

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№8 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. №8 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – 222 с.

ISSN 2079-5920

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

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

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

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

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

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

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

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

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Э.И. Салахова, В.Э. Зинуров, В.В. Харьков, П.Е. Глухова, В.А. Лавриков, А.Н. Николаев</i>	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ ТВЕРДЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ С ВОГНУТЫМИ ОТРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	9
1.2.2. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	
<i>И.Н. Бояришинова, С.А. Бочкарев</i>	
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ТРЕЩИН	15
<i>В.А. Ильиных, Т.Э. Носальская, О.С. Белкина</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА В ПРОФИЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ	19
<i>А.А. Кочешков</i>	
КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С ВОЗМУЩЕНИЯМИ В КЛАССЕ МОДЕЛЕЙ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО	23
<i>В.Ю. Мельцов, П.А. Баташев, А.А. Чудинов</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА УСЛУГ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В КОМПЛЕКСНОМ ЦЕНТРЕ СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	27
<i>Т.Г. Орешенко, С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев</i>	
О ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ	31
<i>С.С. Рявкин, С.А. Кусюмов, А.Н. Кусюмов</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАХОВОГО ДВИЖЕНИЯ И КАЧАНИЯ ЛОПАСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА	35
2.3.1. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<i>Э.Ф. Амирова, Р.И. Вагапов, А.Л. Золкин, Н.Н. Малова</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	41
<i>А.В. Безворотных, И.А. Панфилов, А.В. Мицкевич, Р.Э. Мамедов, М.М. Клипин</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ПО УЧЕТУ ДИКОРОСОВ	49
<i>Л.С. Гришина, И.П. Болодурина</i>	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ	53
<i>А.Л. Золкин, Т.Г. Айгумов, Н.А. Гуляева, И.А. Поскряков</i>	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТАВКОЙ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АППАРАТА ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ	57
<i>А.Л. Золкин, Ю.Н. Коваль, Н.А. Гуляева, Ю.В. Гуменникова</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА РЕЖИМНЫХ ОБЪЕКТАХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЦЕЛЯХ ПРЕСЕЧЕНИЯ ДОСТАВКИ НА НИХ ЗАПРЕЩЁННЫХ ПРЕДМЕТОВ	64
<i>Н.А. Коневцев, В.В. Ножин</i>	
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ	71
<i>О.В. Корчевская, В.Е. Бобровский</i>	
РАЗРАБОТКА АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ	74
<i>А.В. Коськин, С.В. Новиков, А.Ю. Ужаринский</i>	
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВЕБ-СЕРВИСОВ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА	78

<i>С.В. Николаев, И.А. Панфилов, Е.Д. Колмыкова, Д.А. Макаревская, А.В. Поддубный</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТОРГОВО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	83
<i>А.И. Остаюк, Ю.В. Малюсин, П.О. Дроздова, М.Ю. Воронин</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ	88
<i>Н.С. Бояринова</i> В НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	88
<i>С.В. Поршнев, Н.Ю. Рябко</i> АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЦИФР В ЧАСТНЫХ ОТ ДЕЛЕНИЯ ДВУХ ЦЕЛЫХ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	93
<i>Г.Л. Салихова, О.Н. Потапова</i> ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В НЕФТЕГАЗОВОМ ВУЗЕ	97
<i>А.В. Соинов, И.А. Панфилов, Г.Е. Кузнецов, А.О. Никитина, Д.М. Попова</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	101
<i>В.И. Стеклова, А.С. Лебедева, К.А. Польщиков, Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРУПП РИСКОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ПОДРОСТКОВ	104
<i>К.Е. Сухоруков, О.И. Тулаев</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	110
<i>Е.Г. Царькова</i> МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ СПЕЦТРАНСПОРТА УЧРЕЖДЕНИЙ И ОРГАНОВ УИС	115
<i>Е.С. Шичавин, А.А. Аирятов</i> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	119
<i>М.С. Шишканов, А.А. Аирятов</i> ПРОБЛЕМАТИКА ОСВЕЩЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК	122

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

<i>Н.В. Андриевская, М.Е. Санникова, С.А. Сторожев</i> МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ	126
<i>Н.В. Андриевская, Д.А. Соколов, С.А. Сторожев</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОМ ПЕЛЬТЬЕ	130
<i>М.С. Аносов, А.М. Михайлов, А.Г. Казаков, В.А. Белянина, В.В. Варцов</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ WAAM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	134
<i>Е.А. Басуматорова, Н.В. Сашина</i> РАЗРАБОТКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ГОРОД НЕФТЕЮГАНСК, ХМАО	138
<i>Д.С. Грабовецкий, С.В. Смирнов, О.Г. Морозов, А.Р. Насыбуллин, Г.А. Морозов, Р.В. Фархутдинов, Т.Р. Шагвалиев</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. МИКРОВОЛНОВЫЙ ПОДХОД	142
<i>Д.С. Грабовецкий, С.В. Смирнов, Г.А. Морозов, А.Р. Насыбуллин, О.Г. Морозов, Р.В. Фархутдинов, Т.Р. Шагвалиев</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. КОМБИНИРОВАННЫЙ МИКРОВОЛНОВЫЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПОДХОД	145
<i>Ю.Г. Кабалдин, М.С. Аносов, А.А. Галкин, Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, А.А. Подувальцев</i> ДИАГНОСТИКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	148
<i>А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	151

<i>С.С. Кочковская</i> АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	154
<i>Т.Г. Орешенко, И.В. Назаров, А.В. Смирнов</i> МОНИТОРИНГ ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	158
<i>А.В. Степура, А.А. Иванов, Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов</i> МЕТОД УМНОЖЕНИЯ РАДИОЧАСТОТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО ГЕТЕРОДИНА С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ	164
<i>А.В. Степура, А.А. Иванов, Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов</i> МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО ЧИСТОГО ДВУХЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРВОМ КАСКАДЕ УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТ НА АМПЛИТУДНОМ МОДУЛЯТОРЕ	167
<i>О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, В.В. Авсиевич, Ю.Е. Резников, А.В. Иващенко</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ «ГАРАНТИР КАЧЕСТВА»	170
<i>К.А. Ходжанепесов, А. Ниязгулыева, Д.Н. Матвеев, И.И. Нуреев, В.Ю. Виноградов, Г.Д. Коверин</i> ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ. РАДИОФОТОННЫЙ ПОДХОД	173

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

<i>О.И. Кидиеков</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	177
<i>В.Е. Павлов</i> ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ВИДЕО С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЕНЫ ЛИЦА	180

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

<i>А.А. Лобанов, Ю.С. Лобанова, Н.С. Николаев</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНОГО АССИСТЕНТА	183
<i>Нгуен Фук Хау, Р.С. Зарипова, Р.Р. Галямов</i> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И АТТЕСТАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ	187
<i>Нгуен Фук Хау, Р.С. Зарипова, Нгуен Тхи Тху</i> СНАТГРТ И РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ INTERVIEWGRT ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ВЫПУСКНИКАМИ	192

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

<i>Л.Г. Гомбоев</i> ПОТЕНЦИАЛ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАТИКИ	197
<i>О.И. Кидиеков</i> ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ WINDOWS 10: ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	203

АННОТАЦИИ	206
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>E.I. Salakhova, V.E. Zinurov, V.V. Kharkov, P.E. Glukhova, V.A. Lavrikov, A.N. Nikolaev</i>	
NUMERICAL SIMULATION OF GAS CLEANING FROM SUSPENDED SOLID PARTICLES IN A SEPARATION DEVICE WITH CONCAVE REFLECTING ELEMENTS	9

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

<i>I.N. Boyarshinova, S.A. Bochkarev</i>	
NUMERICAL INVESTIGATION OF THE PROCESS OF LASER METAL DEPOSITION DURING CRACK REMOVAL	15
<i>V.A. Ilinykh, T.E. Nosalskaya, O.S. Belkina</i>	
APPLICATION OF THE RESPONSE FUNCTION METHOD WHEN DETERMINING CONTACT PARAMETERS IN A PROFILE CONNECTION	19
<i>A.A. Kocheshkov</i>	
COVARIANCE ANALYSIS OF DISCRETE SYSTEMS WITH PERTURBATIONS IN THE CLASS OF MOVING AVERAGE MODELS	23
<i>V.Y. Meltsov, P.A. Batashev, A.A. Chudinov</i>	
AUTOMATION OF THE PROCESS OF CHOOSING SERVICES WHEN FORMING AN INDIVIDUAL PROGRAM IN A COMPLEX CENTER OF SOCIAL SERVICES	27
<i>T.G. Oreshenko, S.V. Kharlashina, V.R. Timofeev</i>	
ABOUT PRELIMINARY CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF ELECTRONIC CIRCUITS	31
<i>S.S. Ryavkin, S.A. Kusyumov, A.N. Kusyumov</i>	
SIMULATION OF COUPLING FLAP-LAG MOTION OF MAIN ROTOR BLADE	35

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

<i>E.F. Amirova, R.I. Vagapov, A.L. Zolkin, N.N. Malova</i>	
PROSPECTS FOR THE USE OF UNMANNED TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE	41
<i>A.V. Bezvorotnykh, I.A. Panfilov, A.V. Mitskevich, R.E. Mammadov, M.M. Klipin</i>	
DESIGNING A DIGITAL SERVICE FOR THE ACCOUNTING OF WILD PLANTS	49
<i>L.S. Grishina, I.P. Bolodurina</i>	
DEVELOPMENT OF A MODEL FOR GENERATING CLINICAL RECOMMENDATIONS FOR A PATIENT BASED ON UNSTRUCTURED TEXT DATA	53
<i>A.L. Zolkin, T.G. Aigumov, N.A. Gulyaeva, I.A. Poskryakov</i>	
DEVELOPMENT OF A DELIVERY MANAGEMENT SYSTEM MODEL FOR AN UNMANNED CARGO VEHICLE USING PREDICTIVE ANALYTICS	57
<i>A.L. Zolkin, Yu.N. Koval, N.A. Gulyaeva, Yu.V. Gumennikova</i>	
THE USE OF UAVS AT SENSITIVE FACILITIES OF THE PENITENTIARY SYSTEM IN ORDER TO PREVENT THE DELIVERY OF PROHIBITED ITEMS TO THEM	64
<i>H.A. Konevtsev, V.V. Nozhin</i>	
RADIO ENGINEERING DEVICES IN VEHICLE CONTROL SYSTEMS	71
<i>O.V. Korchevskaya, V.E. Bobrovsky</i>	
DEVELOPMENT OF AGENT-ORIENTED MODEL AND SOFTWARE OF LABOR MIGRATION OF THE POPULATION	74
<i>A.V. Koskin, S.V. Novikov, A.Yu. Uzharinsky</i>	
ANALYSIS OF THE SYSTEM OF WEB SERVICES OF THE INTERNET REPRESENTATION OF THE ORYOL STATE UNIVERSITY NAMED AFTER I.S. TURGENEV	78
<i>S.V. Nikolaev, I.A. Panfilov, E.D. Kalmykova, D.A. Makarevskaya, A.V. Poddubny</i>	
INVESTIGATION OF THE COEVOLUTION EFFICIENCY OF SELF-ADJUSTING ALGORITHMS	83
<i>A.I. Ostapyuk, Y.V. Malyusin, P.O. Drozdova, M.Y. Voronin, N.S. Boyarinova</i>	
ANALYTICAL REVIEW OF THE DIJKSTRA'S ALGORITHM IN LOW EARTH ORBIT DATA TRANSMISSION SYSTEM	88

<i>S.V. Porshnev, N.Yu. Ryabko</i> ANALYSIS OF THE DIGITS DISTRIBUTION IN THE INTEGER RANDOM NUMBERS RATIOS	93
<i>G.L. Salikhova, O.N. Potapova</i> PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON FOR SOLVING TECHNICAL PROBLEMS IN AN OIL AND GAS UNIVERSITY	97
<i>A.V. Soinov, I.A. Panfilov, G.E. Kuznetsov, A.O. Nikitina, D.M. Popova</i> DEVELOPMENT OF A LABORATORY INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISE	101
<i>V.I. Steklova, A.S. Lebedeva, K.A. Polshchikov, N.P. Putivtseva, T.V. Zaitsev</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNET RISK GROUPS FOR TEENAGERS	104
<i>K.E. Sukhorukov, O.I. Tulaev</i> DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR INFORMATION INTEGRATION FROM INFORMATION SYSTEMS	110
<i>E.G. Tsarkova</i> THE MODEL OF OPTIMAL RELIABILITY MANAGEMENT OF SPECIAL VEHICLES OF INSTITUTIONS AND BODIES OF PENAL SYSTEM	115
<i>E.S. Shichavin, A.A. Ashryatov</i> AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF STREET LIGHTING: CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT	119
<i>M.S. Shishkanov, A.A. Ashryatov</i> THE PROBLEMS OF LIGHTING MODERN SPORTS GROUNDS	122

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

<i>N.V. Andrievskaia, M.E. Sannikova, S.A. Storozhev</i> SETUP METHODOLOGY OF FUZZY CONTROLLER	126
<i>N.V. Andrievskaia, D. A. Sokolov, S. A. Storozhev</i> AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE PELTIER ELEMENT	130
<i>M.S. Anosov, A.M. Mikhailov, A.G. Kazakov, V.A. Belyanina, V.V. Vartsov</i> PREDICTION OF THE RESIDUAL LIFE OF STRUCTURAL STEELS OBTAINED BY THE WAAM METHOD USING NEURAL NETWORK MODELING AND MACHINE LEARNING METHODS	134
<i>E.A. Basumatorova, N.V. Sashina</i> DEVELOPMENT OF RELAY PROTECTION AND EMERGENCY PROTECTION AUTOMATION OF THE PRIOBSKY BUSH SITE DEPOSITS, THE CITY OF NEFTEYUGANSK, KHMAO	138
<i>D.S. Grabovetsky, S.V. Smirnov, O.G. Morozov, A.R. Nasybullin, G.A. Morozov, R.V. Farkhutdinov, T.R. Shagvaliev</i> INTENSIFICATION OF VANADIUM EXTRACTION TECHNOLOGIES FROM HEAVY OILS. MICROWAVE APPROACH	142
<i>D.S. Grabovetsky, S.V. Smirnov, G.A. Morozov, A.R. Nasybullin, O.G. Morozov, R.V. Farkhutdinov, T.R. Shagvaliev</i> INTENSIFICATION OF VANADIUM EXTRACTION TECHNOLOGIES FROM HEAVY OILS. COMPLEX MICROWAVE AND ULTRASONIC APPROACH	145
<i>Yu.G. Kabaldin, M.S. Anosov, A.A. Galkin, Yu.S. Murugov, A.A. Rogovik, A.A. Poduvaltsev</i> DIAGNOSTICS OF STRUCTURAL STEELS USING NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS AND NEURAL NETWORK MODELING	148
<i>A.G. Korobeynikov, V.L. Tkalich, O.I. Pirozhnikova</i> INCREASING RELIABILITY AND DECREASING RESIDUAL STRESSES OF WELDED JOINTS OF METAL STRUCTURES IN OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE	151
<i>S.S. Kochkovskaya</i> ALGORITHMIC SUBSYSTEM OF STEELMAKING PRODUCTION RESOURCES MANAGEMENT	154
<i>T.G. Oreshenko, I.V. Nazarov, A.V. Smirnov</i> MONITORING THE PRE-FAILURE CONDITION OF RAIL TRACK SWITCHES USING NANOMODIFIED COMPOSITE MATERIALS	158

<i>A.V. Stepura, A.A. Ivanov, R.R. Spiridonov, V.Yu. Vinogradov, O.G. Morozov, G.A. Morozov, A.A. Kuznetsov</i> RADIO FREQUENCY MULTIPLYING METHOD FOR FORMING A TWO-FREQUENCY HETERODYNE WITH POLARIZATION CARRIER SUPPRESSION	164
<i>A.V. Stepura, A.A. Ivanov, R.R. Spiridonov, V.Yu. Vinogradov, O.G. Morozov, G.A. Morozov, A.A. Kuznetsov</i> METHOD FOR FORMING SPECTRALLY PURE TWO-FREQUENCY RADIATION IN THE FIRST STAGE OF A FREQUENCY MULTIPLIER BASED ON AMPLITUDE MODULATOR	167
<i>O.L. Surnin, P.V. Sitnikov, V.V. Avsievich, Yu.E. Reznikov, A.V. Ivaschenko</i> IMPROVEMENT OF PRODUCTION TECHNICAL QUALITY CONTROL BASED ON THE MACHINE VISION PLATFORM "QUALITY GUARANTOR"	170
<i>K.A. Hojanepesow, A. Niyazgulyyeva, D.N. Matveev, I.I. Nureev, V.Yu. Vinogradov, G.D. Koverin</i> PRINCIPLES OF SOLAR BATTERIES TEMPERATURE MONITORING. MICROWAVE PHOTONIC APPROACH	173

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

<i>O.I. Kidiekov</i> DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR MODELING TELECOMMUNICATION NETWORKS	177
<i>V.E. Pavlov</i> APPLICATION FOR GENERATING SYNTHESIZED VIDEOS USING FACE REPLACEMENT TECHNOLOGY	180

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

<i>A.A. Lobanov, J.S. Lobanova, N.S. Nikolaev</i> INFORMATION SYSTEM OF ELECTRONIC ASSESSMENT IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT USING A COGNITIVE ASSISTANT	183
<i>Nguyen Phuc Hau, R.S. Zaripova, R.R. Galyamov</i> SOFTWARE FOR TRAINING AND CERTIFICATION OF EMPLOYEES OF THE ENTERPRISE	187
<i>Nguyen Phuc Hau, R.S. Zaripova, Nguyen Thi Thu</i> CHATGPT AND THE DEVELOPMENT OF INTERVIEWGPT APPLICATION FOR GRADUATE INTERVIEWS	192

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

<i>L.G. Gomboev</i> POTENTIAL AND EFFICIENCY OF CASE TECHNOLOGIES IN TEACHING INFORMATICS	197
<i>O.I. Kidiekov</i> ENSURING SECURITY FOR WINDOWS 10 COMPUTERS: KEY THREATS AND RECOMMENDATIONS	203

ABSTRACTS	206
------------------	-----

1.2.2.

