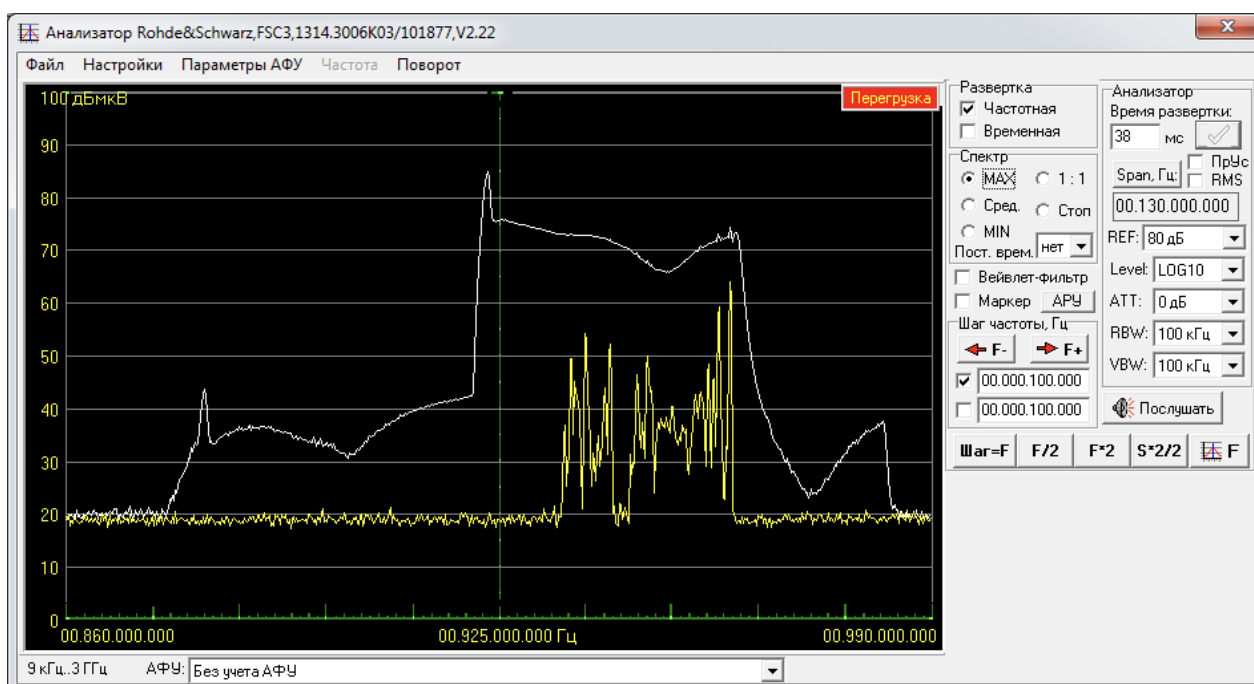


Рис. 2 – Окно анализатора спектра с этапом исследования частотного диапазона устройства Морфей-МКЗ

Таким образом, рассмотренный метод практической оценки эффективности и обоснования выбора средства активной защиты от утечки информации на основе исследования фактических показателей устройств с использованием средства измерения позволяет убедиться в соответствии заявленных производителями технических характеристик средств защиты их фактическим показателям. Наличие средств измерения, отображающих реальные показатели исследуемых устройств активной защиты, позволяет документально обосновать их выбор. Это значит, что для коммерческих организаций выбор средств активной защиты может выполняться не только среди сертифицированных образцов, а также по результатам практических измерений технических показателей оборудования.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.07.2004 г. № 98-ФЗ «О коммерческой тайне» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/21227> (дата обращения 21.03.2023).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24157> (дата обращения 21.03.2023).
3. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. / В. Ф. Шаньгин, – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 592 с.: ил.
4. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи / Под ред. доктора техн. наук, проф. О. Б. Макаревича. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 360 с.:ил.
5. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополненное. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
6. Определение частоты сигнала сотового оператора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://антеннаяслужба.рф/index.php?route=newsblog%2Farticle&newsblog_path=4&newsblog_article_id=1 (дата обращения 21.03.2023).
7. Кашкаров А.П. Электронные устройства для глушения беспроводных сигналов (GSM, Wi-Fi, GPS и некоторых радиотелефонов) / А.П. Кашкаров. – Москва: ДМК Пресс, 2016. – 96 с.
8. Алексеев Д.С. Проведение специальных исследований по каналу ПЭМИН монитора (VGA интерфейса) с использованием ПАК «Сигурд»: учеб. пособие / Д. С. Алексеев, О. В. Щекочихин, А. А. Волков. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2018. – 87 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.В. Репина, Т.Ю. Миракова, А.А. Иванова,
Р.Х. Шагимуллин

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВУЛКАНИЗАТОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

Ключевые слова: полисульфидный олигомер, комплексобразование, плотность цепей полимерной сетки.
В работе методом ЯМР изучено температурное поведение вулканизатов промышленных жидких тиоколов, отвержденных промышленными вулканизующими агентами: диоксидом марганца, диоксидом свинца и водным раствором бихромата натрия. По найденным температурным зависимостям ширины линии ЯМР определены температуры стеклования вулканизатов. Сравнение температурных зависимостей вулканизатов с температурным поведением исходного ПСО позволило определить особенности строения образующейся вулканизационной сетки олигомеров, что особенно важно для их дальнейшей эксплуатации на практике.

И.Н. Беляева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ГРИНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ
КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Ключевые слова: функция Грина, дифференциальное уравнение, собственные значения.
В работе представлен способ решения краевой задачи на собственные значения. Используя разработанную в системе компьютерных вычислений Maple программу GRESA, для заданного дифференциального уравнения второго порядка была построена функция Грина в виде обобщенных степенных рядов. С помощью найденной функции Грина была решена краевая задача на собственные значения.

А.В. Волков, А.А. Горбунов, Е.В. Заварцева, А.А. Александров,
А.С. Карякин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЯВЛЕНИЯ
АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА НА ПОРОГОВОЕ
ЗНАЧЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ НАТРИЕВОЙ
ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: пиковая мощность, акустический резонанс, натриевая лампа, математическая модель.
Моделирование и последующий анализ режима работы натриевой лампы высокого давления при появлении акустического резонанса является актуальной задачей. Анализ потребляемой мощности натриевой лампы высокого давления позволяет определить изменения, происходящие в лампе в зависимости от частоты появления акустического резонанса, а также возможные спектральные распределения различных гармонических составляющих, возникающих при различных значениях пиковой мощности. Для исследования потребляемой мощности необходимо определить значения напряжения и тока в течение положительного полупериода питающего напряжения. В статье рассматривается методика определения потребляемой пиковой мощности на различных частотах акустического резонанса.

Е.В. Гусев, А.П. Князев, А.П. Кононенко
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
МЕЖПЛАНЕТНОГО ПЕРЕЛЁТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЁТА НА
ЛУНУ

Ключевые слова: полет к Луне, оптимальная траектория, гомановская траектория, биэллиптическая переходная орбита.
В данной статье рассмотрена задача моделирования космического полета, на основе которой произведён расчёт траекторий межпланетных перелётов. По результатам исследования была определена наиболее эффективная траектория полета на Луну с точки зрения массового расхода топлива.

V.S. Minkin, A.V. Repina, T.Yu. Mirakova, A.A. Ivanova,
R.H. Shagimullin

FEATURES OF THE STRUCTURE OF VULCANIZATES
OF INDUSTRIAL LIQUID THIOLS

Keywords: polysulfide oligomer, complex formation, density of polymer mesh chains.

In this work, the temperature behavior of vulcanizates of industrial liquid thiols cured with industrial vulcanizing agents: manganese dioxide, lead dioxide and an aqueous solution of sodium bichromate was studied by NMR. The glass transition temperatures of vulcanizates are determined by the found temperature dependences of the NMR line width. Comparison of the temperature dependences of vulcanizates with the temperature behavior of the initial PSO made it possible to determine the structural features of the resulting vulcanization grid of oligomers, which is especially important for their further operation in practice.

I.N. Belyaeva

USING THE GREEN'S FUNCTION TO SOLVE A
BOUNDARY VALUE EIGENVALUE PROBLEM

Keywords: Green's function, differential equation, eigenvalues.
The paper presents a method for solving a boundary value problem on eigenvalues. Using the GRESA program developed in the Maple computer computing system, the Green function was constructed in the form of generalized power series for a given second-order differential equation. With the help of the found Green's function, the boundary value eigenvalue problem was solved.

A.V. Volkov, A.A. Gorbunov, E.V. Zavarceva,
A.A. Aleksandrov, A.S. Karyakin

MODELING THE INFLUENCE OF THE ACOUSTIC
RESONANCE PHENOMENON ON THE THRESHOLD
VALUE OF THE POWER CONSUMPTION OF A HIGH-
PRESSURE SODIUM LAMP

Keywords: peak power, acoustic resonance, sodium lamp, mathematical model.

Modeling and subsequent analysis of the operation mode of a high-pressure sodium lamp in the presence of acoustic resonance is an urgent task. An analysis of the power consumption of a high-pressure sodium lamp makes it possible to determine the changes that occur in the lamp depending on the frequency of occurrence of acoustic resonance, as well as the possible spectral distributions of various harmonic components that occur at different peak power values. To study the power consumption, it is necessary to determine the values of voltage and current during the positive half-cycle of the supply voltage. The article discusses a method for determining the consumed peak power at various acoustic resonance frequencies.

E.V. Gusev, A.P. Knyazev, A.P. Kononenko
DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF AN
INTERPLANETARY FLIGHT IN ORDER TO DETERMINE
THE MOST EFFECTIVE MOON FLIGHT TRAJECTORY
Keywords: Moon flight, optimal trajectory, Hohmann transfer orbit, Bi-elliptic transfer.

In this article, a space flight simulation system is considered, on the basis of which a high-precision calculation of the trajectories of interplanetary flights is made. According to research results, the most effective flight path to the moon was determined in terms of mass fuel consumption.

А.Е. Лебедев, А.В. Оборин, А.А. Ватагин, Ф.С. Орлов
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В РАЗРЕЖЕННОМ
СОСТОЯНИИ

Ключевые слова: смешение, струйные потоки, сегрегация, дисперсные среды, фазовый объем.

В статье рассматривается математическое описание процесса переработки дисперсных сред в разреженном состоянии. Предложен общий подход к описанию процесса с использованием вероятного подхода. На основе предлагаемого подхода может быть составлена методика расчета аппаратов, работающих на принципе взаимодействия разреженных потоков.

Г.А. Овсенко, Р.С. Кашаев, О.В. Козелков, А.В. Каляшина
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ СИСТЕМ
ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЕЩЕСТВ

Ключевые слова: концентрация, качества измерения, мехатронный комплекс, MatLab, цифровой фильтр, нефти.

В работе разработана модель цифрового фильтра двухконтурной системы измерения концентраций веществ в мехатронном комплексе. Для достижения поставленной цели решались задачи построения и расчетов цифровых фильтров двухконтурной измерительной системы, которые являются помехоустойчивыми, и допускают перепрограммирование с целью изменения качества измерения.

А.Д. Омарова, Е.В. Гулынина
УСЛОВИЕ ЕДИНСТВЕННОСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО
РЕШЕНИЯ И СХОДИМОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ
ПРИБЛИЖЕНИЙ К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНОГО
ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМ
ВОГНУТЫМ ОПЕРАТОРОМ

Ключевые слова: уравнения с нелинейными операторами, операторное уравнение, неразложимый оператор, спектральный радиус, вогнутость оператора, сходимость последовательных приближений.

В работе представлены результаты, дополняющие известные условия существования неотрицательного решения уравнений межотраслевого баланса с дифференцируемым вогнутым оператором. Приведено дополнительное условие существования неотрицательного решения операторного уравнения, сформулирована и доказана теорема о сходимости последовательных приближений к решению нелинейных уравнений с дифференцируемым вогнутым оператором. Обозначенные в теореме условия гарантируют более быструю сходимость последовательных приближений к решению нелинейного операторного уравнения с дифференцируемым вогнутым оператором.

А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин
ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ТЕПЛООБМЕНА
МАСЛООХЛАДИТЕЛЯ ПРИ НАЛОЖЕННЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ
ПОТОКА

Ключевые слова: пульсирующие течения, интенсификация теплообмена, трубчатый теплообменный аппарат.

В работе численным методом исследован теплообмен в трубе при пульсирующем течении масла с числом Рейнольдса 280, 350, 420. Амплитуда пульсаций A/D находилась в диапазоне от 11 до 23, число Струхала от 0,021 до 0,032, скважность и частота пульсаций были постоянными и соответствовали 0,3 и 1 Гц соответственно. Диаметры D трубы был 0,014 м. Длина трубы составляла $100D$. Пульсаций потока имели несимметричный характер. Численный эксперимент проводился с помощью AnsysFluent. В работе сделана оценка теплогидравлической эффективности пульсационного метода интенсификации. Рост гидравлического сопротивления достигал 10, при этом рост интенсификации теплообмена не превышал 9%. По полученным данным численного эксперимента была рассчитана оценка снижения площади теплообмена маслоохладителя МБ-60-90.

A.E. Lebedev, A.V. Oborin, A.A. Vatagin, F.S. Orlov
MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESSES
OF PROCESSING OF DISPERSIVE MEDIUM IN THE
RAFFERED STATE

Keywords: mixing, jet flows, segregation, dispersed media, phase volume.

The article deals with the mathematical description of the process of processing dispersed media in a rarefied state. A general approach to the description of the process using a probable approach is proposed. On the basis of the proposed approach, a method for calculating apparatuses operating on the principle of interaction of rarefied flows can be drawn up.

G.A. Ovseenko, R.S. Kashaev, O.V. Kozelkov,
A.V. Kalyashina
SIMULATION OF A DIGITAL FILTER FOR SUBSTANCE
CONCENTRATION MEASUREMENT SYSTEMS

Keywords: concentration, measurement quality, mechatronic complex, matlab, digital filter, oil.

The paper develops a model of a digital filter of a two-circuit system for measuring concentrations of substances in a mechatronic complex. To achieve this goal, the tasks of constructing and calculating digital filters of a two-circuit measuring system were solved, which are noise-resistant and allow reprogramming in order to change the measurement quality.

A.D. Omarova, E.V. Gulynina
THE UNIQUENESS CONDITION OF A POSITIVE
SOLUTION AND THE CONVERGENCE OF SUCCESSIVE
APPROXIMATIONS TO THE SOLUTION OF A
NONLINEAR OPERATOR EQUATION WITH
DIFFERENTIABLE CONCAVE OPERATOR

Keywords: equations with nonlinear operators, operator equation, indecomposable operator, spectral radius, operator concavity, convergence of successive approximations.

The paper presents the results complementing the known conditions for the existence of a non-negative solution of the intersectoral balance equations with a differentiable concave operator. An additional condition for the existence of a non-negative solution of the operator equation is given, a theorem on the convergence of successive approximations to the solution of nonlinear equations with a differentiable concave operator is formulated and proved. The conditions indicated in the theorem guarantee a faster convergence of successive approximations to the solution of a nonlinear operator equation with a differentiable concave operator.

A.I. Haibullina, A.R. Khairullin
EVALUATION OF THE OIL COOLER HEAT TRANSFER
AREA UNDER PULSATING FLOW

Keywords: pulsating flows, heat transfer intensification, tubular heat exchanger.

In this work, the heat transfer in a pipe with a pulsating oil flow with Reynolds numbers of 280, 350, and 420 was studied by a numerical method. The amplitude of the pulsations A/D was in the range from 11 to 23, the Strouhal number was from 0.021 to 0.032, the duty cycle and the frequency of the pulsations were constant and corresponded to 0.3 and 1 Hz, respectively. The pipe diameter D was 0.014 m. The length of the pipe was $100D$. The flow pulsations had an asymmetric character. The numerical experiment was carried out using AnsysFluent. An estimate of the thermal-hydraulic efficiency of the pulsating method of intensification is made. The increase in hydraulic resistance reached 10, while the increase in heat transfer intensification did not exceed 9%. Based on the obtained data of the numerical experiment, an estimate of the reduction in the heat exchange area of the oil cooler MB-60-90

Снижение площади теплообмена маслоохладителя может составлять от 3% до 9% в зависимости от режима пульсаций.

А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин, А.Н. Долгова
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В
ВОЛНИСТОМ КАНАЛЕ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ
ПУЛЬСАЦИЯХ

Ключевые слова: пластинчатый теплообменник, волнистый канал, интенсификация теплообмена, пульсационное течение, численный эксперимент.

В работе численным методом рассмотрен теплообмен при пульсациях потока теплоносителя. Геометрические параметры исследуемого канала были выбраны с целью имитации течения между пластинами пластинчатого теплообменника. Высота канала H составляла 4 мм, длина $22,5H$, высота выступов $1H$, шаг выступов $4,5H$. В качестве рабочей среды выступала вода. Численные исследования проводились в AnsysFluent. Для моделирования турбулентности применялась модель Spalart-Allmaras. Число Рейнольдса находилось в диапазоне от 100 до 400, частота пульсаций от 0,166 Гц до 0,5 Гц, относительная амплитуда пульсаций была постоянной $4,5H$. В результате численных исследований получено, что при всех частотах и числе Рейнольдса наблюдается интенсификация теплообмена. Наиболее эффективному режиму интенсификации соответствовала частота 0,5 Гц при числе Рейнольдса 100. Наиболее неэффективному режиму интенсификации соответствовала частота 0,166 Гц при числе Рейнольдса 400.

А.Р. Хайруллин, А.И. Хайбуллина
ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВЫСОКОПОРИСТЫХ ПЕН С ОТКРЫТЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

Ключевые слова: пористая среда, теплогидравлическая эффективность, коэффициент гидравлического сопротивления. В работе проведена оценка теплогидравлической эффективности высокопористых сред с открытыми ячейками при различной порозности и плотности пор. Числа Рейнольдса находились в диапазоне от 20 до 80. Рабочей средой был воздух при числе Прандтля 0,71. Теплогидравлическая эффективность пен оценивалась как отношение числа Нуссельта к коэффициенту гидравлического сопротивления. Результаты расчетов показали, что с увеличением порозности и числа Рейнольдса происходит повышение теплогидравлической эффективности пористой среды. Плотность пор не оказывает влияние на теплогидравлическую эффективность пористой среды.