¹Э.И. Салахова, ²В.Э. Зинуров канд. техн. наук,
¹В.В. Харьков канд. техн. наук, ²П.Е. Глухова,
²В.А. Лавриков, ¹А.Н. Николаев д-р техн. наук

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,

²Казанский государственный энергетический университет,

Казань, v.v.kharkov@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ ТВЕРДЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ С ВОГНУТЫМИ ОТРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В работе представлены результаты численного моделирования для очистки газа от твердых взвешенных частиц в сепарационном устройстве с вогнутыми отражающими элементами. При течении газопылевого потока внутри устройства образуется волнообразная структура. Результатом такого течения является возникновение центробежных сил, действующих на частицы, способствующих их сепарации из газа. Целью работы является оценка эффективности сепарационного устройства с вогнутыми отражающими элементами при различном расстоянии между рядами. Для получения выборки данных рассматривалось три модели сепарационного устройства. Расстояние между рядами принималось равным 75, 100 и 125% от базового. В качестве модели турбулентности при CFD моделировании использовалась $k-\omega$ SST. Результаты численного моделирования показали, что с увеличением расстояния l между рядами вогнутых отражающих элементов эффективность сепарационного устройства снижается. Волнообразная структура потока нарушается, каждый поворот газа становится более вытянутым, что приводит к уменьшению центробежных сил, действующих на частицы. Эффективность сепарационного устройства составляет в среднем 91,2; 83,6 и 83,5 % при расстоянии между рядами отражающих элементов $0,75l$, l и $1,25l$ соответственно.

Ключевые слова: сепаратор, эффективность, мелкодисперсная пыль.

Наличие взвешенных твердых частиц в окружающем воздухе вызывает озабоченность общества, так как вызывают резкий рост заболеваемости дыхательных путей человека и представляют собой настоящую экологическую проблему для некоторых населенных пунктов. Поэтому Правительством Российской Федерации вводятся нормы по выбросам твердых частиц в атмосферный воздух [1]. Также на некоторых предприятиях требуется создание чистых комнат, например при производстве микроэлектроники, полупроводников, оптики, в аэрокосмической промышленности и т.д. [2]. Таким образом, актуальной задачей современных промышленных предприятий является соответствие этим требованиям с помощью использования надежной и эффективной системы очистки газа от взвеси с минимальными затратами при соблюдении действующих экологических и технологических норм.

Для улавливания твердых частиц из газа используются различные типы сепараторного оборудования, в том числе пылесадительные камеры, фильтры, электрофильтры, скрубберы и циклоны [3]. Эти устройства имеют различный механизм сепарации и обладают различной эффективностью при улавливании частиц различной крупности. Это связано с множеством факторов, влияющих на процесс сепарации, обусловленными конструктивными характеристиками сепарационного устройства, физико-механическими свойствами сред и режимными параметрами [4–6].

В настоящее время применяют различные устройства и методы интенсификации процесса улавливания мелких твердых частиц из газового потока, например, используя вихревые эффекты [7]. Однако, оценка эффективности новых сепарационных устройств для газовзвесей с учетом многофакторности процесса остается актуальной проблемой.

Авторским коллективом для очистки газа от твердых взвешенных частиц была предложена конструкция сепарационного устройства (рис. 1). Ее основой являются вогнутые отражающие элементы 1, в нижней части которых проделаны прорезы. Они предназначены для вставки данных элементов в параллельные пластины 2 сепарационной решетки устройства. Вогнутые отражающие элементы 1 вставляются в пластины 2 таким образом, что образуются их шахматная компоновка. При этом главная особенность вставки элементов 1 в пластины 2 заключается в обеспечении прочности конструкции и исключении расшатывании элементов 1 при работе сепарационного устройства, т.е. параллельные пластины 2 выполняют роль ребер жесткости. Также сепарационная решетка состоит из V-образных элементов 3. Они располагаются в устройстве таким образом, что в нижней части сепарационной решетки между соседними V-образными элементами 3 образуются небольшие щели размером до 10 мм. Через них происходит ссыпание уловленных частиц в приемный бункер устройства 5. Для вывода очищенного газа предназначен выхлопной патрубок 6.

Работа сепарационного устройства заключается в следующем [8]. Газовый поток с содержащимися в нем твердыми взвешенными частицами входит в устройство через прямоугольный патрубок на встречу вогнутым отражающим элементам 1, которые расположены в шахматном порядке [9]. При их обтекании образуется волнообразная структура запыленного потока. При таком течении возникают центробежные силы, под действием которых частицы выбиваются из потока и отлетают в сторону вогнутых элементов 1. При контакте частиц с ними они отскакивают от них, как правило, на небольшое расстояние, в пристеночную область элементов 1, характеризующуюся скоростью газа близкой к нулю [10]. Таким образом, частицы, оказавшись в ней постепенно падают по каналам транспортировки пыли и далее через небольшие щели между V-образными элементами 3 попадают в приемный бункер 5. Также щели препятствуют образованию восходящих потоков, которые могут возвращать часть частиц обратно в поток. Через выхлопной патрубок 6 очищенный газ покидает сепарационное устройство.

Важным параметром, влияющим на эффективность сепарационного устройства, является расстояние между рядами вогнутых отражающих элементов. Ранее была предложена формула (1), позволяющая рассчитать данное расстояние без учета толщины элементов, м:

$$l = \sqrt{0,75d}, \quad (1)$$

где d – диаметр линии, проходящей через середину стенки дугообразных элементов, м.

Целью данной работы является оценка эффективности сепарационного устройства с вогнутыми отражающими элементами при различном расстоянии между рядами.

Исследование проводилось с помощью численного моделирования в программном комплексе Ansys Fluent. В качестве модели турбулентности использовалась $k-\omega$ SST. Для получения выборки данных рассматривалось три модели сепарационного устройства. Расстояние между рядами принималось равным 75; 100 и 125% от l , рассчитываемое по формуле (1).

Исследование проводилось в трехмерной постановке. Модели сепарационного устройства строились по следующим основным параметрам: диаметр отражающих элементов – 35 мм, толщина элементов и пластин сепарационной решетки – 2 мм, ширина щели между V-образными элементами – 10 мм, высота отражающих элементов – 250 мм. Для сохранения размера щели и угла наклона V-образных элементов при изменении расстояния между рядами отражающих элементов изменялась высота сепарационной решетки, которая составляла 270 мм при $0,75l$, 160 мм при $1l$ и 135 мм при $1,25l$. Скорость на входе в сепарационное устройство изменялась от 0,5 до 5,0 м/с. Диаметр частиц изменялся от 10 до 170 мкм. Количество полиэдрических сеточных элементов составляло около 0,5 млн. шт. Плотность частиц составляет 3400 кг/м^3 .

Эффективность сепарационного устройства оценивалась по выражению (2):

$$E = \frac{n_p}{n}, \quad (2)$$

где n_p – количество частиц, которые были уловлены сепарационным устройством; n – количество частиц, которые были запущены в сепарационное устройство.

Результаты исследований показали, что для достижения высокой эффективности очистки газа от твердых взвешенных частиц сепарационным устройством нет необходимости в нагнетании высоких входных скоростей газа, например, как в циклонных сепараторах. Для предлагаемого сепарационного устройства высокая эффективность достигается при входной скорости 0,5–1,0 м/с. При этом при низких скоростях гидравлическое сопротивление устройства минимальное. С увеличением расстояния l между рядами вогнутых отражающих элементов эффективность сепарационного устройства снижается. Волнообразная структура потока нарушается, каждый поворот газа становится более вытянутым, что приводит к уменьшению центробежных сил, действующих на частицы. Эффективность сепарационного устройства составляет в среднем 91,2; 83,6 и 83,5 % при расстоянии между рядами отражающих элементов $0,75l$; l и $1,25l$ соответственно. Необходимо отметить, что при меньших расстояниях между рядами отражающих элементов возрастает значение инерционных сил. В силу того, что пространство для прохода газа сужается часть частиц не успевает перестраиваться и совместно с газом огибает элементы, что приводит к их сепарации из запыленного газа (рис. 2–4). Однако, уменьшение расстояния между отражающими элементами приводит к росту гидравлического сопротивления. Особенно это выражено при относительно высоких входных скоростях газового потока. Так, при расстоянии между рядами элементов $0,75l$, l и $1,25l$ гидравлическое сопротивление устройства изменяется от 18,2 до 1861,8, от 15,9 до 1590,8 и от 15,7 до 1562,6 Па, соответственно, при входной скорости газа в устройство от 0,5 до 5,0 м/с.

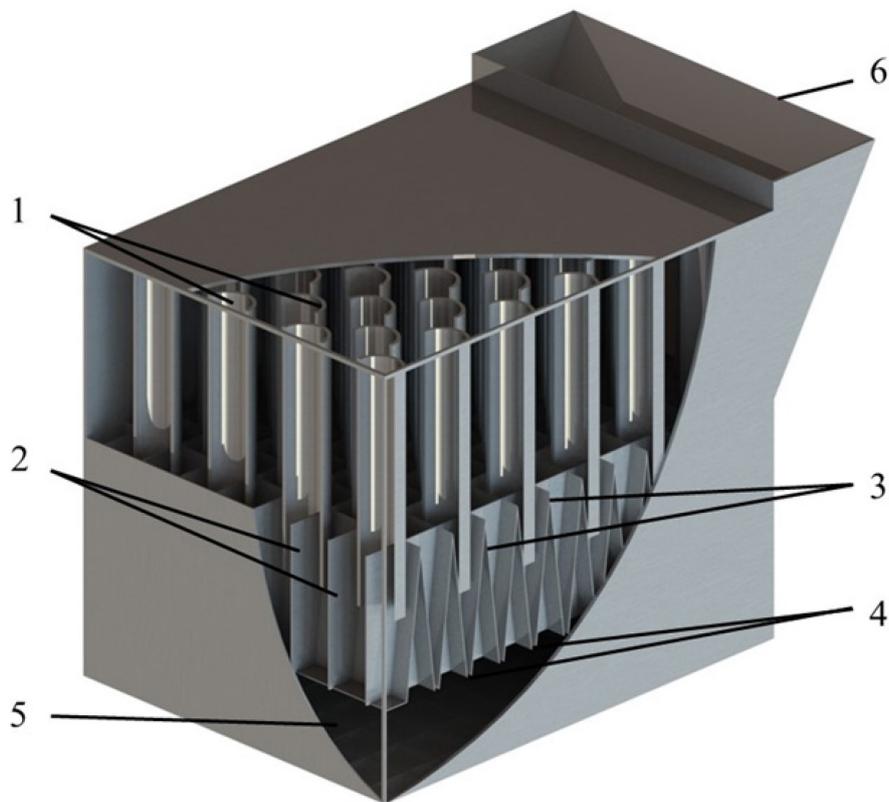


Рис. 1 – Трехмерная модель сепарационного устройства для очистки газа от твердых взвешенных частиц: 1 – вогнутые отражающие элементы; 2 – параллельные пластины; 3 – V-образные элементы; 4 – каналы транспортировки пыли; 5 – приемный бункер; 6 – выхлопной патрубок (вид с разрезом)

Эффективность сепарационного устройства при расстоянии между вогнутыми отражающими элементами равным $0,75l$ составила в среднем 85,8; 89,2; 92,6 и 96,6 % при входной скорости газа 0,5; 1,0; 3,0 и 5,0 м/с соответственно. При этом при размере частиц более 30 мкм эффективность сепарационного устройства составляет более 90 %. При размере частиц менее 30 мкм эффективность устройства составляла в среднем 54,1; 64,3; 75,4 и 88,2 % при входной скорости газа 0,5; 1,0; 3,0 и 5,0 м/с, соответственно (рис. 2).

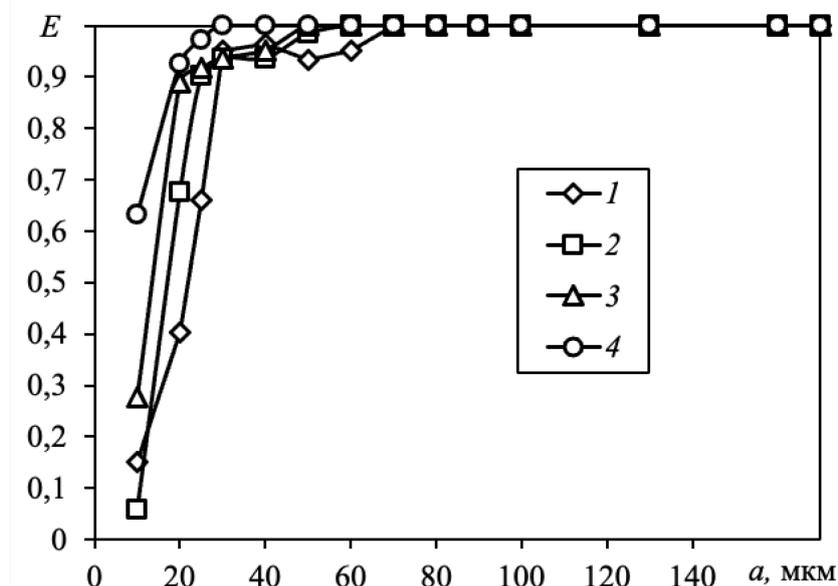


Рис. 2 – Зависимость эффективности очистки газа от твердых взвешенных частиц сепарационным устройством от их размера при различной входной скорости W , м/с: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 3,0; 4 – 5,0. Расстояние между рядами элементов $0,75l$

При расстоянии между вогнутыми отражающими элементами равным l эффективность сепарационного устройства составляла в среднем 78,9, 86,1, 82,1, 87,2 % при входной скорости газа 0,5; 1,0; 3,0 и 5,0 м/с соответственно. В отличие от расстояния между рядами равным $0,75l$ (рис. 2) эффективность устройства, составляющая более 90 % для частиц размером более 30 мкм, сохранилась только для диапазона входной скорости газа до 3 м/с. Для большей скорости эффективность устройства составляет более 90 % для частиц размером более 50–60 мкм (рис. 3).

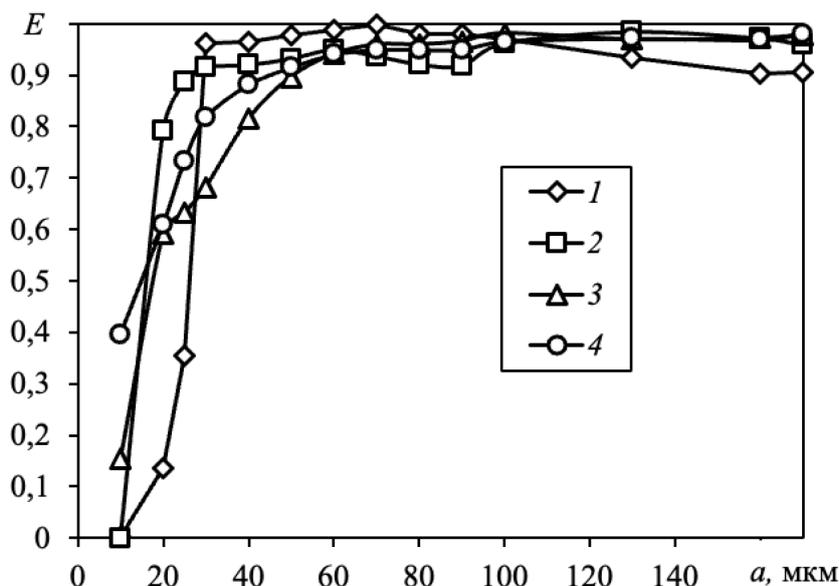


Рис. 3 – Зависимость эффективности очистки газа от твердых взвешенных частиц сепарационным устройством от их размера при различной входной скорости W , м/с: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 3,0; 4 – 5,0. Расстояние между рядами элементов l

При увеличении расстояния между вогнутыми отражающими элементами до 1,25l эффективность сепарационного устройства при входной скорости газового потока 0,5; 1,0; 3,0 и 5,0 м/с составила в среднем 83,7; 78,6; 86,5 и 85,3 % соответственно. Эффективность сепарации частиц из запыленного потока равная более 90 % составила при их размере более 30 мкм (при входной скорости газа W равной 0,5 и 5,0 м/с), более 40 мкм (при входной скорости газа W равной 1,0 и 3,0 м/с). Для частиц меньшего размера эффективность возрастает с увеличением входной скорости (рис. 4).

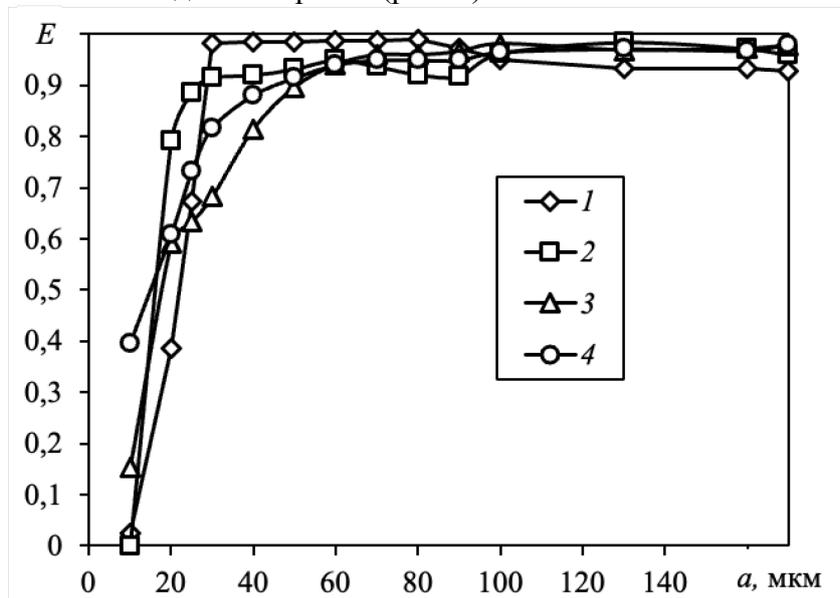


Рис. 4 – Зависимость эффективности очистки газа от твердых взвешенных частиц сепарационным устройством от их размера при различной входной скорости W , м/с:

1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 3,0; 4 – 5,0. Расстояние между рядами элементов 1,25l

Таким образом, сепарационное устройство может быть использовано в реакторах с псевдоожиженным слоем в качестве замены циклонных сепараторов. С одной стороны, обеспечивается высокая эффективность очистки газа от твердых взвешенных частиц при низкой входной скорости газового потока, что также позволяет снизить потери давления в устройстве и абразивный износ его стенок. С другой стороны, предлагаемое сепарационное устройство имеет небольшие габариты относительно циклонного сепаратора, что при промышленном применении позволит увеличить свободное пространство в реакторе.