Г.Н. Аглямзянова, Л.З. Гумерова, И.Ю. Мышкина,
Л.Ю. Грудцына
РАЗРАБОТКА НА C++ МЕЖПЛАТФОРМЕННЫХ
ПРИЛОЖЕНИЙ С ГРАФИЧЕСКИМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ
ИНТЕРФЕЙСОМ

Ключевые слова: оконное приложение, виджеты Qt Creator, редактор форм Qt Creator, графический пользовательский интерфейс.

В данной статье представлен пример создания оконного приложения с графическим пользовательским интерфейсом (далее GUI) на C++ для начинающих. В качестве кроссплатформенного инструмента выбран фреймворк Qt.

В.Т. Бобронников, А.К. Дьячук
РАЗРАБОТКА МАКЕТА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО
ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Ключевые слова: ветродизельная система, автономный потребитель, имитационная функциональная модель, экономическая модель, система поддержки принятия решений, многокритериальная оптимизация.

Создан макет системы поддержки принятия решений при формировании гибридной ветродизельной системы

was calculated. The reduction in the heat exchange area of the oil cooler can be from 3% to 9% depending on the pulsation mode.

A.I. Haibullina, A.R. Khairullin, A.N. Dolgova
NUMERICAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN
A WAVY CHANNEL UNDER ASYMMETRIC
PULSATIONS

Keywords: plate heat exchanger, wavy channel, heat transfer enhancement, pulsating flow, numerical experiment.

In this work, the heat transfer with pulsations of the coolant flow is considered by a numerical method. The geometric parameters of the studied channel were chosen to simulate the flow between the plates of a plate heat exchanger. Channel height H was 4 mm, length $22.5H$, protrusion height $1H$, protrusion pitch $4.5H$. Water served as the working medium. Numerical studies were carried out in AnsysFluent. The Spalart-Allmaras model was used to simulate turbulence. The Reynolds number ranged from 100 to 400, the pulsation frequency was from 0.166 Hz to 0.5 Hz, and the relative pulsation amplitude was constant $4.5H$. As a result of numerical studies, it was found that at all frequencies and the Reynolds number, an intensification of heat transfer is observed. The most effective stimulation mode corresponded to a frequency of 0.5 Hz at a Reynolds number of 100. The most inefficient stimulation mode corresponded to a frequency of 0.166 Hz at a Reynolds number of 400.

A.R. Khairullin, A.I. Haibullina
THERMAL-HYDRAULIC EFFICIENCY OF HIGHLY
POROUS OPEN CELL FOAM

Keywords: porous medium, thermal-hydraulic efficiency, hydraulic resistance coefficient.

The paper evaluates the thermal-hydraulic efficiency of highly porous media with open cells at different porosity and pore density. The Reynolds numbers ranged from 20 to 80. The working medium was air at a Prandtl number of 0.71. The thermal-hydraulic efficiency of the foams was estimated as the ratio of the Nusselt number to the friction factor coefficient. The calculation results showed that with an increase in porosity and Reynolds number, an increase in the thermal-hydraulic efficiency of the porous medium occurs. Pore density does not affect the thermal-hydraulic efficiency of a porous medium.

G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova, I.Y. Myshkina,
L.Y. Grudtsyna
DEVELOPMENT OF CROSS-PLATFORM APPLICATIONS
WITH GRAPHICAL USER INTERFACE IN C++

Keywords: windowed application, Qt Creator Widgets, Qt Creator Form Editor, graphical user interface.

This article provides an example of creating a window application with a graphical user interface (hereinafter GUI) in C++ for beginners. The Qt framework has been selected as a cross-platform tool.

V.T. Bobronnikov, A.K. Diyachuk
THE DEVELOPMENT OF A DECISIONS SUPPORT
SYSTEM PROTOTYPE WHEN A WIND-DIESEL POWER
SYSTEM FOR A STAND-ALONE CONSUMER IS
FORMING

Keywords: hybrid wind-diesel power system, stand-alone consumer, functional simulation model, empirical economic model, decisions support system, multiobjective optimization. The prototype of a decisions support system for the formation of a hybrid wind-diesel power system that takes into account functional, economic, operational and environmental efficiency

энергоснабжения для автономного потребителя энергии с учетом функционального, затратного, эксплуатационных и экологического показателей ее эффективности. Представлены результаты расчета частных показателей и выбора оптимальных параметров системы, предназначенной для ее эксплуатации в г. Анадырь, Чукотская АО, полученные с использованием данного макета. Макет может быть преобразован в реальную систему поддержки принятия решений после доработки базы данных системы.

Н.Н. Васин, С.А. Сарычева, А.Л. Золкин

КОНФИГУРИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА EIGRP КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: технологический процесс, протокол EIGRP, конфигурирование, профессиональные компетенции, системы передачи информации, устойчивость сетей, телекоммуникационные системы, системы коммутации, лабораторное оборудование, базовые характеристики маршрутизаторов, конфигурирование устройств, передача пакетной информации.

В статье отмечено, что в настоящее время телекоммуникационные системы являются критически важными для связи, передачи данных и информации между людьми, компаниями и организациями. Системы связи и передачи данных позволяют операторам железнодорожного транспорта управлять движением поездов, контролировать состояние оборудования и отслеживать положение грузов. Это улучшает качество обслуживания и повышает производительность железнодорожной инфраструктуры. Авторы делают акцент на том, что специалисты в области сетевых технологий являются востребованными на рынке труда, так как они играют ключевую роль в создании, поддержке и развитии сетевых инфраструктур железнодорожной отрасли. Эти специалисты занимаются проектированием, настройкой и администрированием компьютерных сетей, а также обеспечивают безопасность сетевых систем и данных технологического процесса. Благодаря развитию технологий и расширению сетевой инфраструктуры, специалисты в сетевой области будут продолжать быть востребованными в ближайшем будущем. Именно поэтому, как отмечают авторы, необходимо формирование высококвалифицированных специалистов за счет совершенствования образовательного процесса в высшем учебном заведении. В работе отмечено, что лабораторные работы по сетевым технологиям являются важным компонентом формирования профессиональных компетенций в области информационных технологий. Они обеспечивают обучающихся необходимыми практическими навыками, которые помогают им понимать и применять современные сетевые технологии. В работе также рассматривается принцип конфигурирования протокола EIGRP, который может стать способом формирования профессиональных компетенций для специалистов в области железнодорожного транспорта. Итогом работы является заключение касательно того, что в свете быстро меняющейся технологической обстановки и растущего спроса на высококвалифицированных специалистов в области телекоммуникаций, лабораторные работы по сетевым технологиям играют важную роль в подготовке будущих профессионалов для обеспечения эффективности технологических процессов железнодорожной отрасли.

В.В. Воробьева, И.Б. Гинзбург, Ю.Н. Кондрашов
ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В СРЕДЕ JUPYTERLAB

Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторный практикум, проблемы дистанционного обучения, Python, Project Jupyter, анализ данных.

В статье проанализированы потребности дистанционного обучения при проведении лабораторных и практических

criteria for a stand-alone consumer is developed. The performance indexes and the optimal parameters of the system intended for its operation in the city of Anadyr, Chukotka AO, calculated using this prototype, are presented. The prototype can be transformed into a real decision support system after the appropriate database refinement.

N.N. Vasin, S.A. Saricheva, A.L. Zolkin

CONFIGURING THE EIGRP PROTOCOL AS A WAY OF FORMING PROFESSIONAL COMPETENCIES FOR SPECIALISTS IN THE FIELD OF RAILWAY TRANSPORT

Keywords: technological process, EIGRP protocol, configuration, professional competencies, information transmission systems, network stability, telecommunication systems, switching systems, laboratory equipment, basic characteristics of routers, device configuration, packet information transmission.

The article notes that currently telecommunication systems are critical for communication, data and information transfer between people, companies and organizations. Communication and data transmission systems allow railway transport operators to control the movement of trains, monitor the condition of equipment and track the position of goods. This improves the quality of service and increases the productivity of the railway infrastructure. The authors emphasize that specialists in the field of network technologies are in demand in the labor market, as they play a key role in the creation, support and development of network infrastructures of the railway industry. These specialists are engaged in the design, configuration and administration of computer networks, as well as ensure the security of network systems and process data. Thanks to the development of technologies and the expansion of the network infrastructure, specialists in the network field will continue to be in demand in the near future. That is why, as the authors note, it is necessary to form highly qualified specialists by improving the educational process in a higher educational institution. The paper says that laboratory work on network technologies is an important component of the formation of professional competencies in the field of information technology. They provide students with the necessary practical skills that help them understand and apply modern network technologies. The paper also discusses the principle of configuring the EIGRP protocol can become a way of forming professional competencies for specialists in the field of railway transport. The result of the work is the conclusion that in the light of the rapidly changing technological environment and the growing demand for highly qualified specialists in the field of telecommunications, laboratory work on network technologies plays an important role in training future professionals to ensure the efficiency of technological processes in the railway industry.

V.V. Vorobieva, I.B. Ginzburg, Yu.N. Kondrashov
LEARNING PYTHON LIBRARIES FOR DATA ANALYSIS IN THE JUPYTERLAB ENVIRONMENT

Keywords: distance learning, laboratory workshop, distance learning problems, Python, Project Jupyter, data analysis.