На основе проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение расстояния между рядами вогнутых отражающих элементов снижает эффективность сепарационного устройства, так как это приводит к изменению волнообразной структуры потока газового потока.

2. Наиболее высокая эффективность сепарационного устройства достигается при расстоянии между рядами отражающих элементов 0,75l, составляющая в среднем 91,2 % при их диаметре 35 мм.

3. Потери давления в сепарационном устройстве составляют менее 100 Па при входной скорости газа до 1 м/с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП
3577.2022.1.*

Список литературы

1. *Кормина Л.А.* Технологии очистки газовых выбросов / Л. А. Кормина, Ю. С. Лазуткина. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2020. – 263 с.
2. *Келлер А.И.* Поддержание заданных параметров воздушного режима в чистых комнатах / А. И. Келлер, К. И. Капушак, А. В. Делков // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 4-1. – С. 81-84.
3. Очистка и дезодорация газоздушных выбросов / В. А. Пронин, В. О. Мамченко, О. В. Долговская, В. А. Цветков. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2022. – 156 с.
4. *Николаев А.Н.* Интегральные характеристики закрученных течений в газоочистном оборудовании вихревого типа / А. Н. Николаев, В. В. Харьков // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 18. – С. 130-132.
5. *Тукмаков А.Л.* Пневматическая сепарация фракций полидисперсной газозвеси в низкоскоростном потоке / А. Л. Тукмаков, В. В. Харьков, А. А. Ахунов // Инженерно-физический журнал. – 2022. – Т. 95, № 4. – С. 918-924.
6. *Николаев А.Н.* Эффективность инерционного осаждения частиц на каплях жидкости в полых вихревых аппаратах при очистке выбросов пищевых производств / А. Н. Николаев, Н. М. Нуртдинов, В. В. Харьков // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 294-296.
7. *Zinurov V.E.* Numerical simulation of pressure loss in a classifier with coaxial pipes / V. E. Zinurov, V. V. Kharkov, I. N. Madyshev // Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2022. – No. 10-1. – P. 173-181. – DOI 10.25018/0236_1493_2022_101_0_173.
8. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров [и др.] // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 57-64. – DOI 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.
9. *Салахова Э.И.* Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 5. – С. 60-64. – DOI 10.55421/1998-7072_2022_25_5_60.
10. Численное моделирование процесса улавливания мелкодисперсных капель формальдегида в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, А. Р. Галимова, Г. Х. Гумерова // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23, № 11. – С. 82-86.

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

1.2.2.

И.Н. Бояршинова, С.А. Бочкарев

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

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ТРЕЩИН

В статье сравниваются результаты моделирования процесса устранения трещины посредством лазерной порошковой наплавки при различных параметрах процесса. Целью исследования являлось выявление зависимости температурных полей и НДС в зоне наплавки от формы канавок и траектории нанесения слоев материала.

Ключевые слова: лазерная наплавка, ремонт трещин, траектории сканирования, форма канавок, моделирование в ANSYS Workbench.

В процессе эксплуатации деталей могут возникать различные повреждения: износ поверхностей, сколы и трещины. Если деталь имеет высокую стоимость и сложна в изготовлении, то вопрос ремонта становится весьма актуальным [1]. В настоящее время широко используются аддитивные процессы, позволяющие создавать и ремонтировать детали с высокой точностью [2]. Одним из таких процессов является лазерная порошковая наплавка, с помощью которой можно устранять трещины на поверхности детали [3]. При устранении трещины, чтобы предотвратить дальнейшее ее разрастание, в детали предварительно вытачивается канавка, которая может иметь разную форму [4]. Затем при помощи различных траекторий сканирования в полученную область наплавляется материал.

В процессе наплавки могут происходить нарушение формы деталей и изменения их геометрических размеров, поэтому необходима разработка индивидуальной стратегии наращивания материала [2]. Результаты, полученные в работе [5], показывают явное влияние шаблонов сканирования и параметров процесса наплавки на свойства тонкостенных деталей.

В настоящей работе представлен анализ результатов численного эксперимента, целью которого являлось выявление зависимости температурных полей и НДС в зоне наплавки от формы канавок и траектории нанесения слоев материала. Для получения численных результатов была использована математическая модель процесса лазерной наплавки, описанная ранее в статье [3].

Постановка и методика решения задач

Математическая постановка нестационарной задачи теплопроводности и квазистатической задачи термоупругопластичности описывается уравнениями (1) – (8) [3]:

$$\rho(\mathbf{x})c(\mathbf{x}, T) \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda(\mathbf{x}, T) \operatorname{grad}(T)) + \rho(\mathbf{x})\dot{q}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (1)$$

где $c(\mathbf{x}, T)$ – теплоемкость, $\lambda(\mathbf{x}, T)$ – теплопроводность, $\rho(\mathbf{x})$ – плотность, $\dot{q}(\mathbf{x}, t)$ – удельная мощность внешнего источника тепла;

$$-\lambda(\mathbf{x}, T) \operatorname{grad}(T) \cdot \mathbf{n} = h(T) \cdot (T - T_c(t)) + \varepsilon \sigma_0 (T)^4, \quad \mathbf{x} \in S_k, \quad (2)$$

где ε – коэффициент черноты; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; $h(T)$ – коэффициент теплопередачи; $T_c(t)$ – температура окружающей среды; \mathbf{n} – внешняя единичная нормаль к

границе S охлаждаемого тела;

$$T(\mathbf{x}, t_{0,k}) = T_{k-1}(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (3)$$

где $T(\mathbf{x}, t_{0,k})$ – начальное распределение температуры для k -го этапа; $T_{k-1}(\mathbf{x})$ – температура на предыдущем этапе.

$$\operatorname{div} \boldsymbol{\sigma} = 0, \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x}, t)$ – тензор напряжений;

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T), \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (5)$$

где $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$ – вектор перемещений; $\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{x}, t)$ – тензор полных деформаций;

$$\mathbf{u} = U, \quad \mathbf{x} \in S_{u,k}, \quad (6)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad \mathbf{x} \in S_{\sigma,k}, \quad (7)$$

где S_u, S_σ – части границы с заданными перемещениями и нагрузками соответственно;

$$\boldsymbol{\sigma} = {}^4C \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_T, \quad (8)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$ – тензор напряжений, ${}^4C = {}^4C(\mathbf{x}, T)$ – тензор четвертого ранга упругих констант материала.

Расчетная схема представлена на рисунке 1. Здесь А, В, С – точки контроля температуры.

Численное решение проводилось в пакете ANSYS Workbench, АСТ модуле Weld Distortion, в котором использована методика "умерщвления" и последующего "оживления" элементов [3]. При решении задачи в начальный момент времени материал наплавки отсутствует в расчетной области, находясь «умерщвлённым» состоянии. Затем элементы «оживляются», имитируя процесс подачи порошка. В так называемой зоне «мертвых» элементов коэффициент теплоемкости и плотность очень малы, а теплопроводность значительно превышает теплоемкость используемого материала. Материал в зоне "мертвых" элементов обладает идеально упругими свойствами.

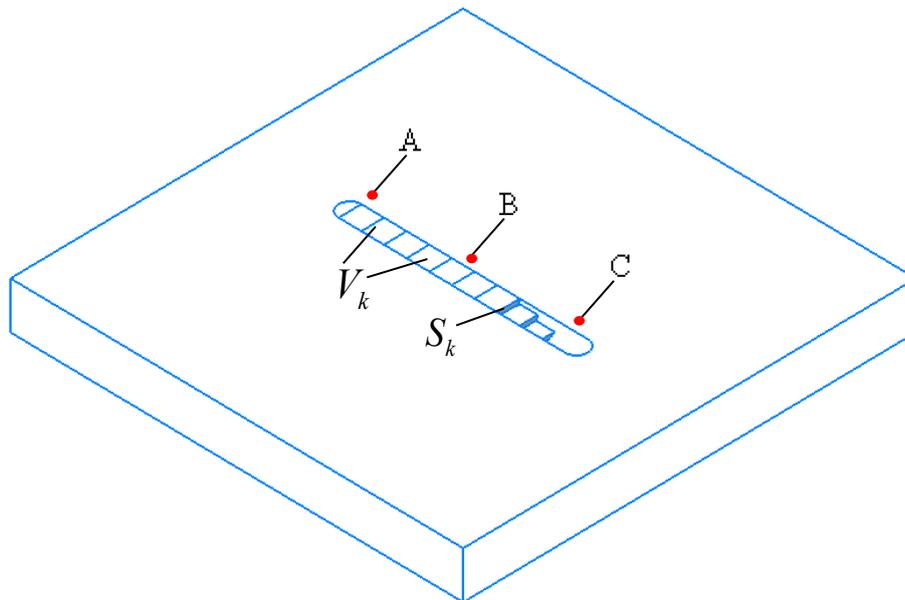


Рис. 1 – Расчетная схема

Анализ результатов

Графики изменения температур, рассчитанных в контрольных точках для выбранных вариантов траекторий сканирования и форм фрезеровочных канавок, представлены на рисунке 2.

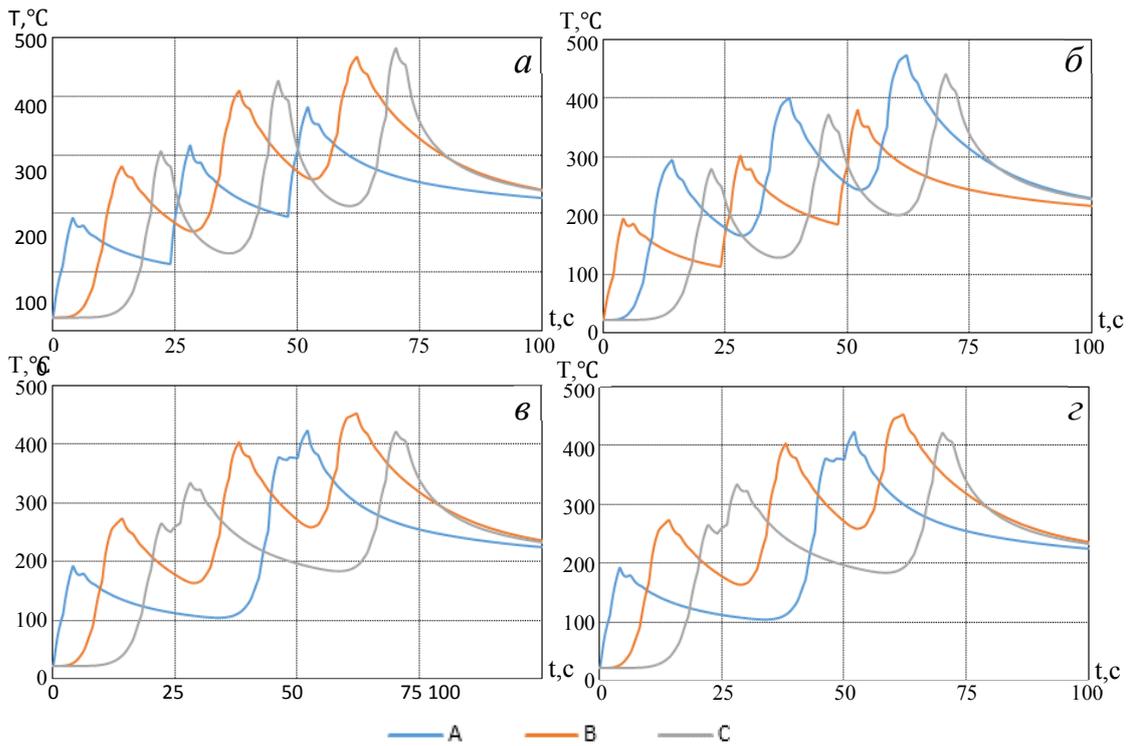


Рис. 2 – Графики изменения температур при численном решении:

- а) однонаправленное сканирование, U-образная канавка; б) однонаправленное сканирование, V-образная канавка; в) двунаправленное сканирование, U-образная канавка; г) двунаправленное сканирование, V-образная канавка

Графики изменения температур при численном решении схожи между собой для обеих форм канавок и обеих траекторий сканирования, а также качественно совпадают с результатами, представленными в статье [3].

На рисунке 3 представлено распределение интенсивности напряжений по пластине, полученное в результате решения квазистатической задачи для выбранных вариантов траекторий сканирования и форм фрезеровочных канавок.

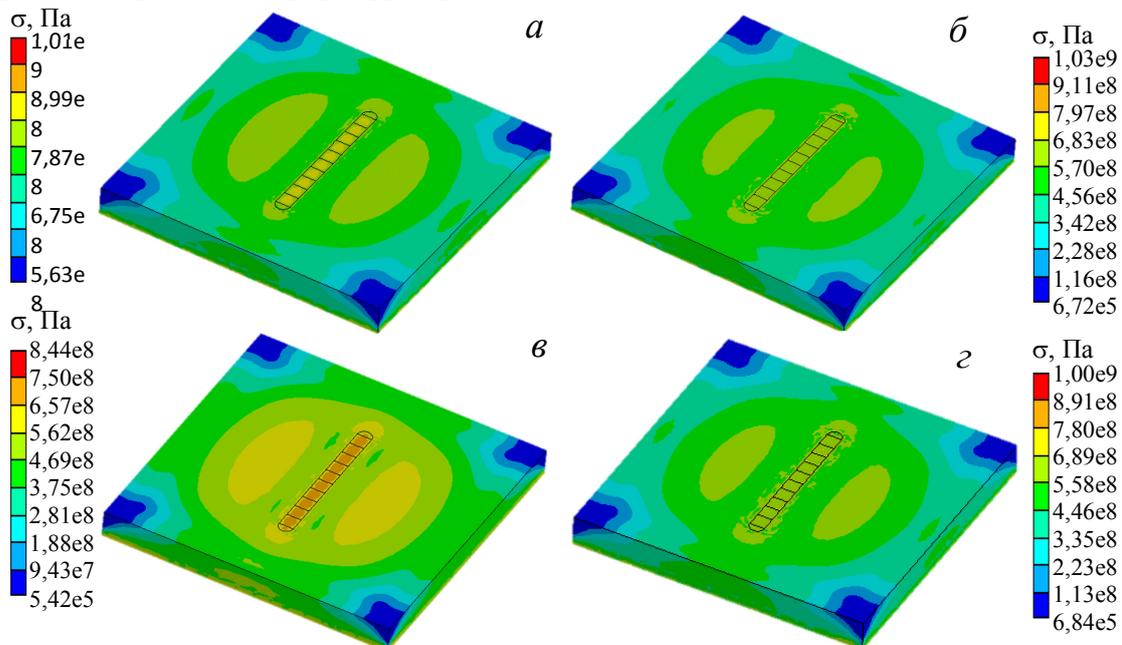


Рис. 3 – Распределение интенсивности напряжений:

- а) однонаправленное сканирование, U-образная канавка; б) однонаправленное сканирование, V-образная канавка; в) двунаправленное сканирование, U-образная канавка; г) двунаправленное сканирование, V-образная канавка

Как видно из рисунков, поля напряжений схожи по своей форме, величины напряжений также имеют приблизительно равные значения. Наибольшие напряжения сосредоточены в области наплавки, максимальные значения приходятся на углы элементов наплавки, которые являются концентраторами напряжений.

В ходе сравнения результатов численных экспериментов существенной зависимости полученных значений температур и напряжений от формы канавки и траектории сканирования не выявлено. Тем не менее экспериментальные результаты, описанные в работе [4], показывают, что форма канавки может влиять на качество осаждения порошка, а траектории сканирования на микроструктуру наплавленной области.

Список литературы

1. *Ostra T., Alonso U., Veiga F., Ortiz M., Ramiro P., Alberdi, A.* Analysis of the Machining Process of Inconel 718 Parts Manufactured by Laser Metal Deposition. *Materials* 2019, 12, 2159. <https://doi.org/10.3390/ma12132159>
2. *Petrat T., Graf B., Gumenyuk A., Rethmeier M.* Laser Metal Deposition as Repair Technology for a Gas Turbine Burner Made of Inconel 718, /Physics Procedia. – 2016. – Т. 83. – С. 761-768. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2016.08.078>.
3. *Бояришинова И.Н., Бочкарев С.А.* Моделирование процесса устранения трещины с помощью лазерной наплавки // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 8. – С. 7-10.
4. *Graf B., Gumenyuk A., Rethmeier M.* Laser metal deposition as repair technology for stainless steel and titanium alloys //Physics Procedia. – 2012. – Т. 39. – С. 376-381, <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.10.051>.
5. *Liu W., Al-Hammadi G., Saleheen K.M., et.al.* Impact of Pulsed Laser Parameters and Scanning Pattern on the Properties of Thin-Walled Parts Manufactured Using Laser Metal Deposition // *Nanomanuf Metrol* 5, 381–393 (2022). <https://doi.org/10.1007/s41871-022-00175-1>

1.2.2.

**В.А. Ильиных канд. техн. наук,
Т.Э. Носальская канд. физ.-мат. наук, О.С. Белкина канд. техн. наук**

Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
кафедра «Прикладная механика и математика»,
ilinykh.viktor5@mail.ru, tenosalskaya@gmail.com, miss.belkio@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА В ПРОФИЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ

В статье показана методика расчета инновационных профильных соединений станков с применением метода функций отклика. При решении задачи упругого контактного взаимодействия тел в нелинейной постановке используют систему уравнений совместности перемещений, уравнений равновесия и граничные условия. Как правило, границы зон контакта неизвестны. Используя, результаты опытов и применяя метод функций отклика можно более точно определить граничные условия.

Ключевые слова: *профильные соединения деталей машин, контактные давления и углы, конструктивные параметры, метод функций отклика, зоны контакта.*

Введение

Функцией отклика рассматриваемого показателя или процесса будем называть функцию зависимости значений этого показателя или процесса от всех рассматриваемых факторов, которые могут представлять некоторую комбинацию частных функций отклика или функцию одной переменной [1, 2, 3].

В нашем случае рассматривается процесс контактного взаимодействия охватывающей и охватываемой деталей некруглой формы, соединение которых может представлять профильное соединение с равноосным контуром, предназначенное для передачи крутящего момента [4, 5, 6].

Применение метода функций отклика

В нашей модели используется один тип функций зависимость контактного давления $P_K(\varphi)$ от угла контакта φ . Понятно, что φ обозначает максимальный или минимальный угол контакта. В то время как C_K , α_1 , α_2 представляют параметры идентификации или коэффициенты.

Вид частных функций отклика может быть самым разнообразным [1, 2, 4].

Возьмем наиболее типичный случай вида [4]:

$$\begin{aligned} \Delta_l &= C_K \cdot \varphi_1^{\alpha_1} \cdot \varphi_2^{\alpha_2}, \\ P_K &= C_K \cdot \varphi_1^{\alpha_1} \cdot \varphi_2^{\alpha_2}, \end{aligned} \quad (1)$$

где Δ_l – сближение деталей соединения

φ_1, φ_2 – углы, определяющие границы контактной зоны соединения.

Следующим этапом является определение значений параметров идентификации или коэффициентов C_K, α_1, α_2 функций отклика на основе экспериментальных или теоретических данных.

Обработка экспериментальных данных может быть проведена с использованием метода планирования экспериментов и метода наименьших квадратов [7, 8].

Приведем вышеуказанные зависимости к линейному виду путем логарифмирования.

Выражения (1) после логарифмирования приводится к виду:

$$\ln \Delta_l = \ln C_K + \alpha_1 \cdot \ln \varphi_1 + \alpha_2 \ln \varphi_2, \quad (2)$$

$$y_l = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2, \quad (3)$$

где x_1, x_2 – кодированные переменные.

На основании формулы (3) принимается ортогональный план первого порядка с результатами расчета (таблица 1). Сочетание параметров введем с использованием ортогонального плана первого порядка (таблица 1).

Составим ортогональный план первого порядка для контактных давлений P_i , где x_1 и x_2 – кодированные переменные. Применим к табличным данным метод наименьших квадратов.

Таблица 1 – Ортогональный план первого порядка для контактных давлений

№	P_i	x_1	x_2	$P_i x_1$	$P_i x_2$	$x_1 x_2$	P_i^2	x_1^2	x_2^2
1	6,58	-1	-1	-6,58	-6,58	1	43,2964	1	1
2	6,47	-1	1	-6,47	6,47	-1	41,8609	1	1
3	2,986	1	-1	2,986	-2,986	-1	8,916196	1	1
4	2,883	1	1	2,883	2,883	1	8,311689	1	1

Определяем уравнение линейной двухфакторной регрессии P на x_1 и x_2

$$P = 4,72975 - 1,79525x_1 - 0,05325x_2 \quad (4)$$

При этом коэффициент множественной корреляции составляет $R = 0,999999525$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 > 0,99$, что означает сильную положительную связь между параметрами P , x_1 и x_2 .

На основании предварительных расчётов принимается [4]:

$$\varphi_{1min} = 5, \varphi_{1max} = 6,$$

$$\varphi_{2min} = 2, \varphi_{2max} = 3.$$

Перейдём к естественным переменным по формуле [4]:

$$x_i = \frac{2(\ln \varphi_i - \ln \varphi_{imax})}{\ln \varphi_{imax} - \ln \varphi_{imin}} + 1 \quad (5)$$

Получаем

$$\begin{aligned} P &= 4,72975 - 1,79525 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_1 - \ln 6)}{\ln 6 - \ln 5} + 1 \right) - 0,05325 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_2 - \ln 3)}{\ln 3 - \ln 2} + 1 \right) = \\ &= 4,72975 - 1,79525 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_1 - \ln 6)}{\ln 1,2} + 1 \right) - 0,05325 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_2 - \ln 3)}{\ln 1,5} + 1 \right) = \\ &= 2,88125 - 3,5905 \cdot \frac{\ln \varphi_1 - \ln 6}{\ln 1,2} - 0,1065 \cdot \frac{\ln \varphi_2 - \ln 3}{\ln 1,5}. \end{aligned}$$

Аналогично составим таблицу 2 для сближения деталей (вал-втулка) Δ_i

Таблица 2 – Ортогональный план первого порядка для сближения деталей

№	Δ_i	x_1	x_2	$\Delta_i x_1$	$\Delta_i x_2$	$x_1 x_2$	Δ_i^2	x_1^2	x_2^2
1	2,57	-1	-1	-2,57	-2,57	1	6,6049	1	1
2	1,6	-1	1	-1,6	1,6	-1	2,56	1	1
3	1,53	1	-1	1,53	-1,53	-1	2,3409	1	1
4	1,04	1	1	1,04	1,04	1	1,0816	1	1

Уравнение регрессии в этом случае

$$\Delta = 1,685 - 0,4x_1 - 0,365x_2 \quad (6)$$

Коэффициенты множественной корреляции и детерминации, соответственно

$$R = 0,976314376, R^2 = 0,95319.$$

Применяя формулы (5 и 6), имеем

$$\begin{aligned} \Delta &= 1,685 - 0,4 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_1 - \ln 6)}{\ln 1,2} + 1 \right) - 0,365 \cdot \left(\frac{2(\ln \varphi_2 - \ln 3)}{\ln 1,5} + 1 \right) = \\ &= 0,92 - 0,8 \cdot \frac{\ln \varphi_1 - \ln 6}{\ln 1,2} - 0,73 \cdot \frac{\ln \varphi_2 - \ln 3}{\ln 1,5}. \end{aligned}$$

Используя средние значения $P_{cp} = 4,72975$ и $\Delta_{cp} = 1,685$, составим систему уравнений

$$\begin{cases} 2,88125 - 3,5905 \cdot \frac{\ln \varphi_1 - \ln 6}{\ln 1,2} - 0,1065 \cdot \frac{\ln \varphi_2 - \ln 3}{\ln 1,5} = 4,72975 \\ 0,92 - 0,8 \cdot \frac{\ln \varphi_1 - \ln 6}{\ln 1,2} - 0,73 \cdot \frac{\ln \varphi_2 - \ln 3}{\ln 1,5} = 1,685 \end{cases}$$

Решением этой системы будут следующие значения:

$$\begin{cases} \varphi_1 \approx 5.47723 \\ \varphi_2 \approx 2.44949 \end{cases}$$

В дальнейшем проверяется точность расчета.

Для чего найденные значения $\varphi_1 = 5,47723^\circ$ и $\varphi_2 = 2,44949^\circ$ подставляется в исходную систему и последняя решается относительно $P_K(\varphi)$. Определяются величины невязок δ . Если требуемая точность недостаточна, то зона аппроксимации уменьшается делением первоначально выбранной зоны на части или, принимается другая аппроксимирующая модель и весь цикл повторяется снова.

Одним из достоинств метода функций отклика является возможность находить начальное приближение исходя из физической сущности рассматриваемого процесса с использованием предварительно полученных экспериментальных данных.

«Считается, если удастся установить простые соотношения, характеризующие зависимость отклика от одного или нескольких факторов, то это можно считать большим успехом» [1].

Заключение

1. Предложена методика применения численного метода функций отклика, в решении задачи для случая несимметричного контакта профильных деталей, когда границы контактных зон точно не заданы. Предложен порядок решения контактной задачи применительно к профильным соединениям с равноосным контуром с числом граней равным трем для определения контактных давлений и углов.

2. Уточнены расчетные значения границ зон контакта в профильном соединении на 1,7 %.

Список литературы

1. *Малкина-Пых И.Г.* Метод функции отклика в экологической биофизике: автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук / Малкина-Пых И.Г. – М.: МГУ, 1998. – 40 с.
2. *Косов М.Г.* Моделирование точности при автоматизированном проектировании и эксплуатации металлорежущего оборудования: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Косов М.Г. – М.: Станкин, 1985. – 48 с.
3. *Косов М.Г.* Моделирование точности при проектировании технологических машин. / М.Г. Косов, А.А. Кутин, Р.В. Саакян, Л.М. Червяков // Учебное пособие. – М.: МГТУ «Станкин», 1997. – С. 64 – 72.
4. *Ильиных В.А.* Влияние конструктивно-технологических факторов на параметры контактного взаимодействия конических профильных соединений шпиндельных узлов многоцелевых станков с ЧПУ / В.А. Ильиных // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – №1 (69). – С. 10 – 17. - DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).10-17.
5. *Ильиных В.А.* Влияние конических профильных соединений на точность и жесткость технологических комплектов многоцелевых станков // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. т.24. № 4. С.150-159. DOI: 10.18721 / YEST.24415.
6. *Ильиных В.А.* Статистический анализ геометрии профильных деталей шпиндельного узла многоцелевых станков // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. т.25. № 2. С.132-140. DOI: 10.18721/JEST.25210.
7. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, – 2003. – 463 с.
8. Статистические методы обработки эмпирических данных: рекомендации ВНИИНМАШ. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 230 с.

1.2.2.

А.А. Кочешков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт радиоэлектроники и информационных технологий,
Кафедра «Вычислительные системы и технологии»,
Нижний Новгород, kocheshkov@nntu.ru

КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С ВОЗМУЩЕНИЯМИ В КЛАССЕ МОДЕЛЕЙ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО

В работе предлагается подход к ковариационному анализу дискретных стохастических систем, основанный на непараметрической аппроксимации случайных возмущений моделями скользящего среднего и применении в алгоритмах усеченных матричных ковариационных функций. В отличие от метода расширения пространства состояний не требуется построения векторных уравнений формирующих фильтров. В частности, метод может быть применен для повышения точности траектории полета беспилотных летательных аппаратов в условиях ветровых воздействий.

Ключевые слова: дискретные системы, коррелированные векторные возмущения, усеченные ковариационные функции, БПЛА.

В стохастических системах фильтрации и управления динамическими объектами ключевую роль играют методы анализа корреляционных свойств процессов.

Классический подход к анализу дискретных (с дискретным временем) стохастических систем в пространстве состояний [1] основан на модели

$$x_{k+1} = A_k x_k + C_k \xi_k, \quad (1)$$

где $x_k \in R^n$ - n -мерный вектор состояния,

$\xi_k \in R^m$ - m -мерный вектор входного воздействия, аппроксимируемый дискретным гауссовским белым шумом с ковариационной матрицей $Q_k = E\{\xi_k \xi_k^T\}$ при нулевом математическом ожидании $\bar{\xi}_k = E\{\xi_k\} = 0$. Ковариационный анализ системы (1) сводится к расчету дискретной ковариационной функции $P_k(i) = E\{(x_k - \bar{x}_k)(x_{k-i} - \bar{x}_{k-i})^T\}$ для дискретного времени $k = 0, N$ и аргумента $i = 0, k$.

$$P_{k+1}(0) = A_k P_k(0) A_k^T + C_k Q_k C_k^T, \quad (2)$$

$$P_{k+1}(i) = A_k P_k(i-1), \quad (3)$$

где $P_0(0) = P_0$ - ковариационная матрица начального состояния x_0 .

Ковариационный анализ необходим для получения стохастических свойств движения объекта, а в качестве критерия оптимальности фильтрации выступает дисперсия ошибки оценки состояния.

Если для погрешностей независимых измерений модель белого шума чаще всего является подходящей, то для внешних случайных воздействий в объекте такое допущение становится слишком упрощающим. Корректный учет корреляционных свойств возмущений и их адекватное описание позволит улучшить точность оценок состояния системы и повысить качество управления.

В качестве одного из характерных примеров рассмотрим движение беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в турбулентной воздушной среде. Ветровые нагрузки включают стохастические компоненты, которые требуется оценивать и компенсировать в режиме реального времени. Для систем цифрового управления БПЛА частота квантования типично должна быть достаточно мала и интервал дискретизации времени становится существенно меньше интервала корреляции значений скорости ветра.

В теории применяются различные математические модели турбулентности, например, спектр турбулентности фон Кармана, который не приводит к рациональной спектральной плотности [2]. Аппроксимацией является модель фильтров Драйдена. Сложность таких спектральных моделей и их неприменимость во временной области приводит к предложениям оставаться в рамках дискретного белого шума в ущерб точности [3]. А точность траектории полета БПЛА является важнейшим условием.

Чтобы остаться в рамках универсального описания системы (1) при добавлении внешних динамических возмущений применяют метод расширения пространства состояний. Для изучения систем с коррелированными входными процессами обычно рекомендуется строить параметрические модели формирующих фильтров в классе процессов авторегрессии. Затем уравнения формирующих фильтров добавляются к уравнению состояния объекта и выполняется переход к системе (1) с расширенным вектором состояния.

Недостатки метода расширения пространства состояний общеизвестны [1,4]. При проектировании сложных многосвязных систем с векторными коррелированными входными процессами унифицированное представление (1) подчас оказывается неоправданным. Например, ветровые воздействия на БПЛА раскладываются по трем пространственным координатам, в каждой из которых может быть несколько компонентов состояния. Построение векторных многомерных моделей формирующих фильтров само по себе становится сложной задачей, а объединение с моделью объекта приводит к многократному увеличению общей размерности задачи. В итоге построение формирующего фильтра авторегрессии обычно рассматривается для одномерного случайного процесса минимального порядка.

В работе [5] предложен другой возможный подход, который заключается в непараметрическом описании процессов набором из l ковариаций и принятии гипотезы о принадлежности входных воздействий классу процессов скользящего среднего. Для случайного процесса ξ_k с затухающей по аргументу i ковариационной функцией $Q_k(i) = E\{\xi_k \xi_{k-i}^T\}$ аппроксимация заключается в усечении интервала значимости, в результате чего возникает условие конечности ковариационной функции, то есть $Q_k(i) = 0, |i| > l$ при каждом k . Число ненулевых ковариационных матриц l назовем длиной усеченной ковариационной функции.

Пусть относительно входного процесса ξ_k и начального состояния x_0 системы (1) задана априорная информация

$$E\{\xi_k\} = 0, E\{(x_0 - \bar{x}_0)(x_0 - \bar{x}_0)^T\} = P_0, \\ E\{\xi_k \xi_{k-i}^T\} = Q_k(i), E\{(x_0 - \bar{x}_0) \xi_i^T\} = V_0(i), i = \overline{0, l}, k = \overline{0, N}.$$

Тогда ковариационная функция состояния $P_k(i)$ и взаимная ковариационная функция $V_k(i) = E\{(x_k - \bar{x}_k) \xi_{k+i}^T\}, i = \overline{0, l}$ с точностью до погрешности усечения удовлетворяют системе рекуррентных уравнений

$$P_{k+1}(0) = A_k P_k(0) A_k^T + A_k V_k(0) C_k^T + C_k V_k^T(0) A_k^T + C_k Q_k(0) C_k^T, \quad (4)$$

$$P_{k+1}(i) = A_k P_k(i-1) + C_k V_{k+1-i}^T(i-1), i = \overline{1, \min(l, k+1)}, \quad (5)$$

$$V_{k+1}(i) = A_k V_k(i+1) + C_k Q_{k+1+i}^T(i+1), i = \overline{0, l}. \quad (6)$$

Уравнения (4)-(6) позволяют решать основную задачу ковариационного анализа и находить дисперсии выходных сигналов для оценки качества переходных процессов в системах управления и фильтрации.

В случае системы с наблюдателем метод применяется для вычисления дисперсий ошибки оценки вектора состояния, что позволяет рассчитать оптимальный коэффициент фильтрации, соотносящий уровень ошибок измерения с влиянием коррелированных помех [6].