The article analyzes the distance learning needs when conducting laboratory and practical Python programming language classes for data analysis and the results visualization.

занятий по использованию языка программирования Python для анализа данных и визуализации полученных результатов. Предложено решение задачи обеспечения проведения дистанционного обучения с использованием веб-приложения и программных модулей для анализа данных, установленных на сервере. Это позволяет эффективно проводить занятия без дополнительных программных средств, кроме стандартного веб-браузера, на стороне клиента, а также работать с большими выборками данных на сервере.

Т.Э. Гельфман, А.П. Пирхавка, В.О. Скрипачев, Е.В. Солдатов
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Ключевые слова: система спутниковой связи, радиоэлектронная система, надежность, метод Монте-Карло.

Актуальность проблемы применения моделей для исследования надежности систем спутниковой связи определяется рядом факторов, среди которых значительное место занимает необходимость проведения проектных исследований, имитации испытаний и функционирования этих систем. Современные радиоэлектронные системы содержат тысячи компонентов, поэтому аналитический подход оказывается очень сложным. Получение численных значений показателей надежности, то есть прогнозирование надежности систем спутниковой связи можно осуществить методом Монте-Карло с использованием предложенной программы моделирования резервированных систем на ранних этапах проектирования (технического предложения и эскизного проекта). Показано применение программы оценки вероятности безотказной работы радиоэлектронных систем методом Монте-Карло при различных методах резервирования, кратности резервирования и интенсивности отказов элементов для выбора наиболее перспективного варианта построения системы с точки зрения безотказности, быстродействия и массогабаритных параметров.

Д.С. Горбатенко
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ИЗ-ЗА РАНЕЕ ПРОИЗОШЕДШЕГО ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, вторичное дорожно-транспортное происшествие, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности в местах, в которых нарушен режим движения из-за ранее произошедшего дорожно-транспортного происшествия. Проведен анализ основных причин возникновения вторичных дорожно-транспортных происшествий. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике безопасности дорожного движения в местах ранее произошедших дорожно-транспортных происшествий.

Е.М. Гриценко, О.В. Корчевская
РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА CLASSROOM VR ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛЕМОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова: UNITY, VR, технология дополненной реальности, электронное обучение, дистанционное обучение, виртуальная реальность.

В статье описана технология разработки приложения, имитирующего учебный класс под VR-гарнитуры. Приведено обоснование выбора средств разработки. Программный продукт предназначен для дистанционного обучения в виртуальной реальности.

A solution to the problem of providing distance learning using a web application and software modules for data analysis installed on the server is proposed. This allows you to effectively conduct classes without additional software, except for a standard web browser, on the client side, as well as work with large data samples on the server.

T.E. Gelfman, A.P. Pirkhavka, V.O. Skripachev, E.V. Soldatov.
SIMULATION OF FAILURE PROBABILITY OF SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Keywords: satellite communication system, radio electronic system, reliability, Monte Carlo method.

The relevance of the problem of applying models to study the reliability of satellite communication systems is determined by a number of factors, among which a significant place is occupied by the need for design studies, simulation tests and functioning of these systems. Modern radioelectronic systems contain thousands of components, so the analytical approach is very difficult. Obtaining numerical values of reliability indices, i.e. forecasting of satellite communication systems reliability can be done by Monte Carlo method, using the proposed program of modeling of redundant systems at the early stages of design (technical proposal and conceptual design). The application of the program of estimation of probability of no-failure operation of radioelectronic systems by Monte Carlo method at various methods of reservation, redundancy multiplicity and intensity of elements failures for choosing the most perspective variant of system construction in terms of no-failure, performance and mass-dimension parameters is shown.

D.S. Gorbatenko
ENSURING TRAFFIC SAFETY IN THE EVENT OF TRAFFIC DISTURBANCE DUE TO A PREVIOUS TRAFFIC ACCIDENT

Keywords: traffic safety, traffic accident, secondary traffic accident, road net-work, traffic violations, accident prevention. The article deals with the problems of road traffic accidents in places where the traffic regime is violated due to a previous traffic accident. The analysis of the main causes of secondary traffic accidents was carried out. Proposed and theoretically substantiated measures for the prevention of road safety in places of previous traffic accidents.

E.M. Gritsenko, O.V. Korchevskaya
DEVELOPMENT OF SPECIAL MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC SOFTWARE OF THE CLASSROOM VR ANALYSIS SYSTEM FOR THE APPLICATION OF VIRTUAL REALITY HELMETS IN LEARNING ACTIVITIES

Keywords: UNITY, VR, augmented reality technology, e-learning, distance learning, virtual reality.

The article describes the technology for developing an application that simulates a classroom for VR headsets. The rationale for the choice of development tools is given. The software product is designed for distance learning in virtual reality.

А.С. Дулесов, А.В. Байшев, Д.Ю. Карандеев, Н.В. Дулесева,
И.Ю. Карандеева

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ
ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ОДНОРОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ**

Ключевые слова: статистики, обработка данных, мера
вероятности.

Предложены прикладные статистические исследования, направленные на выполнение предварительной обработки данных, их последующего анализа для оценки состояния однородных технических объектов. Рассматривается применимость статистик в определении свойств распределения случайных величин и наличии связей между ними. Применимость статистик обосновывается соответствием измеряемых величин условиям теоремы Ляпунова о наличии нормального распределения случайных величин. Вычисление статистик на предварительном этапе обработки больших данных, их сопоставления между собой позволяют выявить возможные неустойчивые ситуации в однородных технических объектах.

Р.Р. Имаев, Д.М. Афанасьев, А.Р. Шакиров, Г.А. Гареева
**РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫХ МЕЖДУ
MySQL и 1C**

Ключевые слова: 1C, база данных, интеграция, обмен
данных, MySQL.

Целью статьи является разработка программного модуля для обмена данными между внешней СУБД MySQL и 1C. Разработка данного программного модуля колоссально снижает нагрузку на персонал и автоматически регистрирует документы в системе 1C.

С.С. Капитонов, А.С. Винокуров, А.А. Горбунов,
И.М. Кузнецов, Н.А. Чагрин, Т.И. Кульчихина, А.А.
Александров

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СВЕТОДИОДНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО
СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ ФИТООБЛУЧАТЕЛЯ, БЛИЗКОГО К
СПЕКТРУ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТЕНИЯ**

Ключевые слова: фитооблучатель, спектр излучения, растение,
светодиод, оптимальный, энергоэффективность.

В статье рассмотрен альтернативный подход для определения спектра поглощения оптического излучения овощными культурами. Данный подход основан на исследовании листьев растений с помощью метода абсорбционной спектроскопии на сканирующем двухлучевом спектрофотометре с двойным монохроматором. Полученные с помощью спектрофотометра спектры поглощения растений являются основой для разработки светодиодных фитооблучателей с регулируемым спектром излучения. Оптимальный спектр излучения данных облучателей должен максимально близко соответствовать полученному в процессе исследования спектру поглощения растений, что позволит повысить энергоэффективность системы освещения.

Д.Ю. Карандеев, И.Ю. Карандеева, И.А. Бычкова
**О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ
НЕИНВАЗИВНЫХ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ
ИНТЕРФЕЙСОВ**

Ключевые слова: нейрокомпьютерные интерфейсы,
нейрогаджеты, интерфейс «мозг-компьютер», паттерны.

В статье обозначена актуальность разработки современных неинвазивных нейрокомпьютерных интерфейсов. Представлен принцип работы данного рода интерфейсов, а также разновидности нейроинтерфейсов. Рассмотрены сферы применения нейроинтерфейсов и возможные перспективы развития данной области.

A.S. Dulesov, A.V. Baishev, D.Y. Karandeev, N.V. Dulesova,
I.Y. Karandeeva

**PRELIMINARY PROCESSING OF STATISTICAL DATA
ON THE STATE OF HOMOGENEOUS TECHNICAL
OBJECTS**

Keywords: statistics, data processing, probability measure.

Applied statistical studies aimed at performing preliminary data processing and their subsequent analysis to assess the state of homogeneous technical objects are proposed. The applicability of statistics in determining the properties of the distribution of random variables and the presence of connections between them is considered. The applicability of statistics is justified by the correspondence of the measured values to the conditions of Lyapunov's theorem on the presence of a normal distribution of random variables. The calculation of statistics at the preliminary stage of processing big data, their comparison with each other allows us to identify possible unstable situations in homogeneous technical objects.

R.R. Imaev, D.M. Afanasyev, A.R. Shakirov, G.A. Gareeva
**DATA CHANGE INTEGRATION DEVELOPMENT
BETWEEN MYSQL AND 1C**

Keywords: 1C, database, integration, data exchange, MySQL. The purpose of this article is to develop a software module to exchange data between the external DBMS MySQL and 1C. The development of this software module enormously reduces the load on the staff and automatically registers documents in the 1C system.

S.S. Kapitonov, A.S. Vinokurov, A.A. Gorbunov,
I.M. Kuznetsov, N.A. Chagrin, T.I. Kulchikhina,
A.A. Alexandrov

**APPLICATION OF MODERN LED TECHNOLOGIES
TO PROVIDE SPECTRAL COMPOSITION OF
PHYTOIRADIANT RADIATION CLOSE TO THE
ABSORPTION SPECTRUM OF THE PLANTS**

Keywords: phytoradiator, emission spectrum, plant,
LED, optimal, energy efficiency.