Вопрос о влиянии погрешности усечения на точность вычисления дисперсии состояния рассмотрим для случая стационарной системы

$$x_{k+1} = Ax_k + C\xi_k \tag{7}$$

и стационарного процесса ξ_k с ковариационными функциями $Q(i), V_0(i)$. Уравнения (4)-(6) переписутся в виде

$$P_{k+1}(0) = A P_k(0)A^T + A V_k(0)C^T + C V_k^T(0)A^T + C Q(0)C^T, \tag{8}$$

$$P_{k+1}(i) = A P_k(i-1) + C V_{k+1-i}^T(i-1), i = \overline{1, \min(l, k+1)}, \tag{9}$$

$$V_{k+1}(i) = A V_k(i+1) + C Q(i+1), i = \overline{0, l}. \tag{10}$$

Погрешность вычисления матрицы $P_k(0)$, обусловленная усечением априорных функций $Q(i)$ и $V_0(i)$, определяется погрешностью значений $V_j(0), j = \overline{1, k}$. Методом математической индукции можно получить выражение для взаимной ковариационной функции

$$V_k(i) = A^k V_0(i+k) + A^{k-1} C Q(i+k) + A^{k-2} C Q(i+k+1) + \dots + ACQ(i+2) + CQ(i+1) \tag{11}$$

$$V_k(0) = A^k V_0(k) + A^{k-1} C Q(k) + \dots + ACQ(2) + CQ(1). \tag{12}$$

Если обозначить через $P_k^l(0)$ и $V_k^l(0)$ ковариационные матрицы, вычисленные по усеченным ковариационным функциям длиной l , то погрешности $\Delta P_k(0) = P_k(0) - P_k^l(0)$ и $\Delta V_k(0) = V_k(0) - V_k^l(0)$ выразятся соотношениями

$$\Delta V_k(0) = \begin{cases} 0, k \leq l, \\ A^k V_0(k) + A^{k-1} C Q(k) + \dots + A^l C Q(i+1), k > l, \end{cases} \tag{13}$$

$$\Delta P_{k+1}(0) = A \Delta P_k(0) A^T + A \Delta V_k(0) C^T + C \Delta V_k^T(0) A^T. \tag{14}$$

Установившееся значение ковариационной матрицы состояния $P^l(0)$ при условии асимптотической устойчивости системы (1) удовлетворяет алгебраическому уравнению

$$P^l(0) = A P^l(0) A^T + S(l), \tag{15}$$

где

$$S(l) = \tilde{A}(l) \tilde{Q}(l) C^T + C [\tilde{A}(l) \tilde{Q}(l)]^T - C Q(0) C^T,$$

а блочные матрицы $\tilde{A}(l)$ и $\tilde{Q}(l)$ имеют формат

$$\tilde{A}(l) = [A^l C \quad A^{l-1} C \dots AC \quad C],$$

$$\tilde{Q}(l) = [Q^T(l) \quad Q^T(l-1) \dots Q^T(0)]^T.$$

С помощью соотношений (13)-(14) можно определить необходимую длину априорных ковариационных функций, обеспечивающих определение дисперсий состояния с заданной точностью. Увеличение l на единицу дает приращение

$$\Delta P(0) = A \Delta P(0) A^T + A^{l+1} C Q(l+1) C^T + C Q^T(l+1) C^T (A^{l+1})^T.$$

Кроме сохранения размерности вектора состояния описанный подход обладает еще двумя важными преимуществами:

- класс входных воздействий не ограничивается процессами с дробно-рациональной спектральной плотностью,
- нет необходимости решать задачу построения формирующих фильтров.

Усеченные ковариационные функции могут быть оценены экспериментально по дискретным выборкам из реализаций процесса, либо рассчитаны по заданным непрерывным функциям $Q^*(t_1, t_2)$ при получении дискретной модели системы (1).

$$Q_k(i) = \int_{kT}^{(k+1)T} d\tau_1 \int_{(k-i)T}^{(k+1-i)T} d\tau_2 \Phi[(k+1)T, \tau_1] C(\tau_1) Q^*(\tau_1, \tau_2) C^T(\tau_2) \Phi^T[(k+1-i)T, \tau_2],$$

где $\Phi(t_2, t_1)$ - переходная матрица состояния непрерывной системы [1], T - период дискретизации.

Для сложной многозвенной системы возможна декомпозиция на подсистемы и последовательный анализ, при котором выходные процессы одних подсистем являются входными для следующих звеньев.

Список литературы

1. *Стрейц В.* Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления. – М.: Наука, 1985. – 296 с.
2. *Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн.* Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. – М.: Техносфера, 2015. – 312 с.
3. *Григорьев В.В., Бушуев А.Б., Коровьяков А.Н., Литвинов Ю.В.* Анализ влияния ветровых возмущений на систему стабилизации курса летательных аппаратов. //Иzv. вузов. Приборостроение. 2013. Т.56, № 4. – С. 75-80.
4. *Браммер К., Зиффлинг Г.* Фильтр Калмана - Бьюси. – М.: Наука, 1982. – 190 с.
5. *Кочешков А.А.* Моделирование и фильтрация многомерных коррелированных возмущений в дискретных стохастических системах. //В сборнике: Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов VI Международной конференции / под ред. О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанов, Т.А. Гладковой; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – С. 104 - 110.
6. *Кочешков А.А.* Оценивание возмущений в дискретных стохастических системах. //Труды НГТУ им Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород. – 2019. – № 1. – С. 30-36.

1.2.2.

В.Ю. Мельцов канд. техн. наук, П.А. Баташев, А.А. Чудинов

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Кафедра электронных вычислительных машин,
Киров, meltsov@vyatsu, batashev.pasha@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА УСЛУГ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В КОМПЛЕКСНОМ ЦЕНТРЕ СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Рассмотрен процесс автоматизации одного из наиболее трудоёмких этапов работы специалиста комплексного центра социального обслуживания населения, а именно: этап составления индивидуального плана предоставления социальных услуг. Данный этап формально может быть разделен на две подзадачи: многокритериальная задача классификации, сутью которой является выбор необходимых услуг, и задача оптимизации, сутью которой является распределение выбранных услуг в ограниченных временных рамках. Для решения задачи классификации были отобраны и протестированы на реальных примерах наиболее известные методы с последующим выбором одного из них в качестве предварительного метода решения задачи классификации.

Ключевые слова: *социальное обслуживание, автоматизация, принятие решений, интеллектуальная система, дерево решений, методы классификации.*

1. Введение

Сегодня сложно представить какую-либо область деятельности человека, в которой не использовались бы интеллектуальные компьютерные технологии. Имеется такая необходимость и в области социального обслуживания населения. Развитие данной сферы подтверждается значительным увеличением её финансирования, направленного на модернизацию социальных учреждений, увеличение количества рабочих мест, запуск различных проектов, внедрение результатов научно-технического прогресса в работу специалистов различной квалификации [1].

Актуальность создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) заключается в необходимости автоматизации ряда производственных процессов, иногда слабо формализуемых, таких как: определение актуальных потребностей населения в конкретных социальных услугах, эффективное распределение финансов по учреждениям, анализ принятых решений и прогнозирование влияния данных решений и т.д.

2. Формализация задачи выбора услуг

В начале проектирования ИСППР были проанализированы основные этапы работы специалиста комплексного центра социального обслуживания населения (КЦСОН), начиная от получения заявления и принятия решения о признании обратившегося нуждающимся в социальном обслуживании, до предоставления ему социальных услуг.

Наиболее трудоёмким этапом является этап формирования индивидуальной программы предоставления социальных услуг (ИППСУ) с пакетом услуг «Системы долговременного ухода» (СДУ). Проект СДУ является пилотным не только в Кировской области, но и в Российской Федерации (РФ) в целом, в который с каждым годом всё больше и больше субъектов РФ присоединяются к исполнению данной программы [2]. В зависимости от оценки нуждаемости в уходе выбирается перечень услуг, объём и периодичность оказания данных услуг в течении определённого времени [3]. Так как проект является пилотным, то он не имеет чётких инструкций, в виде различных законов, актов и приказов, из-за чего составление ИППСУ оказывается крайне трудоёмкой и, отчасти, субъективной задачей. Это лишний раз подтверждает необходимость автоматизации данного процесса.

В целом задача формирования ИППСУ может быть разделена на две подзадачи: задача классификации и задачи оптимизации.

Проблема классификации заключается в том, чтобы в зависимости от состояния человека, оцениваемого 21 признаками определить, принадлежит ли он к классу нуждаемости именно данной услуги или нет. Всего услуг 50, каждая из которых имеет свой допустимый диапазон времени. В источнике [4] представлен весь перечень оцениваемых действий и услуг, входящих в пакет СДУ.

Проблема оптимизации заключается в распределении всех требуемых услуг в рамках ограниченного временного интервала. Под эффективностью решения понимается распределение услуг в соответствии со степенью нуждаемости, то есть выделить больше времени на более необходимые услуги, при этом все услуги должны быть оказаны.

3. Экспериментальная апробация методов классификации

В качестве исходных данных использованы ИППСУ с пакетами услуг СДУ, составленные экспертами КЦСОН за последние полгода. Исходные данные содержат результаты оценки нуждаемости пациентов в уходе, рисунок 1, и принятые специалистами решения по выбранному набору услуг, рисунок 2. Также используется информация о назначенном количестве услуг в день и количество дней оказания данных услуг в неделю.

На основе анализа литературных источников были отобраны и протестированы наиболее известные методы классификации: метод k-ближайших соседей, случайный лес, дерево решений, многослойный перцептрон.

Для тестирования методов была использована библиотека sklearn на языке Python, которая содержит реализацию данных методов. К сожалению, многие методы продемонстрировали снижение точности с увеличением размерности, рисунок 3. При этом из-за крайне ограниченных сроков на разработку ИСППР пока не рассматривались более мощные механизмы классификации.

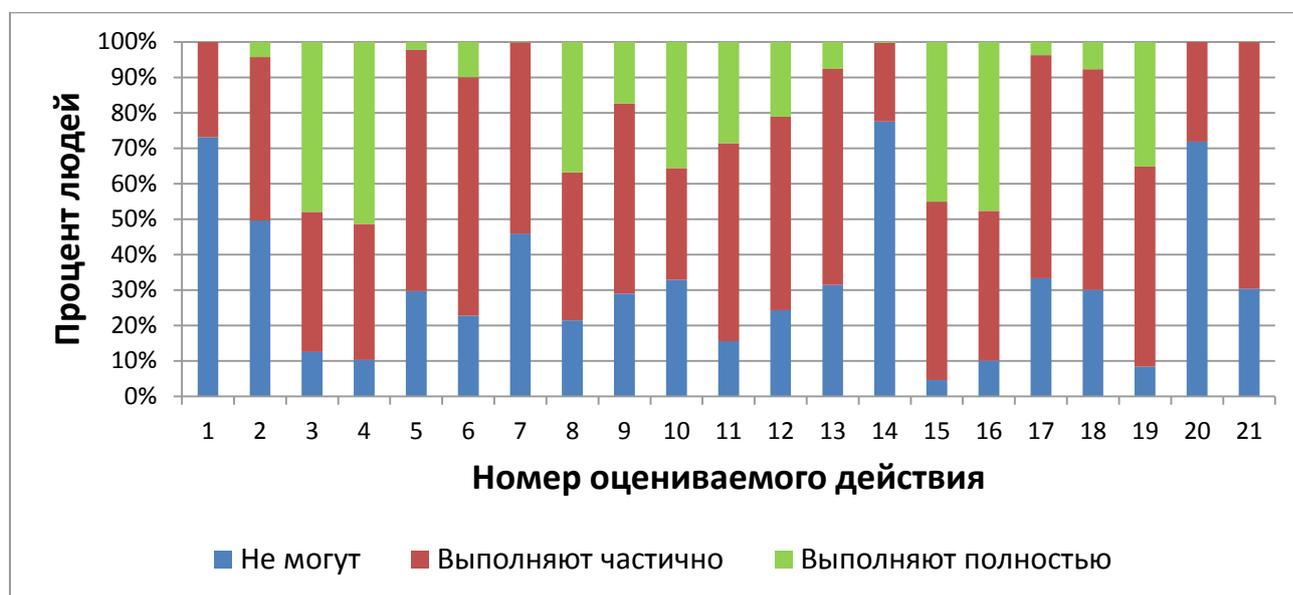


Рис. 1 – Диаграмма процента количества людей, способных выполнять оцениваемые действия

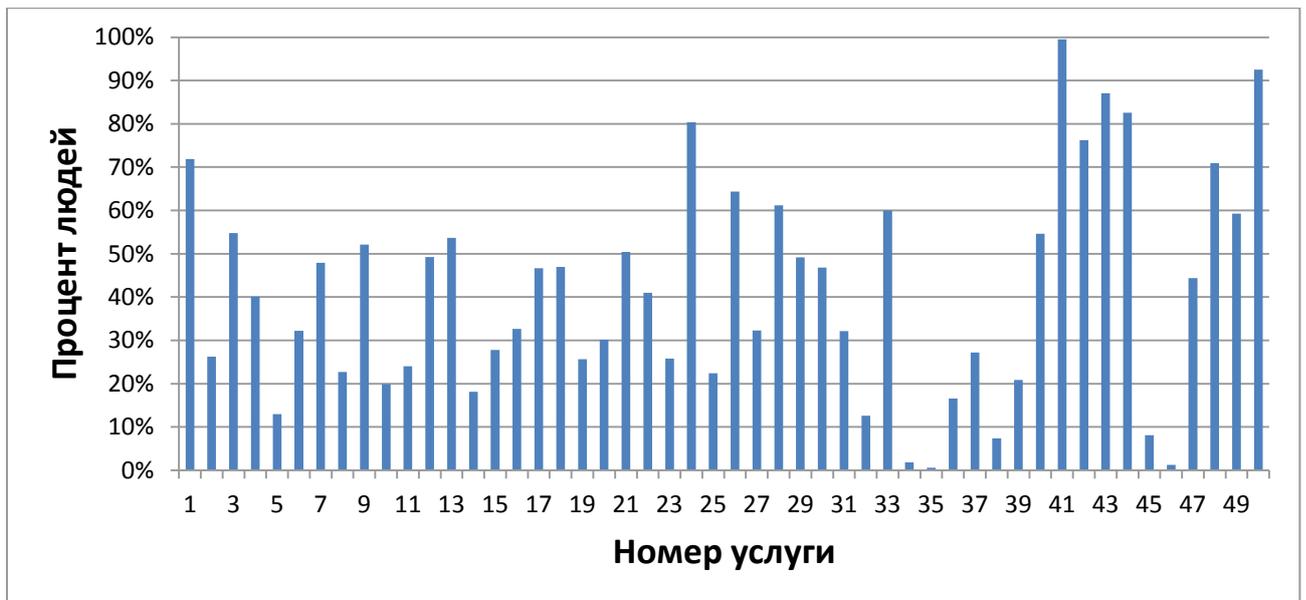


Рис. 2 – Процент назначения соответствующих услуг

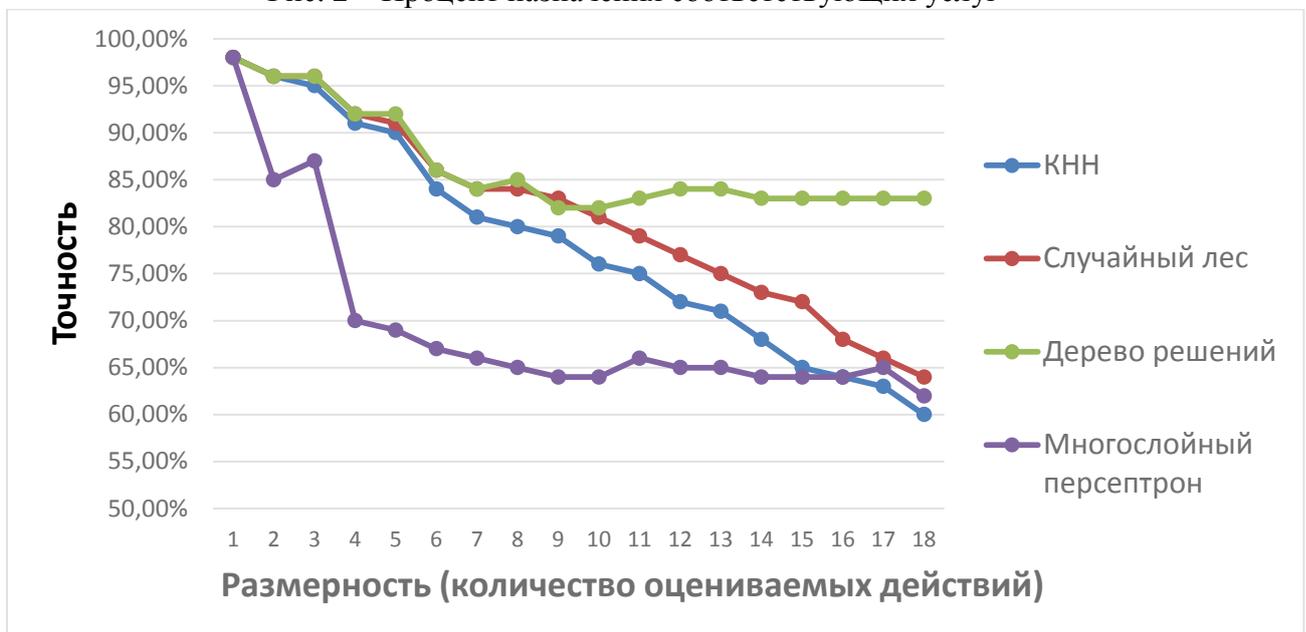


Рис. 3 – Сравнение точности методов классификации

4. Заключение

В данной статье были отобраны и протестированы наиболее подходящие методы классификации для поставленной задачи. Все методы, за исключением одного, показали значительное снижение точности при повышении количества признаков. Данное явление называется «Проклятие размерности» [5], которое частично решается путем выделения предиктивных факторов (наиболее сильно влияющих на принятие решения) и, соответственно, уменьшения размерности анализируемой выборки исходных данных. Данный метод не подходит для текущей задачи, так как каждый признак существенно влияет на определенный перечень назначенных услуг.

Несмотря на явление «Проклятие размерности», на неравномерное распределение набора данных по проценту назначения услуг и наличием субъективных факторов, которые не учитываются методами, но которые влияют на принятие решения специалистами, метод «Дерево принятия решений» показал приемлемую точность (около 85% при всем наборе признаков). Помимо точности, метод имеет преимущество интерпретируемости принятых решений с помощью построенного дерева.

Анализ древовидной структуры решений показал, что для текущей задачи метод достаточно точно моделирует рассуждения эксперта. Кроме того, иногда выявляются избыточные и даже ложные зависимости, что в дальнейшем потребует корректировки построенного дерева. Так же повысить точность можно за счёт корректировки коэффициентов в вероятностных узлах, за счёт совершенствования процедуры подбора гиперпараметров и фильтрации обучающих данных.