The article considers an alternative approach for determining the absorption spectrum of optical radiation by vegetable crops. This approach is based on the study of plant leaves using absorption spectroscopy on a scanning two-beam spectrophotometer with a double monochromator. The absorption spectra of plants obtained using a spectrophotometer are the basis for the development of LED phyto-irradiators with an adjustable emission spectrum. The optimal emission spectrum of these irradiators should correspond as closely as possible to the absorption spectrum of plants obtained during the study, which will improve the energy efficiency of the lighting system.

D.Y. Karandeev, I.Y. Karandeeva, I.A. Bychkova
**ON THE NEED TO DEVELOP MODERN NON-INVASIVE
NEUROCOMPUTER INTERFACES**

Keywords: neurocomputer interfaces, neural gadgets, brain-computer interface, patterns.

The article highlights the relevance of the development of modern non-invasive neurocomputer interfaces. The principle of operation of this kind of interfaces, as well as varieties of neural interfaces, is presented. The scope of application of neurointerfaces and possible prospects for the development of this field are considered.

О.В. Корчевская, С.А. Яркова, А.В. Яркова, Р.Ф. Файзулин
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЛНОТЕКСТОВОЙ ОБРАБОТКИ
НАРРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: нарративные данные, обработка,
полнотекстовый поиск, анализ данных.

В статье рассмотрен механизм разработки приложения полнотекстового поиска информации из слабоформализованных нарративных источников. Программа реализована на основе комбинирования метода полнотекстового поиска с элементами бинарного поиска.

O.V. Korchevskaya, S.A. Yarkova, A.V. Yarkova,
R.F. Faizulin
DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR FULL-TEXT
PROCESSING OF NARRATIVE INFORMATION

Keywords: narrative data, processing, full-text search, data analysis.

The article considers the mechanism for developing an application for full-text search for information from weakly normalized narrative sources. The program is implemented on the full-text search method with binary search elements.

Е.Г. Царькова
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ УИС

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, оптимизация,
генетический алгоритм, кроссинговер, мутация, методы
эволюционного поиска.

В работе рассматривается решение задачи оптимизации структуры телекоммуникационной системы связи подразделения УИС численным методом на основе генетического алгоритма. Приводятся результаты программной реализации алгоритма генетического поиска, обеспечивающего решение задачи для произвольного количества узлов связи.

E.G. Tsarkova
APPLICATION OF THE GENETIC ALGORITHM
TO OPTIMIZE THE TELECOMMUNICATIONS
NETWORK OF THE UIS DIVISION

Keywords: telecommunication network, optimization, genetic algorithm, crossover, mutation, evolutionary search methods
The paper considers the solution of the problem of optimizing the structure of the telecommunication system of the UIS subdivision by a numerical method based on a genetic algorithm. The results of the software implementation of the genetic search algorithm, which provides a solution to the problem for an arbitrary number of communication nodes, are presented.

Н.С. Черниченко, О.В. Корчевская, А.В. Яркова,
В.А. Мельников
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ДОСТУПОМ. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Ключевые слова: система контроля и управления доступом,
инженерно-техническая защита информации, контроль
доступа.

В работе приведено обоснование выбора средств инженерно-технической защиты для проектирования системы контроля и управления доступом бюджетного учреждения.

N.S. Chernichenko, O.V. Korchevskaya, A.V. Yarkova,
V.A. Melnikov
DEVELOPMENT OF ACCESS CONTROL SYSTEM.
ENGINEERING AND TECHNICAL PROTECTION OF A
BUDGET INSTITUTION

Keywords: access control and management system,
engineering and technical protection of information, access
control.

The paper provides a rationale for the choice of engineering and technical protection means for designing an access control and management system for a budgetary institution.

Х.А. Шамасна
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ
ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПТИЦЕФАБРИКЕ

Ключевые слова: искусственные нейронные сети (ИНС),
нечеткая логика (НЛ), адаптивная система нейро-нечеткого
вывода – ANFIS, гибридная нейро-нечеткая система (ГННС),
нейронная сеть (НС).

В работе предложена разработка эффективной системы контроля гидротермических параметров (температуры и относительной влажности). Данная система направлена на поддержание комфортных микроклиматических параметров на птицефабрике с помощью гибридизации нейронных сетей с нечеткой логикой.

H.A. Shamasna
DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING
HYDROTHERMAL PARAMETERS TO MAINTAIN
MICROCLIMATIC PARAMETERS IN AN INTELLIGENT
POULTRY FARM

Keywords: artificial neural networks (ANN), fuzzy logic (FLC),
adaptive neuro-fuzzy inference system – ANFIS

The paper proposes the development of an effective system for monitoring hydrothermal parameters (temperature and relative humidity), which is aimed at maintaining comfortable microclimatic parameters using hybridization of neural networks with fuzzy logic.

И.С. Абдreeв, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Ключевые слова: компьютерные тренажерные комплексы,
промышленные производства, математическая модель,
оператор-технолог.

В статье рассматриваются компьютерные тренажерные комплексы, предназначенные для обучения и проверки знаний вновь принятых и уже работающих сотрудников промышленных предприятий. Современный компьютерный тренажер позволяет обучать сотрудников методам безопасной эксплуатации штатных режимов работы производства, а также отрабатывать действия при нештатных аварийных ситуациях.

I.S. Abdreev, A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina
COMPUTER TRAINING COMPLEXES

Keywords: computer training complexes, industrial production,
mathematical model, operator-technologist.

The article discusses computer training complexes designed to train and test the knowledge of newly hired and already working employees of industrial enterprises. A modern computer simulator makes it possible to train employees in the methods of safe operation of normal operating modes of production, as well as to practice actions in case of emergency situations.

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина, В.А. Селин,
Н.А. Селин

**ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА
ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО
МИКРОРЕЛЬЕФА АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛЬНЫМИ
РЕЗЦАМИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ**

Ключевые слова: микро рельеф, резцовое устройство,
профилирование, устойчивость.

На основе определения рационального сочетания технологических, конструктивных и эксплуатационных параметров определены условия, обеспечивающие устойчивость процесса образования прецизионного регулярного микро рельефа профилированием с использованием алмазных монокристалльных резцов трапецеидального профиля.

Е.А. Басуматорова, Д.О. Суринский, О.К. Никольский,
В.В. Фараносов

**КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО РИСКА
ОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСТАНОВОК**

Ключевые слова: концепция, проектирование, система, решение,
оценка, антропогенный риск, опасность, установка, модель,
сеть.

В статье предлагается подход к построению СППР, включающий в себя объекто-ориентированные модели и программные средства с использованием онтологического анализа – модели, представляющей собой компьютерную форму базы знаний о рассматриваемой предметной области Пр(О). Представим её в виде семантических (смысловых) информационно-логических сетей, выражающих взаимную связь подсистем человекомашинной системы (ЧМС «Ч-Э-С»). Эти подсистемы, имеющие различную физическую природу, связаны между собой энергетически и информационно. Другими словами, функционирование электрического хозяйства реального объекта АПК можно считать динамической слабоструктурированной человекомашинной системой, компоненты которой вносят «свой вклад» в создание антропогенной опасной ситуации, вызванной ошибками и неправильными действиями персонала, авариями электроустановок из-за критического износа, негативным воздействием факторов рабочей и внешней среды.

Ю.А. Бахареv, Н. С. Чекунова, Л.И. Медведева, А.А. Силаев
**АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА СРЕДСТВ
АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Ключевые слова: средство измерения, класс точности, условия
эксплуатации, датчик, автоматизированная система
управления.

В статье изложены основные критерии выбора средств измерения для автоматизации технологических процессов различных типов, такие как диапазон измерения, класс точности и надежность, условия эксплуатации и монтажа. Проведен анализ и примеры использования тех или иных датчиков измерения технологических параметров для производств химической и пищевой промышленности.

И.Н. Галеня, Е.Д. Туркот, А.Н. Коркишко, Е.А. Басуматорова
**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Ключевые слова: строительный процесс, организация,
управление рисками, идентификация рисков, строительная
отрасль, материал.

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме организацией процесса управления рисками при выполнении строительных процессов. Строительство – одна из самых исторически рискованных отраслей в мире. Несмотря на то, что они не такие технически сложные, как в некоторых других отраслях, сочетание "материала" в строительной отрасли, включая множество движущихся физических элементов, кажется, вызывает в воображении серьезный набор рисков, с

G.A. Alekseev, V.N. Kudashov, E.G. Selina, V.A. Selin,
N.A. Selin

**FEATURES OF THE AUTOMATED PROCESS OF
FORMING A PRECISION REGULAR MICRORELIEF
WITH DIAMOND SINGLE-CRYSTAL CUTTERS OF
TRAPEZOIDAL PROFILE**

Keywords: microrelief, incisor device, profiling, stability.

Based on the determination of a rational combination of technological, structural and operational parameters, the conditions ensuring the stability of the process of formation of a precision regular microrelief by profiling using single-crystal diamond cutters of trapezoidal profile are determined.

E.A. Basumatorova, D.O. Surinsky, O.K. Nikolsky,
V.V. Faranosov

**THE CONCEPT OF DESIGNING A DECISION-MAKING
SYSTEM FOR ASSESSING THE ANTHROPOGENIC RISK
OF AGRICULTURAL INSTALLATIONS**

Keywords: concept, design, system, solution, assessment,
anthropogenic risk, hazard, installation, model, network.

The article proposes an approach to the construction of a DSS, which includes object-oriented models and software tools using ontological analysis – a model that is a computer form of a knowledge base about the subject area under consideration. Let's imagine it in the form of semantic (semantic) information and logical networks expressing the mutual connection of subsystems of a human-machine system (HMS "H-E-S"). These subsystems, having different physical nature, are interconnected energetically and informationally. In other words, the functioning of the electrical economy of a real agricultural facility can be considered a dynamic weakly structured human-machine system, the components of which contribute to the creation of an anthropogenic dangerous situation caused by errors and improper actions of personnel, accidents of electrical installations due to critical wear, the negative impact of working and environmental factors.

Y.A. Bakharev, N.S. Chekunova, L.I. Medvedeva, A.A. Silaev
**ANALYSIS OF CRITERIA FOR THE SELECTION OF
AUTOMATION TOOLS FOR THE DEVELOPMENT OF A
PROCESS CONTROL SYSTEM**

Keywords: measuring instrument, accuracy class, operating
conditions, sensor, automated control system.

The article outlines the main criteria for choosing measuring instruments for automating technological processes of various types, such as the measurement range, accuracy class and reliability, operating and installation conditions. The analysis and examples of the use of certain sensors for measuring technological parameters for the production of the chemical and food industries were carried out.

I.N. Galenya, E.D. Turkot, A.N. Korkishko,
E.A. Basumatorova

**ORGANIZATION OF THE RISK MANAGEMENT
PROCESS WHEN PERFORMING CONSTRUCTION
PROCESSES**

Keywords: construction process, organization, risk
management, risk identification, construction industry,
material.

The article is devoted to the current problem of the organization of the risk management process in the implementation of construction processes. Construction is one of the most historically risky industries in the world. Despite the fact that they are not as technically complex as in some other industries, the combination of "material" in the

которыми компании, работники и все в целом должны справляться каждый день. Некоторые из строительных рисков очень высокого уровня, от которых страдает строительная отрасль на протяжении многих лет. Понимание и идентификация рисков - один из лучших и простых способов снизить ваш риск. Снижение рисков и контроль рисков начинаются с идентификации и осведомленности. Условия рынка диктуют строительной промышленности необходимость эффективной организации управления рисками. Хотя строительство может быть прибыльным бизнесом, оно также сопряжено с высоким риском. Это сложная, часто нестабильная отрасль с одним из самых высоких показателей банкротства бизнеса среди всех секторов экономики. Целью нашего исследования является прогнозирование будущих рисков и принятие мер по смягчению их воздействия. Хотя полностью устранить их невозможно, но выявление общих источников риска является первым шагом к минимизации потерь. В статье уточняются моменты неминимумости возникновения ситуаций, связанных с рисками в строительных организациях. Также автором рассматривается подход к раскрытию причин возникновения рисков и оценки, что позволит в организациях создать конкретную эффективную систему.

В.А. Егоров, И.В. Никоноров

НАБЛЮДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКОРОСТИ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Ключевые слова: наблюдающее устройство, синхронная машина, восстановление скорости, расчёт, моделирование.

Получено математическое описание наблюдающего устройства для восстановления скорости синхронной машины. Выполнены расчёт и моделирование векторной системы управления скоростью синхронной машины, для тестирования описанного наблюдающего устройства. В результате моделирования, показана возможность использования описанного наблюдающего устройства для восстановления скорости синхронной машины.

И.А. Ильченко, В.Ф. Пегашкин МЕТОДИКА СОПРЯЖЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

Ключевые слова: систем автоматизированного проектирования, технико-экономический профиль, технология машиностроения.

В работе представлены результаты разработки методики сопряжения технико-экономического и технологического профилей изделия и производства в условиях применения систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова, Н.С. Потемина

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ДЕФЕКТОБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ И ПАЙКИ КОМПОНЕНТ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: технологии групповой пайки, микросхемы с пластиковым корпусом, компоненты интегрированных систем безопасности, термопрофили, объекты транспортной инфраструктуры, "эффект попкорна".

Статья посвящена актуальной проблеме повышения надежности, эффективности и рентабельности компонент интегрированных систем безопасности при использовании технологии групповой пайки в процессе сборки микросхем. Применение технологии групповой пайки широко распространено при сборке компонент микросистемной техники способом поверхностного монтажа. Установлено, что самым распространенным и опасным дефектом при пайке выводов микросхем с пластмассовым корпусом, является так называемый "эффект попкорна". В статье описана разработанная авторами методика предотвращения процесса

construction industry, including many moving physical elements, seems to conjure up a serious set of risks that companies, employees and everyone in general must cope with every day. Some of the construction risks are very high, which the construction industry has been suffering from for many years. Understanding and identifying risks is one of the best and easiest ways to reduce your risk. Risk reduction and risk control begin with identification and awareness. Market conditions dictate the construction industry by the need for effective risk management organization. While construction can be a profitable business, it also involves high risk. This is a complex, often unstable industry with one of the highest rates of business bankruptcy among all sectors of the economy. The purpose of our study is to predict future risks and take measures to mitigate their impact. Although it is impossible to eliminate them completely, but identifying common sources of risk is the first step to minimizing losses. The article clarifies the moments of the inevitability of situations associated with risks in construction organizations. The author also considers an approach to the disclosure of the causes of risks and assessment, which will allow organizations to create a specific effective system.

V.A. Egorov, I.V. Nikonorov

OBSERVER FOR RECOVERY SPEEDS OF THE SYNCHRONOUS MACHINE

Keywords: observing device, synchronous machine, speed recovery, calculation, simulation.

A mathematical description of the observing device for restoring the speed of a synchronous machine is obtained. The calculation and modeling of the vector control system of the speed of a synchronous machine were performed to test the described observing device. As a result of the simulation, the possibility of using the described observing device to restore the speed of a synchronous machine is shown.

I.A. Ilchenko, V.F. Pegashkin METHODOLOGY OF CONNECTING THE TECHNICAL AND ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL PROFILES OF THE PRODUCT AND PRODUCTION

Keywords: computer-aided design systems, technical and economic profile, mechanical engineering technology.

The paper presents the results of the development of a methodology for conjugation of the technical, economic and technological profiles of the product and production under the conditions of the use of computer-aided design of technological processes.

A.G. Korobeynikov, V.L. Tkachik, O.I. Pirozhnikova, N.S. Potemina

ANALYSIS OF THE MECHANISMS OF DEFECT FORMATION IN THE PROCESS OF ASSEMBLY AND SOLDERING COMPONENTS OF INTEGRATED SAFETY SYSTEMS

Keywords: "popcorn effect", group soldering technologies, microchips with a plastic case, components of integrated security systems, thermal profiles, transport infrastructure facilities.

The article is devoted to the actual problem of increasing the reliability, efficiency and profitability of the components of integrated security systems when using group soldering technology in the process of assembling microcircuits. The use of group soldering technology is widely used in the assembly of microsystem technology components using the surface mount method. It has been established that the most common and dangerous defect when soldering pins of microcircuits with a plastic case is the so-called "popcorn effect". The article describes the method developed by the authors to prevent the

возникновения этого дефекта. Предложенная методика прошла успешную апробацию на реальной сборочной линии по производству печатных плат в городе Санкт-Петербург Российской Федерации.

С.А. Красников, С.В. Николаева, К.В. Гусев, М.А. Овчинников
МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ
КВАЛИМЕТРИИ

Ключевые слова: автоматизированное управление, экспертная система, спектральная компьютерная квалиметрия, управление качеством, идентификация, контроль качества, оценивание параметров.

Предлагаемый метод спектральной компьютерной квалиметрии позволяет упорядочить использование экспертных систем для контроля качества жидких сред по спектральным характеристикам на основе общих системных принципов.

С.В. Кузнецов, Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, Е.С. Аносова
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В
ШТАМПАХ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И
КОЛИЧЕСТВА НАПРАВЛЯЮЩИХ КОЛОНК И
СИЛДЕФОРМИРОВАНИЯ

Ключевые слова: обработка металлов давлением, штамп, силовой анализ, конечно-элементный анализ.

При использовании штампованных заготовок всегда остро стоит задача повышения ее точностных характеристик и стойкости штампа. В работе проведено моделирование поведения штампового блока под действием вертикальных и горизонтальных сил с учетом эксцентриситета точки их приложения и опрокидывающих моментов, возникающих при этом. Была дана оценка влияния этих сил, возникающих при выполнении технологических операций обработки металлов давлением, на штамповую оснастку.

А.А. Кулебякин, К.И. Порсев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АКТИВНОГО
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ
ПАРАМЕТРОВ ОТВЕРСТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ИЗДЕЛИЙ

Ключевые слова: цифровые технологии, мехатронная система, промышленный робот, активный контроль, виртуальная среда SprutCAM Robot v.14.

В статье рассматриваются вопросы контроля и диагностики в операциях машиностроительного производства. Проанализированы особенности выбора программного обеспечения для конструкторско-технологической подготовки роботизированных процессов контроля и диагностики в машиностроении. Разработана модель процесса активного роботизированного контроля отклонений параметров отверстий машиностроительных изделий в среде SprutCAM Robot.