Список литературы

1. Романова Е.Ю. Социальное обслуживание пожилых граждан в Российской Федерации на примере Кировской области [Текст] / Романова Е.Ю. Смирнова А.А. – Государственное регулирование общественных отношений в регионе: социально-экономические, правовые и историко-культурные аспекты. 2022. С. 330-335.
2. Система долговременного ухода в России [Электронный ресурс]. URL: https://lfc-rus.org/sdu_russia
3. Олескина Е.А. Система долговременного ухода: старость не должна быть временем, когда человек остается наедине со своими бедами и болезнями или становится обузой для семьи [Текст] / Олескина Е.А. – Социодиггер. 2022. Т. 3. № 5-6 (18). С. 59-65.
4. Приказ Министерства труда и Социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2022 № 781 "Об реализации в отдельных субъектах Российской Федерации в 2023 году Типовой модели системы долговременного ухода за гражданами пожилого возраста и инвалидами, нуждающимися в уходе"
5. Большаков В.И. «Проклятие размерности» сложной системы и пути ее уменьшения [Текст] / Большаков В.И., Дубров Ю.И. – Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. 2011. № 3 (156). С.4-8

1.2.2.

Т.Г. Орешенко канд. техн. наук, С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
кафедра систем автоматического управления,
Красноярск, veisver@mail.ru

О ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Целью являлось обоснование возможности применения имитационной модели для определения режимов работы электронных компонентов в целях уточнения показателей надежности с последующим повышением вероятности безотказной работы и средней наработки до отказа по результатам анализа. Новизна работы заключается в использовании специализированного программного обеспечения для автоматизации построения карт электрических режимов. Итогом работы является совершенствование методики и ускорение получения результатов расчетов, особенно для схем, работающих в нескольких режимах.

Ключевые слова: *показатели надежности, коэффициенты нагрузки, вероятность безотказной работы.*

Повышение надежности является важной задачей для многих отраслей и организаций. Недостаточная надежность может привести к серьезным последствиям, таким как аварии, потери жизней, ущерб для имущества, нарушение производственного процесса и др. Поэтому повышение надежности помогает снизить риски для жизни и здоровья людей и сохранить ресурсы. Кроме того, повышение надежности способствует улучшению качества продукции электронных устройств.

В данной работе в качестве примера рассмотрим расчет показателей надежности формирователя коротких импульсов, обеспечивающего одновременный заряд группы конденсаторов, включенных последовательно. Подобный преобразователь является повышающим. Коэффициент «трансформации» напряжения преобразователя пропорционален числу переключаемых конденсаторов. С увеличением (понижением) выходного напряжения кратно и пропорционально с учетом потерь понижается (возрастает) выходной ток. Для расчета надежности нас следуют построить имитационную модель данного электронного устройства и провести расчеты.

Коэффициенты электрической нагрузки согласно таблице 1 определяются отношением

$$КН = \frac{F_{\text{раб}}}{F_{\text{ном}}}$$

$F_{\text{раб}}$ – электрическая нагрузка элемента в рабочем режиме (фактическая);
 $F_{\text{ном}}$ – номинальная или предельная по техническим условиям (ТУ) электрическая нагрузка элемента, выполняющего в конструкции роль схемного элемента.

В качестве F выбирают такую электрическую характеристику элемента, которая в наибольшей степени влияет на его безотказность. Так, для элементов, присутствующих в схеме формирователя, были выбраны характеристики, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Электрические характеристики

Группа элементов	Характеристика F
Резисторы	Рассеиваемая мощность
Конденсаторы	Прикладываемое напряжение
Тиристоры	Средний прямой ток, рассеиваемая мощность

Имитационная модель для определения режимов работы формирователя коротких импульсов выполнена в программе Micro-Cap 12, для снятия электрических характеристик и дальнейших расчетов (рисунок 1).

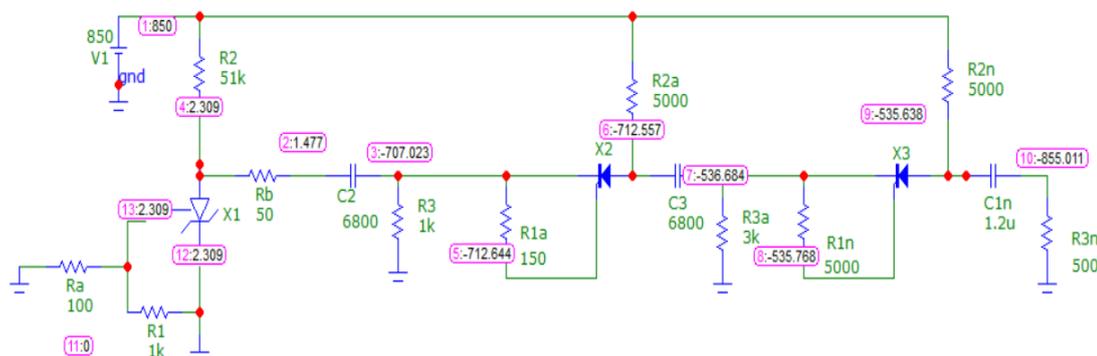


Рис. 1 – Имитационная модель формирователя коротких импульсов

Формирователь выполнен из цепочки однопипных узлов, состоящих из накопительных конденсаторов и тиристорных ключей. Отдельные узлы соединены между собой отрезками линий длиной по 4 м, выполненных из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом. В начальный момент времени (все тиристоры закрыты) конденсаторы C2 — C1n через резисторы R2 — R2n и R3 — R3n заряжены до напряжения питания (850 В). При подаче на вход формирователя импульса запуска происходит включение предварительно заряженных от источника питания конденсаторов C1 — C1n в последовательную цепочку. На выходе формируется короткий импульс высокого напряжения. В связи с разбросом характеристик тиристоров, их включение осуществляется раздельно, выходной импульс «размывается», идеального суммирования напряжений не происходит. После разряда конденсаторов тиристоры вновь закрываются, схема готова к запуску последующим управляющим импульсом.

В большинстве случаев общие требования к надежности формулируют в виде записи «требования к показателям надежности по ГОСТ 27.003». Задача расчета сводится к выбору номенклатуры задаваемых показателей, их согласованию и их дальнейшему расчету. Обязательным является расчет четырех основных показателей:

1. Нарботка на отказ

$$T = \frac{1}{\Lambda_y}$$

2. Вероятность безотказной работы за заданное время t_3 :

$$P(t_3) = e^{-\Lambda_y t_3} = e^{-\frac{t_3}{T}}$$

3. Среднее время безотказной работы устройства (средняя наработка до отказа).

$$T_{cp} = T$$

4. Гамма-процентная наработка до отказа

$$T_\gamma = -\frac{\ln * \frac{\gamma}{100}}{\Lambda_y} = -T \ln * \frac{\gamma}{100}$$

Прочие показатели, как правило, должны выбираться из тех, определения которых приведены в ГОСТ 27.002. Допускается применять показатели, наименование и определение которых конкретизируют соответственные термины с учетом особенностей изделия и специфики его применения, но не противоречат стандартизованным терминам. Так, для лабораторных условий с учетом влажности 90-98% произведение поправочных коэффициентов равно 2. Результаты расчета интенсивности отказа системы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики до замены элементов

Наименование компонента	Номинал (Модель)	(F) раб	F ном.	коэф нагрузки	Интенсивность отказа	K	Кол-во	C учётом отказа
Ra	100	596,29*E-06	0,125	0,00477032	0,000000297	2	1	2,83357E-09
R1	1k	5,9629E-05	0,062	0,000961758	0,000000297	2	1	5,71284E-10
R2	51k	1,206	0,125	9,648	0,000000297	2	1	5,73091E-06
Rrb	50	0,0001346	0,25	0,0005384	0,000000297	2	1	3,1981E-10
R3	1k	44,991	0,062	725,6612903	0,000000297	2	1	0,000431043
R1a	150	0,008969	0,25	0,035876	0,000000297	2	1	2,13103E-08
R2a	3k	134,974	0,25	539,896	0,000000297	2	1	0,000320698
R3a	3k	86,385	0,25	345,54	0,000000297	2	1	0,000205251
R1n	150	0,008871	0,25	0,035484	0,000000297	2	1	2,10775E-08
R2n	2k	57,59	0,25	230,36	0,000000297	2	1	0,000136834
R3n	2k	0,8	10	0,08	0,000000297	2	1	4,752E-08
C2 электролитический	6800	601,969	20	30,09845	0,000000513	2	1	3,0881E-05
C3 электролитический	1u	213,665	16	13,3540625	0,000000513	2	1	1,37013E-05
C1n электролитический	2u	510,619	20	25,53095	0,000000513	2	1	2,61948E-05
Тиристор X1	2N3873	601,969	0,5	1203,938	0,0000002	2	1	0,000481575
Тиристор X2	2N3873	212,112	0,5	424,224	0,0000002	2	1	0,00016969
Тиристор X3	2N3873	609,072	0,5	1218,144	0,0000002	2	1	0,000487258
Места пайки	37			1	0,000000005	2	37	0,00000037
							интенсивность отказа системы	0,00230932
							Средняя наработка до отказа	433,0279779

Для увеличения надежности схемы была понижена интенсивность отказа системы путем замены элементов на элементы с более низкой интенсивностью отказов, а также на элементы позволяющие понизить коэффициент электрической нагрузки, что позволило повысить наработку с 433 часов до 7601 часа. На рисунке 2 представлены зависимости вероятности безотказной работы системы от времени. Пунктирной линией отмечена величина гамма для определения гамма-процентной наработки на отказ системы, показывающая наработку, в течение которой система будет работоспособна с вероятностью гамма (в нашем случае 0,95).

Вторым способом увеличения надежности является резервирование. Результаты расчета без учета переключающих устройств при общем резервировании всей системы представлены на рисунке 2.

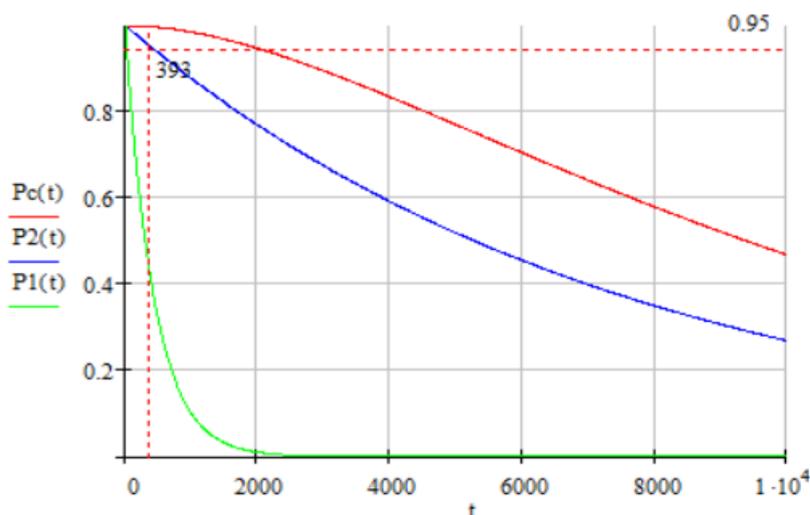


Рис. 2 – Вероятность безотказной работы формирователя
 $P_1(t)$ – Вероятность безотказной работы системы с исходными компонентами,
 $P_2(t)$ – Вероятность безотказной работы после замены компонентов,
 $P_c(t)$ – Вероятность безотказной работы с общим резервированием

Указанный порядок проведения расчета с помощью пакетов программ, позволяющих определить основные электрические характеристики, существенно увеличивает скорость определения критических мест в электронных схемах. Применение методики на этапе проектирования схем снимает необходимость ручного расчета несколькими проектантами, позволяет применять одну и ту же имитационную модель для разных целей расчетов. Предлагаемая методика расчета позволяет выделить максимально нагруженные элементы и предпринять дальнейшие шаги к увеличению показателей надежности системы путем замены критических элементов или введения резерва. Это имеет большое значение во многих технических системах, где необходимо обеспечивать непрерывность работы и высокую скорость проектирования.

Список литературы

1. Основы расчета надежности технических систем по надежности их элементов -URL: <https://studfile.net/preview/5996807/page:30/> (дата обращения 13.06.2023).
2. ГОСТ 27.002-2015 “Надежность в технике. Термины и определения”. -URL: <https://areliability.com/wp-content/uploads/2018/09/GOST-27.002-2015-Nadyozhnost-v-tehnike.-Terminy-i-opredeleniya.pdf> (дата обращения 14.06.2023).
3. Формирователь импульсов -URL: <https://kit-e.ru/circuit/formirovateli-impulsov/> (дата обращения 14.06.2023).
4. Формирователи коротких импульсов на транзисторах -URL: <https://planshet-info.ru/kompjutery/formirovateli-korotkih-impulsov-na-tranzistorah> (дата обращения 15.06.2023).
5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ -URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/s18-248.pdf/download/s18-248.pdf> (дата обращения 15.06.2023).

1.2.2.

С.С. Рявкин, С.А. Кусюмов канд. техн. наук, А.Н. Кусюмов д-р физ.-мат. наук

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ,
кафедра аэрогидродинамики,
Казань, postbox7@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАХОВОГО ДВИЖЕНИЯ И КАЧАНИЯ ЛОПАСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА

Рассматривается задача моделирования махового движения и качания лопасти несущего винта вертолета. Втулка несущего винта снабжена вертикальным и горизонтальным шарнирами. Моделирование проводится при условии продольной балансировки вертолета. Решение строится для различных значений момента инерции лопасти с учетом наличия демпфера вертикального шарнира винта. Определяется влияние параметров моделирования на амплитуду колебаний лопасти винта, устойчивость поведения и флаттер.

Ключевые слова: *несущий винт, лопасть, углы взмаха и качания, вертикальный и горизонтальный шарниры, устойчивость движения лопасти.*

1. Введение. Несущий винт является одним из ключевых элементов конструкции вертолета. Крепление лопастей винта к втулке может, в частности, осуществляться с помощью вертикального и горизонтального шарниров (ВШ и ГШ, соответственно). Шарнирное крепление обеспечивает лопасти маховое движение относительно ГШ, качание относительно ВШ и балансировку винта в условиях циклических угловых колебаний лопасти относительно ВШ и ГШ. В некоторых случаях угловые колебания лопасти могут самопроизвольно нарастать, что приводит к появлению флаттера.

В настоящей работе для анализа угловых колебаний лопасти относительно ВШ и ГШ используется система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), представленная в [1], [2]. Система уравнений интегрируется в пакете MATLAB с использованием метода Рунге-Кутты и преобразования Фурье для анализа спектра колебаний.

В качестве исходных данных используются параметры несущего винта легкого многоцелевого вертолета. Рассматривается влияние демпфирования и момента инерции лопасти относительно ВШ на характер и спектральные свойства угловых колебаний лопасти.

2. Уравнения движения лопасти относительно ГШ и ВШ. Поведение углов взмаха β и качания ζ лопасти, как правило, определяется системой, состоящей из двух ОДУ второго порядка [3]:

$$\ddot{\beta} + \nu_{\beta}^2 \beta - 2\beta\dot{\zeta} = \gamma E_1; \quad \ddot{\zeta} + \nu_{\zeta}^2 \zeta + 2\beta\dot{\beta} + C_{\zeta}^* \dot{\zeta} = \gamma E_2. \quad (1)$$

В качестве независимой переменной в (1) используется величина $\bar{t} = t\omega$, где t – время интегрирования, ω - угловая скорость вращения винта.

Отметим, что система (1) получена в [1], [2] с использованием интегрального подхода, где интегрирование проводится вдоль лопасти при допущении, что координаты ВШ и ГШ совпадают с осью винта. Кроме того, следует отметить, в работах [1], [2] имеется различие в знаках отдельных слагаемых, входящих в систему (1). Вывод системы (1) с применением пакета символьных вычислений Maple показал, что в [2] знаки слагаемых указаны корректно. Поэтому при анализе угловых перемещений лопасти в данной работе использована система уравнений (1) в формулировке работы [2].

Функции E_1, E_2 , входящие в систему (1), определяются выражениями:

$$E_1 = -\left(\frac{\mu}{6}\cos(\bar{t}) + \frac{\mu^2}{8}\sin(2\bar{t})\right)\beta - \left(\frac{1}{8} + \frac{\mu}{6}\sin(\bar{t}) - \frac{\mu}{6}\cos(\bar{t})\zeta\right)\dot{\beta} + \frac{\theta}{8}\dot{\zeta}^2 + \frac{1}{8}\dot{\beta}\dot{\zeta} - \frac{\lambda\mu}{4}\sin(\bar{t}) - \left(\frac{\theta\mu}{3}\sin(\bar{t}) + \frac{\theta}{4} - \frac{\lambda}{6} - \frac{\theta\mu}{3}\cos(\bar{t})\zeta - \frac{\mu}{6}\cos(\bar{t})\beta\right)\dot{\zeta} + \frac{\mu^2}{4}\cos^2(\bar{t})\beta\dot{\zeta} + \frac{\theta\mu^2}{4}\sin^2(\bar{t}) + \frac{\theta\mu^2}{4}\cos^2(\bar{t})\zeta^2 - \left(\frac{\theta\mu}{4}\sin(2\bar{t}) + \frac{\theta}{3}\cos(\bar{t}) - \frac{\lambda}{4}\cos(\bar{t})\right)\mu\dot{\zeta} + \frac{\theta\mu}{3}\sin(\bar{t}) + \frac{\theta}{8} - \frac{\lambda}{6};$$

$$E_2 = \frac{c_{xa}\mu}{c_{ya}^{\alpha}3}\cos(\bar{t})\zeta\dot{\zeta} - \left(\frac{c_{xa}}{c_{ya}^{\alpha}}\frac{1}{4} + \frac{c_{xa}\mu}{c_{ya}^{\alpha}3}\sin(\bar{t}) + \frac{\theta\lambda}{6}\right)\dot{\zeta} - \frac{\theta}{8}\dot{\beta}\dot{\zeta} - \frac{\theta\mu}{6}\cos(\bar{t})\beta\dot{\zeta} - \frac{\lambda^2}{4} + \frac{c_{xa}}{c_{ya}^{\alpha}}\frac{1}{8}\dot{\zeta}^2 + \frac{c_{xa}\mu^2}{c_{ya}^{\alpha}4}\sin^2(\bar{t}) + \frac{\theta\lambda}{6} + \frac{\theta\mu\lambda}{4}\sin(\bar{t}) - \left(\lambda - \frac{\theta}{3} - \frac{\theta\mu}{2}\sin(\bar{t}) + \frac{\mu}{2}\cos(\bar{t})\beta\right)\frac{\mu}{2}\cos(\bar{t})\beta - \left(\frac{c_{xa}\mu}{c_{ya}^{\alpha}3}\cos(\bar{t}) + \frac{c_{xa}\mu^2}{c_{ya}^{\alpha}4}\sin(2\bar{t}) + \frac{\theta\mu\lambda}{4}\cos(\bar{t})\right)\dot{\zeta} - \frac{1}{8}\dot{\beta}^2 + \frac{c_{xa}}{c_{ya}^{\alpha}}\frac{1}{8} + \frac{c_{xa}\mu}{c_{ya}^{\alpha}3}\sin(\bar{t}) + \left(\frac{c_{xa}}{c_{ya}^{\alpha}}\zeta - \theta\beta\right)\frac{\mu^2}{4}\cos^2(\bar{t})\zeta - \left(\frac{\lambda}{3} - \frac{\theta}{8} - \frac{\theta\mu}{6}\sin(\bar{t}) + \frac{\mu}{3}\cos(\bar{t})\beta + \frac{\theta\mu}{6}\cos(\bar{t})\zeta\right)\dot{\beta}.$$

Основные параметры, входящие в систему ОДУ, имеют следующие значения: длина хорды лопасти $c = 0.32$ м, производная коэффициента подъемной силы по углу атаки $c_{ya}^{\alpha} = 5.8$ 1/рад, коэффициент лобового сопротивления $c_{xa} = 0.046$, радиус винта $R = 5.75$ м, угловая скорость вращения $\omega = 38.26$ рад/с, производная момента демпфера по угловой скорости поворота лопасти в ВШ $C_{\zeta} = 0 \div 100$ Нмс. В систему (1) входит также число Локка $\gamma = c_{ya}^{\alpha}c\rho R^4/I_L$ (по литературным данным, диапазон γ варьируется от 3 до 12). В данной работе, в отличие от [2], задача решается при условии отсутствия пружин в ВШ и ГШ (нет компенсации качания и взмаха), но с учетом наличия механического демпфера в ВШ. Остальные величины, входящие в систему уравнений (1), определяются полетными параметрами: ρ – плотность воздуха; μ – характеристика режима работы винта; λ – коэффициент протекания; $C_{\zeta}^* = \frac{C_{\zeta}}{I_L\omega(1-e_{\zeta})}$ – приведенный коэффициент демпфирования; e_{ζ} – вынос ВШ; $\theta = \theta_0 - \theta_1\cos(\omega t) - \theta_2\sin(\omega t)$ – угол установки лопасти; I_L – момент инерции лопасти относительно ГШ, кгм²; ν_{ζ}^2 и $\nu_{\beta}^2 = 1 + \nu_{\zeta}^2$ – частоты свободных колебаний относительно ВШ и ГШ.

Коэффициент λ определяется системой уравнений [3]:

$$\lambda = \frac{V_{\infty}\sin(\alpha) + v}{\omega R}; \quad v = \frac{c_T\omega R}{4(\lambda^2 + \mu^2)}.$$

Здесь $V_{\infty} = \mu\omega R\sin(\alpha)$ – скорость полета вертолета, α – угол атаки винта, c_T – коэффициент тяги винта. Углы α и θ_0 определялись по методике [4]. Для определения циклического шага лопастей винта использовалась методика [5].

3. Результаты моделирования. В работе принято типовое значение $\nu_{\zeta}^2 = 0.25$ 1/рад (см. [3]). Во всех расчетных случаях использовались начальные условия: $\beta(0) = 0.001$ 1/рад, $\dot{\beta}(0) = \zeta(0) = \dot{\zeta}(0)$.

На рис. 1 приведены развертки углов взмаха $\beta(\bar{t})$, качания $\zeta(\bar{t})$ и их спектр при $\gamma = 0$ (собственные колебания системы (1)).

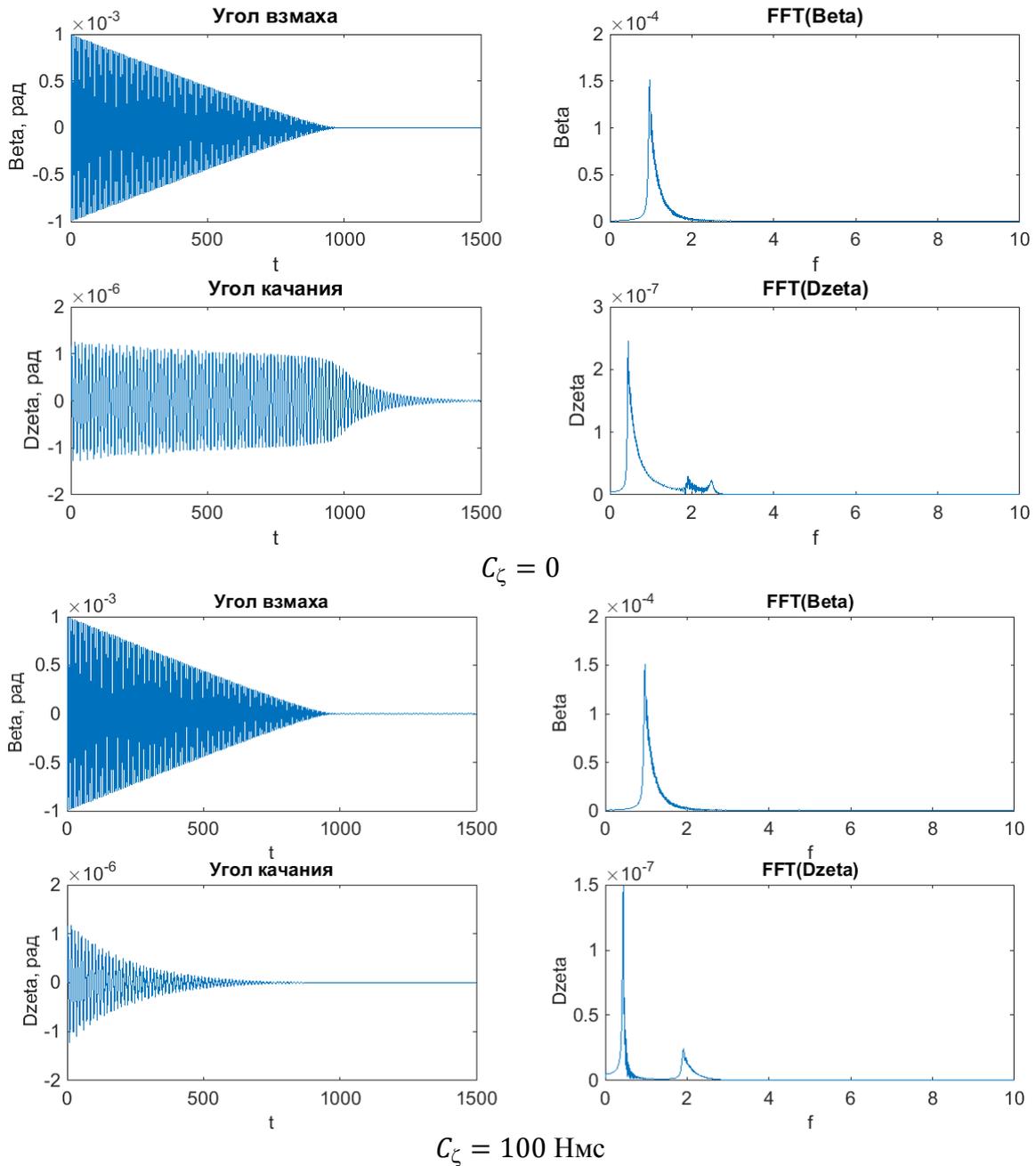


Рис. 1 – Развертки углов взмаха и качания (слева) и спектр (справа) при различных C_ζ

Из сравнения данных на рис. 1 следует, что зависимости $\beta(\bar{t})$ и $\zeta(\bar{t})$ при $\gamma = 0$ имеют затухающий характер. Колебания $\beta(\bar{t})$ происходят с периодом $\Delta\bar{t} = \omega\Delta t/2\pi = 1$ ($\bar{f} = 1/\Delta\bar{t}$). Для $\zeta(\bar{t})$ можно выделить основную гармонику при $\bar{f} = 0.5$ и дополнительную на частоте $\bar{f} = 2$. При этом период затухания для $C_\zeta = 100 \text{ Нмс}$ значительно меньше в сравнении с периодом для $C_\zeta = 0$.

Результаты при $\gamma \neq 0$ показаны на рис. 2 ($C_\zeta = 0$) и 3 ($C_\zeta = 100 \text{ Нмс}$).

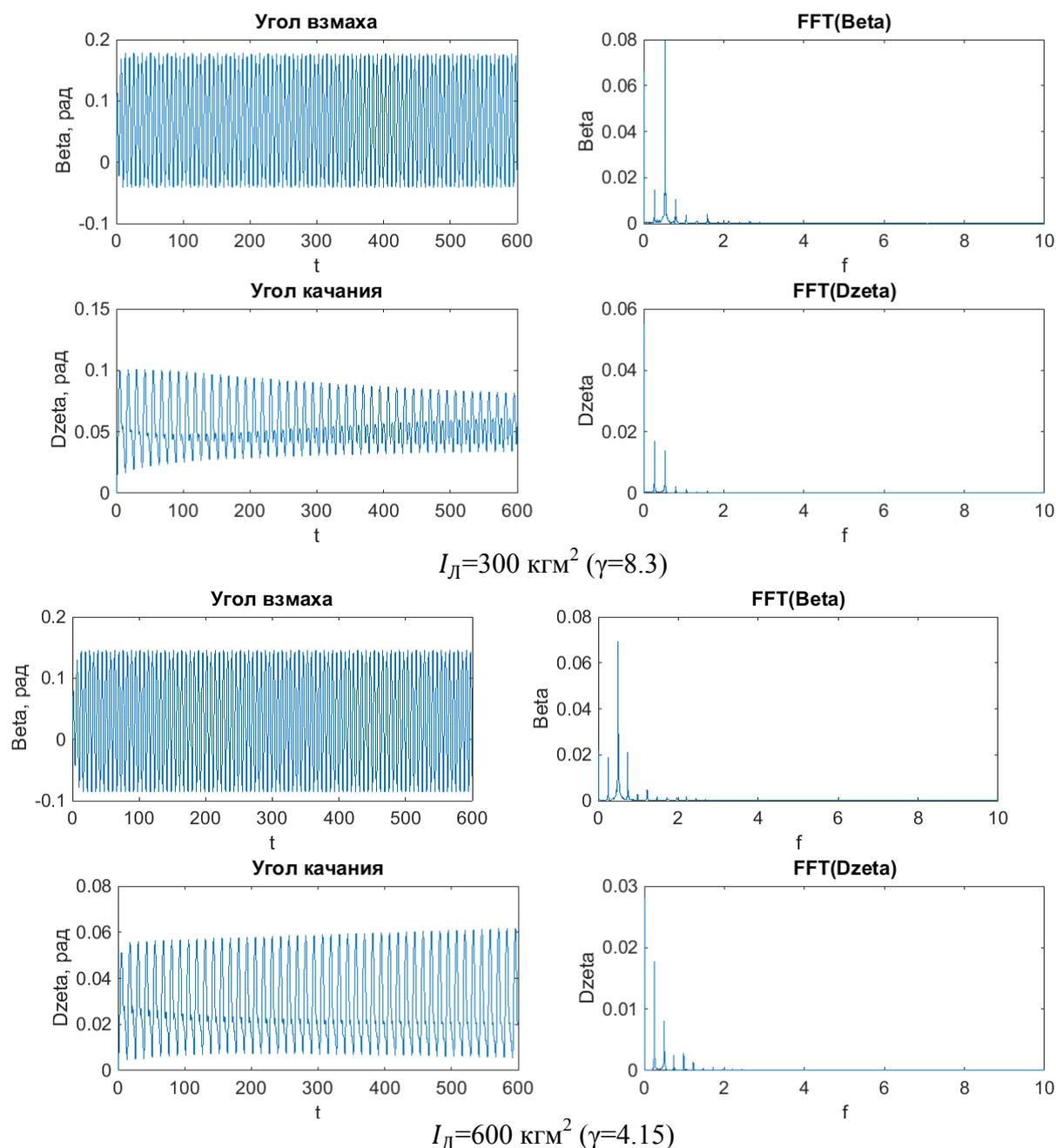


Рис. 2 – Развертки углов взмаха и качания (слева) и спектр (справа) для различных значений I_L при $C_\zeta = 0$

Расчеты при $\gamma \neq 0$ проводились для скорости $V_\infty = 83.3 \text{ м/с}$, $c_T = 0.0112$. По результатам расчета балансировки принято $\alpha = 1.22 \text{ град.}$ ($\mu = 0.379$). Для угла общего шага принято $\theta_0 = 9.59 \text{ град.}$, а для циклического шага $\theta_1 = -7.48 \text{ град.}$, $\theta_2 = 9.9 \text{ град.}$

Временные развертки угловых перемещений лопастей при наличии демпфирования представлены на рис. 3.

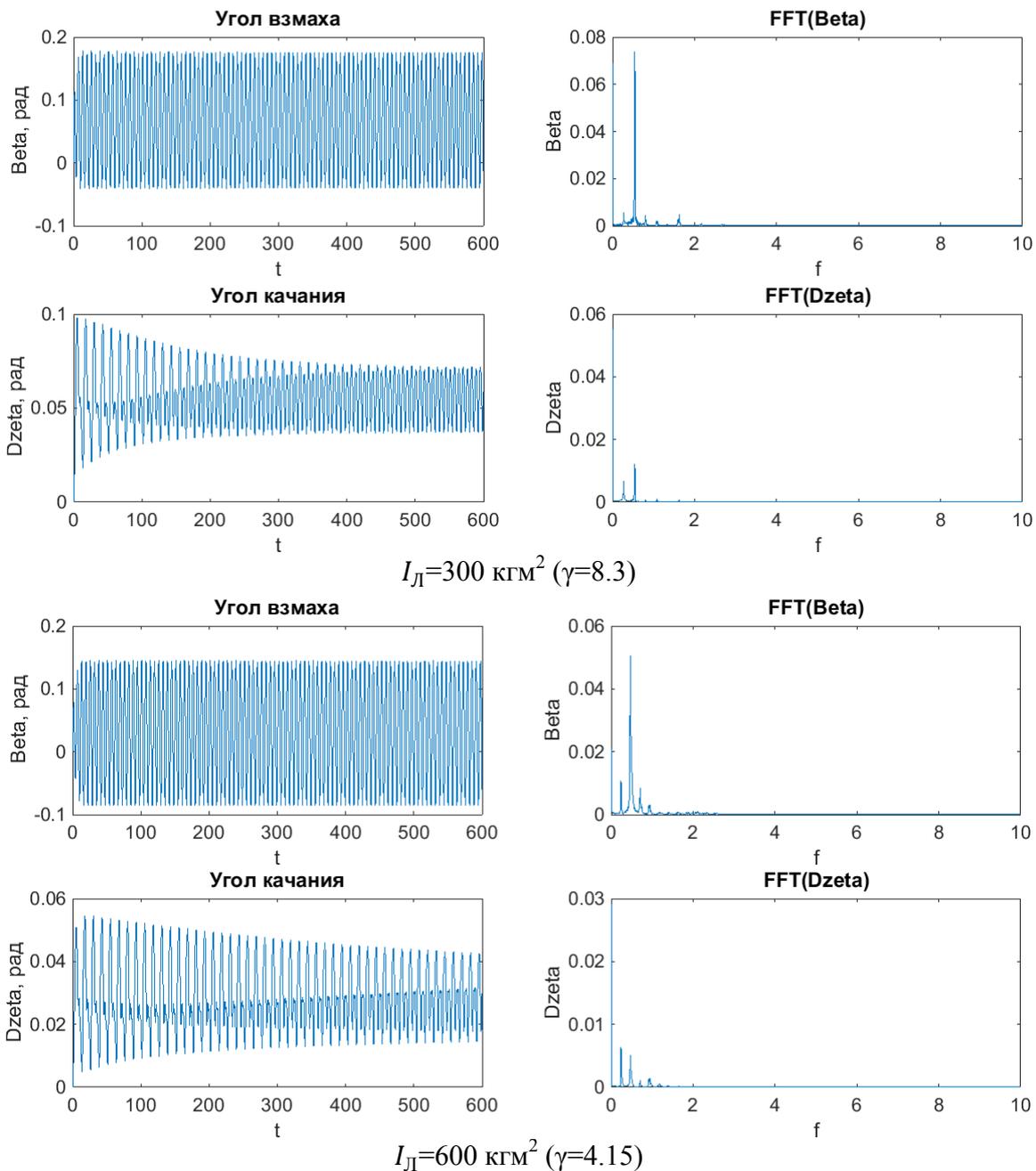


Рис. 3 – Развертки углов взмаха и качания (слева) и спектр (справа) для различных значений I_L при $C_\zeta = 100 \text{ Нмс}$

Из рис. 2, 3 можно сделать следующие выводы. Величины I_L и C_ζ слабо влияют на поведение угла взмаха $\beta(\bar{t})$. При этом во всех рассмотренных случаях можно выделить основную гармонику $\bar{f} = 0.5$.

Поведение угла качания $\zeta(\bar{t})$ при $C_\zeta = 0$ зависит от I_L . При малых I_L амплитуда ζ уменьшается с течением времени (рис. 2). Для некоторого I_L ($\gamma=5.63$) амплитуда ζ остается практически неизменной (осцилляции предельного цикла в терминологии [1]). Дальнейший рост I_L приводит к увеличению амплитуды ζ (с течением времени) и появлению флаттера (нестабильный предельный цикл). При наличии демпфирования амплитуда ζ уменьшается (рис. 3) для всех рассматриваемых значений I_L . В спектре ζ низкочастотные гармоники отмечаются только для $C_\zeta = 0$ при высоких значениях I_L .