Е.Н. Леонов, А.П. Пожитков
КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0

Ключевые слова: Интеллектуальные сети, Smart Grid, интернет вещей, киберфизические системы, облачные вычисления.

Достижения в области технологий и развитие Индустрии 4.0 стали факторами развития умных сетей – Smart Grid (SG). В этой статье проведен анализ компонентов Индустрии 4.0 и их использования для управления электрическими сетями SG.

В.Л. Лучинкин, Р.С. Зарипова
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТА АВТОМОБИЛЕЙ

Ключевые слова: программное обеспечение, автоматизация, прокат автомобилей, база данных, бизнес-процессы.

В работе изучен процесс функционирования проката автомобилей с целью выявления процессов, нуждающихся в автоматизации. Рассмотрены общие и функциональные требования к программному обеспечению. Разработана модель

process of occurrence of this defect. The proposed methodology has been successfully tested on a real assembly line for the production of printed circuit boards in the city of St. Petersburg, Russian Federation.

S.A. Krasnikov, S.V. Nikolaeva, K.V. Gusev,
M.A. Ovchinnikov
SPECTRAL COMPUTER QUALIMETRY METHOD

Keywords: automated control, expert system, spectral computer qualimetry, quality management, identification, quality control, estimation of parameters.

The proposed method of spectral computer qualimetry makes it possible to streamline the use of expert systems for quality control of liquid media in terms of spectral characteristics based on general system principles.

S.V. Kuznecov, Yu.S. Murugov, A.A. Rogovik, E.S. Anosova
EVALUATION OF CHANGES IN DEFORMATIONS
OCCURRING IN STAMPS, DEPENDING ON THE
LOCATION AND NUMBER OF GUIDE COLUMNS AND
DEFORMATION FORCES

Keywords: metal processing by pressure, stamp, force analysis, finite element analysis.

When using stamped blanks, the task of increasing its accuracy characteristics and stamp durability is always acute. The paper simulates the behavior of a die block under the action of vertical and horizontal forces, taking into account the eccentricity of the point of their application and the tipping moments that arise in this case. The influence of these forces arising during the execution of technological operations of metal processing by pressure on die tooling was assessed.

А.А. Кулебякин, К.И. Порсев
SIMULATION OF THE PROCESS OF ACTIVE ROBOTIC
CONTROL OF DEVIATIONS OF THE PARAMETERS OF
HOLES OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS

Keywords: digital technologies, mechatronic system, industrial robot, active control, SprutCAM Robot v.14 virtual environment.

The article deals with the issues of control and diagnostics in the operations of machine-building production. The features of the choice of software for design and technological preparation of robotic processes of control and diagnostics in mechanical engineering are analyzed. A model of the process of active robotic control of deviations in the parameters of holes in machine-building products in the SprutCAM Robot environment has been developed.

Е.Н. Леонов, А.П. Пожитков
COMPONENTS OF INTELLIGENT ELECTRICAL
NETWORKS IN INDUSTRY 4.0

Keywords: Smart Grid, Internet of Things, cyber-physical systems, cloud computing.

Advances in technology and the development of Industry 4.0 have become factors in the development of smart grids – Smart Grid (SG). This article analyzes the components of Industry 4.0 and their use for managing SG electrical networks.

В.Л. Лучинкин, Р.С. Зарипова
DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO AUTOMATE THE
CAR RENTAL PROCESS

Keywords: software, automation, car rental, database, business processes.

The paper studies the process of automobile rental in order to identify the processes that need to be automated. The author considers general and functional requirements for the software. A model of the software product is developed using the Unified

программного продукта с помощью унифицированного языка моделирования UML. Разработано программное обеспечение.

Си Ту Тант Син, А.В. Чирков
ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ЗАДАЧ
ДВУМЕРНОГО РАСКРОЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, задача раскроя, динамическое программирование, проблема с рюкзаком, оптимизация.

В статье предлагается кооперативная процедура решения двухэтапной двумерной задачи раскроя (ДДЗР). Предлагаемое решение ДДЗР включает два ключевых алгоритма: стратегию поиска и быструю процедуру заполнения. Стратегия поиска использует лучевой метод поиска, а вторая стратегия использует процедуру локального заполнения для улучшения качества полученных решений. Предложено интегративный алгоритм лучевого поиска, основанный на стратегии поиска в сочетании с процедурой генерации полос.

А.Ю. Хабибуллин, Л.А. Симонова, И.П. Балабанов
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ТРАФИКА ДАННЫХ В
АВТОМОБИЛЬНЫХ ЖГУТАХ

Ключевые слова: проводка автомобиля, жгуты проводов, искусственный интеллект, коммуникационная шина, CAN, FlexRay, генетические алгоритмы, жадные алгоритмы, метод имитации отжига, метод планирования.

В данной работе проведен сравнительный анализ известных способов использования методов искусственного интеллекта для сокращения трафика данных в автомобильных жгутах, на примере высокоскоростного сетевого протокола FlexRay, в условиях растущего количества разнообразных датчиков автомобиля и неизменяющийся пропускной способности CAN-шины. В этой связи было выделено несколько, наиболее часто подвергающихся внедрению в систему FlexRay, методов искусственного интеллекта. В частности, были рассмотрены классический метод работы системы с помощью планируемости (scheduling method), метод жадной эвристики (greedy algorithm), метод имитации отжига (simulated annealing), метод генетических алгоритмов (genetic algorithm), а также сделан вывод о наиболее оптимальном способе решения данной проблемы.

В.И. Виноградов, Т.Б. Волкова
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СРЕДНЕСРОЧНОГО
АРХИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Ключевые слова: формализованный электронный документ, неформализованный электронный документ, XML-файл, усиленная электронная подпись, документооборот.

В работе представлены результаты исследования и разработки информационной системы хранения файлов формализованных в XML-формате и неформализованных электронных документов, хранящихся в базе данных, поддерживающей реляционную и документно-ориентированную модели и обеспечивающей атрибутный и полнотекстовый поиск.

М.Р. Тихонов, О.С. Шикула, М.Д. Белякова
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ
СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОВ

Ключевые слова: стабильность процессов, критерии нормальности, сравнительный анализ.

В статье представлен сравнительный анализ алгоритмов оценки стабильности процессов в ориентации на их возможность автоматизации, комбинирования и применения для работы с малым количеством данных на основе наиболее распространенных и используемых критериев нормальности. Рассмотрены следующие критерии: F-критерий Фишера, критерий Шапиро-Уилка, критерий согласия хи-квадрат Пирсона, тест Харке-Бера.

Modeling Language (UML). The software is developed.

Si Thu Thant Sin, A.V. Chirkov
FEATURES OF AN ALGORITHMIZATION FOR TWO-
DIMENSIONAL CUTTING STOCK PROBLEM WITH
RESTRICTIONS

Keywords: combinatorial optimization, cutting stock problem, dynamic programming, knapsack problem, optimization.

This article proposes a cooperative procedure for solving a two-stage two-dimensional cutting stock problem (2DCSP). The proposed solution for 2DCSP includes two key algorithms: a search strategy and a fast-filling procedure. The search strategy uses the ray search method, and the second strategy uses the local filling procedure to improve the quality of the obtained solutions. An integrative beam search algorithm based on a search strategy combined with a fringe generation procedure is proposed.

A.Y. Khabibullin, L.A. Simonova, I.P. Balabanov
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
METHODS TO REDUCE DATA TRAFFIC IN CAR
HARNESS WIRES

Keywords: car wiring, wire harnesses, artificial intelligence, communication bus, CAN, FlexRay, genetic algorithms, greedy algorithms, simulated annealing method, scheduling method.

In this paper, a comparative analysis of the known methods of using artificial intelligence methods to reduce data traffic in car harness wires is carried out, using the example of the high-speed FlexRay network protocol, in the face of a growing number of various vehicle sensors and an unchanging CAN bus bandwidth. In this regard, several artificial intelligence methods were identified that are most often introduced into the FlexRay system. In particular, the classical scheduling method, the greedy algorithm method, the simulated annealing method, the genetic algorithm methods were considered, and a conclusion about the most optimal way to solve this problem was made.

V.I. Vinogradov, T.B. Volkova
INFORMATION SYSTEM OF MEDIUM-TERM STORAGE
OF ELECTRONIC DOCUMENTS OF VARIOUS TYPES

Keywords: formalized electronic document, non-formalized electronic document, XML-file, enhanced electronic signature, workflow.

The paper presents the results of research and development of an information system for storing files of formalized and non-formalized electronic documents stored in a database that supports relational and document-oriented models and provides attribute and full-text search. The purpose of the study is to determine a set of requirements, a typical architecture of a system for archiving corporate electronic documents and its pilot implementation.

M.R. Tikhonov, O.S. Shikula, M.D. Belyakova
COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR
ASSESSING THE STABILITY OF PROCESSES

Keywords: process stability, normality criteria, comparative analysis.

The article presents a comparative analysis of algorithms for assessing the stability of processes in terms of their ability to be automated, combined and used to work with a small amount of data based on the most common and used normality criteria. The following criteria were considered: Fisher's F-test, Shapiro-Wilk test, Pearson's chi-square goodness-of-fit test, Harke-Beer test.

А.М. Дергачев, О.В. Доронин, К.И. Доронина, А.Г. Гурьянова,
П.В. Балакшин, Т.А. Маркина
ИНСТРУМЕНТ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПОТОКАМИ НА ОСНОВЕ GOOGLE THREAD SANITIZER

Ключевые слова: инструмент поиска ошибок,
многопоточность, гонка данных, взаимоблокировка,
детерминированное тестирование.

В работе представлен инструмент детерминированного управления потоками на языке C/C++, позволяющий задавать сценарии выполнения потоков и проверять варианты их выполнения заложенными в Google Thread Sanitizer алгоритмами поиска ошибок в многопоточном коде. Для написания сценариев разработан язык детерминированного управления потоками. Интерпретатор языка встраивается средствами инструментирования программного кода в точки синхронизации потоков, что позволяет изменять сценарии выполнения потоков в процессе тестирования, не внося изменения в исполняемый код.

Р.А. Емдикханов, Ю.Н. Смирнов
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН
ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, рабочая
программа дисциплин, программное обеспечение, Web
приложение, IT-технологии.

В данной статье рассматривается Web-приложение для создания, хранения, редактирования и печати рабочих программ дисциплин образовательных программ университета. Разработке информационной системе предшествовали этапы изучения предметной области методами реинжиниринга бизнес-процессов, выбор стека технологий создания приложения, программирование.

А.М. Замалиева, Р.С. Зарипова
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ
НАСЕЛЕНИЯ

Ключевые слова: программное обеспечение, мобильное
приложение, экология, природоохранные мероприятия,
информирование населения.

В настоящее время воздействие современных технических средств на природные условия столь велико, что принимает ярко выраженные глобальные масштабы. Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды является главной проблемой современного общества. В статье представлено программное обеспечение для информирования населения Республики Татарстан относительно текущей экологической обстановки и проводимых природоохранных мероприятий.

В.С. Осипов, Е.А. Серякова, Д.А. Яковлев, И.С. Замулин
ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
СРЕДЫ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ
ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
ШКОЛЬНИКОВ

Ключевые слова: технологии виртуальной реальности,
моделирование технических объектов, цифровые иммерсивные
технологии, виртуальные образовательные среды.

В работе представлены результаты разработки программного продукта, который позволяет сформировать виртуальную образовательную среду, позволяющую участникам пройти микро-профессиональную пробу для определения склонности к изучению и выбору инженерной профессии в нефтедобывающей отрасли. В статье рассматриваются методы и подходы для реализации такой системы, а также технические вызовы, с которыми столкнулась команда разработчиков. Предлагаются пути решения обозначенных проблем, а также возможные перспективы развития профориентационных проектов на

А.М. Dergachev, O.V. Doronin, K.I. Doronina,
A.G. Gurianova, P.V. Balakshin, T.A. Markina
DETERMINISTIC THREAD MANAGEMENT TOOL
BASED ON GOOGLE THREAD SANITIZER

Keywords: error search tool, multithreading, data race,
deadlock, deterministic test.

The paper presents a deterministic thread control tool allows you to set thread execution sequences and check execution multi-threaded C/C++ code using the Google Thread Sanitizer error search algorithms. A deterministic flow control language has developed for scripting thread execution sequences. Program code instrumentation tools embed the language interpreter at thread synchronization points, which allows you to change scripts of thread execution sequences during testing with no changes to the executable multi-threaded code.

R.A. Emdikhanov, Yu.N. Smirnov
DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE INFORMATION
SYSTEM OF THE WORKING PROGRAMS OF THE
DISCIPLINES OF THE DIGITAL EDUCATIONAL
ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY

Keywords: digital educational environment, work program of
disciplines, software development, WEB application, IT
technologies.

This article discusses a WEB application for creating, storing, editing and printing work programs of disciplines of university educational programs. The development of the information system was preceded by the stages of studying the subject area by the methods of reengineering business processes, the choice of a stack of technologies for creating an application, programming.

А.М. Zamilieva, R.S. Zaripova
DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR FORMING
ECOLOGICAL CULTURE OF POPULATION

Keywords: software, mobile application, ecology, nature
protection measures, informing of population.

At present the impact of modern technical means on natural conditions is so great that it takes a pronounced global scale. The level of use of natural resources and the degree of environmental degradation is the main problem of modern society. The article presents the software to inform the population of the Republic of Tatarstan about the current ecological situation and environmental protection measures.

V.S. Osipov, E.A. Seryakova, D.A. Jakovlev. I.S. Zamulin
BUILDING A VIRTUAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT
FOR VOCATIONAL GUIDANCE TESTING IN OIL
PRODUCING ENGINEERING

Keywords: reality technologies of reality, modeling of technical
objects, digital immersive technologies, virtual educational
environments.

The paper implements the results of the development of a software product that allows you to increase the virtual educational ability, allowing you to penetrate the micro-professional sample to determine the propensity to study and choose the engineering profession in the oil industry. The article discusses the methods and approaches to the implementation of such systems, as well as the technical challenges faced by the meeting team. Ways of solving the set tasks are proposed, as well as possible prospects for the development of career guidance projects based on natural

основе виртуальной реальности.

А.В. Пантелеев, Д.А. Салкин, С.Д. Шибайкин, Н.В. Крохин,
О.И. Пауткина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ

Ключевые слова: градиентный бустинг, ids, машинное обучение, сетевой трафик, случайный лес, дерево решений.

В статье проведено исследование проблемы обнаружения аномального трафика с помощью методов машинного обучения. Одним из преимуществ в обнаружении вторжений в системах на основе искусственного интеллекта - это скорость, так как защита вычислительных ресурсов требует своевременного обнаружения атак. Основным преимуществом методов искусственного интеллекта является обучение признакам атак и определению случаев, не характерных для тех, которые наблюдались ранее. С учетом всех этих проблем проблема анализа трафика сетевой связи остается актуальной с возможностью анализа статистических данных, которые система получает в процессе мониторинга.

Д.А. Хвостов, В.Э. Шейн

РЕАЛИЗАЦИЯ ИПОТЕЧНОГО КАЛЬКУЛЯТОРА С УЧЁТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

Ключевые слова: аннуитетный платёж, Avalonia, C#, ипотечный калькулятор.

В работе представлены результаты разработки программного продукта для расчёта периода ипотечного кредитования с учётом дополнительных платежей. Данное приложение позволит максимально точно рассчитать переплату заёмщика, а также максимальный процент, который он возвратит кредитору и процент с учётом дополнительных выплат. Также описывается стек технологий и реализация, которые сопровождаются листингом и изображениями.

Д.С. Алексеев, Р.С. Козлов

МЕТОД ПРАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ КАНАЛУ

Ключевые слова: защита информации, утечка информации, речевая информация, активная защита, стандарт GSM.

В работе раскрыты особенности технического канала утечки конфиденциальной информации за счет голосовой передачи данных с использованием беспроводного канала стандарта GSM. Рассмотрены различные генераторы электромагнитных полей и их основные технические характеристики, полученные по результатам исследований. Описан метод практической оценки эффективности и обоснования выбора технического средства активной защиты от утечки конфиденциальной информации.

reality.

A.V. Panteleev, D.A. Salkin, S.D. Shibaikin, N.V. Krokhin,
O.I. Pautkina

INVESTIGATION OF THE USE OF GRADIENT BOOSTING TO DETECT NETWORK ANOMALIES

Keywords: gradient boosting, ids, machine learning, network traffic, random forest, decision tree.

The article investigates the problem of detecting abnormal traffic using machine learning methods. One of the advantages in detecting intrusions in artificial intelligence-based systems is speed, since the protection of computing resources requires timely detection of attacks. The main advantage of artificial intelligence methods is learning the signs of attacks and identifying cases that are not typical of those that were observed earlier. Taking into account all these problems, the problem of analyzing network communication traffic remains relevant with the possibility of analyzing statistical data that the system receives during monitoring.

D.A. Khvostov, V.E. Sheyn

IMPLEMENTATION OF A MORTGAGE CALCULATOR TAKING INTO ACCOUNT ADDITIONAL PAYMENTS

Keywords: annuity payment, Avalonia, C#, mortgage calculator.

The paper presents the results of the development of a software product for calculating the mortgage loan period, taking into account additional payments. This application will allow you to calculate the borrower's overpayment as accurately as possible, as well as the maximum percentage that he will return to the lender and the percentage taking into account additional payments. It also describes the technology stack and implementation, which are accompanied by a listing and images.

D.S. Alekseev, R.S. Kozlov

METHOD OF PRACTICAL ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF MEANS ACTIVE LEAKAGE PROTECTION CONFIDENTIAL INFORMATION ON THE TECHNICAL CHANNEL

Keywords: information security, information leakage, speech information, active protection, GSM standard.

The paper reveals the features of the technical channel for leaking confidential information through voice data transmission using a GSM wireless channel. Various generators of electromagnetic fields and their main technical characteristics obtained from the research results are considered. A method for practical evaluation of the effectiveness and substantiation of the choice of a technical means of active protection against leakage of confidential information is described.

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**

№4 2023

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 21.04.2023 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 21.04.2023
14,5 усл.печ.л. 17,2 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 4713.

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»