4. Заключение. Рассмотрена задача интегрирования уравнений махового движения и качания лопасти несущего винта вертолета. Втулка несущего винта снабжена вертикальным и горизонтальным шарнирами. Численное решение задачи получено с учетом сдвига положения вертикального шарнира относительно оси вращения винта. При отсутствии

демпфирования в системе возможно возникновение нарастающих во времени колебаний угла качания типа неустойчивого предельного цикла (флаттер). Поведение угла взмаха отличается большей стабильностью, с незначительным изменением амплитуды колебаний при варьировании момента инерции.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, (123030100016-5 FZSU-2023-0005).

Список литературы

1. *Pin Tong*. The Nonlinear Instability in Flap-Lag of Rotor Blades in Forward Flight. ASRL TR 166-2. NASA CR-114524. October 1971. 67 p.
2. *Mikhailov S.A., Nikolaev E.I., Shilova N.A.* Dynamics of Coupled Flap-Lag Motion by the Helicopter Rotor Blades. In “Automatic Control in Aerospace 2004”, 16th IFAC Symp., S. Petersburg, Russia, 14 – 18 June 2004. Pp. 565 – 570.
3. *Johnson W.* Rotorcraft Aeromechanics. Cambridge Univer. Press, 2013. 927 pp.
4. *Семаков Л.А.* Расчет продольной балансировки и летно-технических характеристик вертолета. Учебное пособие по дисциплине «Динамика полета вертолета» для курсового и дипломного проектирования. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. 50 с.
5. *Seddon J.M., Newman S.* Basic Helicopter Aerodynamics. Wiley; 3rd edition, 2011. 288 pp.

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

2.3.1.

¹Э.Ф. Амирова, ¹Р.И. Вагапов, ²А.Л. Золкин, ³Н.Н. Малова

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»,
кафедра экономики и информационных технологий, Казань,

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,

³ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», кафедра математики, Самара,
elmira_amirova@mail.ru, vaggap@mail.ru, alzolkin@list.ru, malova@bk.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В работе рассмотрено использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве. Проанализированы различные типы беспилотных летательных аппаратов и составлен их сравнительный анализ. Ежегодно возрастающая численность населения планеты привела к проникновению высоких технологий в сельское хозяйство и созданию точного земледелия. Одним из направлений точного земледелия является использование БПЛА, которые могут применяться для решения следующих задач: анализ почвы и полей, посадка растений, посев и точечное опрыскивание, мониторинг урожая, осуществление орошения, а также подсчет поголовья, мониторинг здоровья животных, контроль за передвижением животных, создание виртуального периметра. В рамках проведенного исследования были определены как проблемы, так и преимущества использования БПЛА. Основными проблемами являются: стоимость, вопросы лицензирования и регулирования, внедрение в бизнес, технические проблемы. Из преимуществ можно выделить: отсутствие ограничений, короткий путь перемещения, полет в темноте, экономия временных и трудовых ресурсов, осуществление аэрофотосъемки. Отмечено, что в ближайшее время БПЛА будут активно проникать во все сферы жизнедеятельности человека, в том числе и в сельское хозяйство, значительно увеличивая производительность труда на фоне снижения издержек производства.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, растениеводство, скот, сельское хозяйство.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это тип летательного аппарата, который работает без пилота-человека на борту. Первоначально технология использовалась военными для стрельбы по зенитным целям, разведки и наблюдения за вражескими территориями. Однако технология вышла за рамки своей первоначальной цели и в последние годы приобрела известность в различных сферах человеческой деятельности, в частности, в сельском хозяйстве.

Существует огромный потенциал для применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Одним из таких применений является точное и основанное на фактических данных прогнозирование сельскохозяйственной продукции с использованием пространственных данных, собранных беспилотным летательным аппаратом. Беспилотники также позволяют фермерам наблюдать за своими полями с неба. Вид с неба может выявить многие проблемы на ферме, связанные с орошением, колебаниями почвы, заражением грибами и вредителями. С точки зрения животноводства, БПЛА используются для подсчета голов, наблюдения за животными, а также изучения привычек питания и особенностей, связанных со здоровьем. Используя собранную информацию, фермеры могут быстро и эффективно решать обнаруженные проблемы и принимать более эффективные

управленческие решения, повышать производительность фермы и, в конечном итоге, получать более высокую прибыль.

Методы исследования. В качестве методического инструментария исследования использован статистический метод, анализ литературы и документации. При этом была проанализирована теоретическая база данных по контенту научных статей за период с 2017 года по настоящее время.

Результаты исследования. Выделяют четыре основных типа беспилотных летательных аппаратов, а именно [1]: многороторные беспилотные летательные аппараты; беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом; одновинтовой вертолет; гибридные беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом и несколькими роторами.

Многороторные беспилотные летательные аппараты. Это наиболее распространенный тип беспилотных летательных аппаратов, о чем свидетельствует их широкая популярность как среди профессионалов, так и среди любителей. Они находят применение в фотографии, воздушном видеонаблюдении, развлекательных видах спорта и играх и т.д. Это самый простой в производстве и самый дешевый тип БПЛА. Многороторные БПЛА дополнительно классифицируются в зависимости от количества роторов на платформе. Есть модели с тремя роторами, называемые *tricopter*, с четырьмя роторами, называемыми *quadcopter*, с шестью роторами, называемыми *hexacopters*, и с восемью роторами, называемыми *octocopter*. Управление многороторным беспилотным летательным аппаратом не требует исключительных навыков, в отличие от других типов беспилотных летательных аппаратов.

Несмотря на то, что многороторные БПЛА являются дешевыми и простыми в изготовлении, имеют некоторые недостатки, а именно: ограниченное время полета, выносливость и скорость. Среднее время полета – 20-30 минут. Это связано с тем, что большая часть их энергии расходуется на борьбу с гравитацией и ветром, чтобы оставаться стабильными в воздухе. На рисунке 1 показан октокоптер, используемый для точного распыления жидких пестицидов и гербицидов.



Рис. 1 – Многороторный БПЛА

Беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом. Этот тип БПЛА имеют крылья, похожие на крылья обычного самолета. В отличие от многороторных беспилотных летательных аппаратов, они не затрачивают много энергии на то, чтобы оставаться в воздухе, поэтому способны летать дольше; среднее время полета составляет более часа. Возможность более длительного времени полета делает их наиболее пригодными для полетов на большие расстояния. Однако они не могут зависать на месте и поэтому не подходят для аэрофотосъемки. На рисунке 2 показан образец беспилотного летательного аппарата с неподвижным крылом, используемого для съемки больших площадей сельскохозяйственных угодий.



Рис. 2 – Беспилотный летательный аппарат с неподвижным крылом

Беспилотные летательные аппараты с одним ротором. Беспилотные летательные аппараты с одним ротором также называют монокоптерами и по конструкции они очень похожи на вертолеты. Хотя они и называются беспилотными летательными аппаратами с одним ротором, на самом деле у них два винта – большой сверху и меньший в хвосте. Большой ротор предназначен для подъема, а меньший используется для управления. Они имеют значительно более длительное время полета, чем их многороторные аналоги, поскольку часто работают на газовых двигателях. Эти БПЛА также обладают высокой маневренностью и гораздо более эффективны, чем многороторные типы. Также они способны зависать, что делает их полезными для аэрофотосъемки и точного распыления. Как и беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом, они также требуют специальной летной подготовки. На рисунке 3 показан образец беспилотного летательного аппарата с одним ротором.



Рис. 3 – Беспилотный летательный аппарат с одним ротором

Гибридные беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом и несколькими роторами. Эти типы БПЛА сочетают в себе характеристики беспилотных летательных аппаратов с неподвижным крылом и многороторных БПЛА. Они способны выполнять вертикальный взлет и посадку (СВВП), а также зависать на месте, как многороторные, так и одновинтовые. Как и беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом и одним ротором, они также способны на длительные полеты, но, по сравнению с ними, могут оставаться в полете гораздо дольше, что делает данный тип БПЛА самым универсальным из всех типов беспилотников. На рисунке 4 изображен гибридный БПЛА.



Рис. 4 – Гибридный беспилотный летательный аппарат с неподвижным крылом и несколькими роторами

Сравнение различных беспилотных летательных аппаратов. В таблице 1 приведено сравнение характеристик различных типов беспилотных летательных аппаратов.

Таблица 1 – Сравнение беспилотных летательных аппаратов на основе характеристик

Тип БПЛА	Высота (км)	Средняя дальность управления (км)	Средняя скорость полета (м/с)
Многороторные беспилотные летательные аппараты (DJI Agras MG-1P)	2	3-5	7
Беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом (AgEagle RX60)	0,125	2	18,8
Однороторный (Alpha 800)	3	30	15,2
Гибридные беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом и несколькими роторами (Jump 20)	4	500-1000	30

БПЛА в растениеводстве. Технология беспилотных летательных аппаратов придаст сельскохозяйственной отрасли высокотехнологичный вид с планированием и стратегией, основанными на сборе и обработке данных в режиме реального времени [2].

Анализ почвы и полей. Использование беспилотных летательных аппаратов для получения информации о почве полезно на ранних этапах цикла посева. Собранные данные помогают в раннем анализе почвы, а также полезны при планировании схем посадки семян. Эти данные также могут помочь фермеру в составлении планов орошения, а также в определении количества удобрений, необходимых для почвы или поля после посадки. Все это стало возможным благодаря анализу удаленных изображений, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата [3].

Посадка растений. Современные передовые технологии выращивания с использованием беспилотных летательных аппаратов предлагают методы посадки с использованием беспилотных летательных аппаратов, которые снижают затраты на посадку до 85% [4].

Благодаря использованию БПЛА был разработан новый метод количественной оценки расстояния между растениями кукурузы в масштабе поля. Для расчета расстояний до растений кукурузы был разработан алгоритм получения изображений на основе БПЛА. Знание точного количества растений на квадратный метр имеет важное значение и помогает повысить урожайность, определяя применение удобрений.

Посев и точечное опрыскивание. Сельскохозяйственные беспилотники упростили опрыскивание сельскохозяйственных культур для фермеров; поскольку они могут охватывать большие площади земли за очень короткий промежуток времени. Используя датчики, БПЛА могут автоматически регулировать свою высоту при опрыскивании неровных полей. Это повышает точность распыления и экономит ресурсы. С помощью камер высокого разрешения беспилотник может идентифицировать сорняки и точно распылять струю гербицида. Точечное опрыскивание позволяет сэкономить на них до 90% [5,11,14].

Мониторинг урожая. Беспилотные летательные аппараты с тепловизионными камерами позволяют фермеру контролировать свою ферму. Фермер может проверить состояние посевов на ферме, а также области, которые требуют срочного внимания. Результатом является повышение урожайности и увеличение прибыли.

Орошение. Сельскохозяйственные беспилотники, оснащенные тепловизионными камерами, способны предоставить полную информацию о конкретных проблемных зонах на ферме. Используя тепловизионные камеры, фермеры могут определять участки с низкой влажностью почвы, точно определять посевы, которые обезвожены, находить участки, которые заболочены, и в целом иметь представление об общем состоянии здоровья посевов на поле.

Беспилотные летательные аппараты в животноводстве. Животноводство, как и другие отрасли сельского хозяйства, является монотонным и трудоемким. Подсчет поголовья домашнего скота. БПЛА могут использоваться для подсчета поголовья скота на больших пастбищах. Подсчет животных может быть произведен либо с помощью распознавания изображений, либо с помощью инфракрасных камер с тепловым детектором. Для обработки изображений в последнее время наиболее широко используется сверточная нейронная сеть (CNN) [6].

Здоровье животных. Помимо подсчета, ведутся исследовательские работы по изучению использования инфракрасных камер, установленных на беспилотных летательных аппаратах, для наблюдения за здоровьем животных. Исследование основано на предположении, что животные с лихорадкой, как правило, имеют повышенную температуру [7]. Это может быть легко обнаружено беспилотным летательным аппаратом. На рисунке 5 показан образец тепловой карты стада крупного рогатого скота, захваченного беспилотным летательным аппаратом.

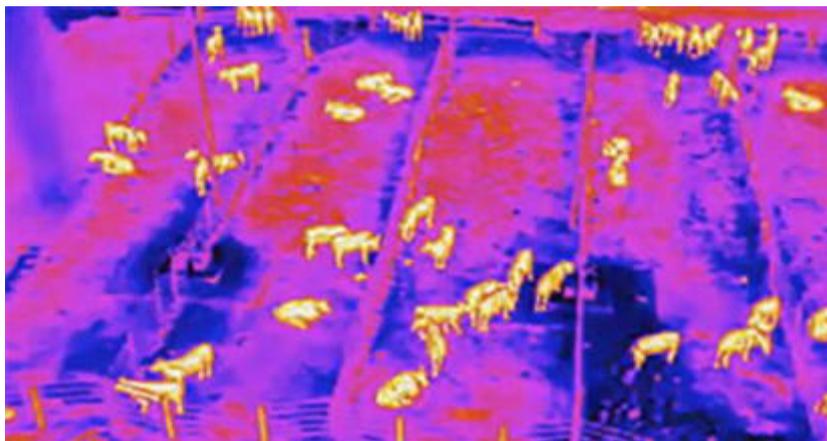


Рис. 5 – Тепловая карта стада крупного рогатого скота

Мониторинг и идентификация. Животные могут быть помечены RFID или аналогичными датчиками, что дает возможность контролировать их с помощью БПЛА. Благодаря им фермеры могут эффективно отслеживать передвижения и пищевое поведение конкретного животного. Идентификация может осуществляться с помощью беспилотных летательных аппаратов, оснащенных обычными камерами или ИК-камерами (которые обнаруживают тепловые выбросы от животного) или считывателями RFID.

Серьезной проблемой при применении RFID является то, что пассивные RFID-метки имеют очень малый радиус действия, поэтому их сложно использовать. Потенциальные решения могут включать [8,13]:

1. нанесение QR-кодов на крупный рогатый скот, которые камеры, установленные на дроне, могут просто сканировать, чтобы идентифицировать животное;
2. использование дрона-ретранслятора, такого как RFLy. RFLy действует как реле между RFID-метками и считывателем. Используя RFLy, фиксируется увеличение дальности действия пассивных RFID-меток до 50 метров.

На рисунке 6 показан потенциальный вариант использования беспилотных летательных аппаратов и RFID-меток для идентификации животных.

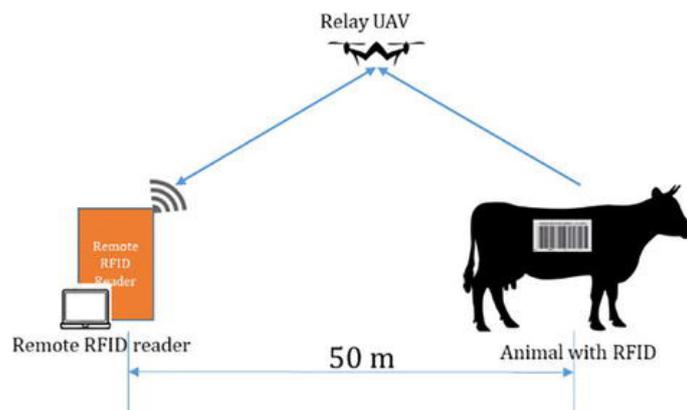


Рис. 6 – Идентификация животных с помощью ретрансляционных БПЛА

Гео-ограждение и виртуальный периметр. Гео-ограждение, виртуальный периметр или геозонирование означает создание виртуального барьера или периметра вокруг интересующей географической области [9,12]. Это может быть достигнуто, например, с помощью комбинации датчиков местоположения на основе RFID, LoRaWAN и GPS. Гео-ограждения нашли широкое применение в сельском хозяйстве, в частности, в животноводстве. Датчики устанавливаются на ошейники крупного рогатого скота, коз и т.д., и они отправляют данные о местоположении фермеру. Иллюстрация гео (виртуального) ограждения показана на рисунке 7. Красная граница – это область выпаса, а синим кругом выделено животное, пасущееся за пределами границы.



Рис. 7 – Виртуальный забор вокруг пастбища

Заключение. Таким образом, по результатам исследования можно выделить следующие преимущества применения БПЛА:

1. отсутствие ограничений: будучи воздушными, они не подвержены физическим ограничениям, такими как дорожный или почвенный рельеф, неровные дорожки и препятствия;
2. более короткий путь перемещения: беспилотники могут летать прямо по прямым траекториям;
3. полет в темноте: в случае автономных БПЛА их можно запрограммировать на полет в полной темноте;
4. экономия времени и труда: использование БПЛА, например, в растениеводстве, позволяет опрыскивать посевы примерно в 40-60 раз быстрее, чем это может сделать человек [10];
5. затраты: помимо экономии времени, сокращение рабочей силы напрямую приводит к экономии затрат;
6. аэрофотосъемка и получение изображений: с помощью БПЛА фермеры могут быстро получить аэрофотоснимки всей своей фермы или отдельных областей, представляющих интерес.

Недостатки:

1. стоимость: развертывание БПЛА, интеграция и обучение могут быть очень дорогостоящими;
2. вопросы лицензирования и регулирования: существует необходимость в разработке законодательства, регулирующего новые возможности и области применения БПЛА;
3. внедрение в бизнес: с точки зрения бизнеса, оправдать адаптацию БПЛА в сельском хозяйстве может быть непросто;
4. технические проблемы: они возникают в форме системной интеграции – интеграции служб промежуточного программного обеспечения с БПЛА, высокопроизводительных систем для анализа данных, сетевой инфраструктуры, которая позволяет любому члену команды управлять БПЛА и получать изображения и информацию с датчиков в режиме реального времени, а также применения машинного обучения (вычислительного интеллекта) выявлять и извлекать полезную информацию из большого массива данных;
5. этика и конфиденциальность: отсутствие стандартных операционных и технологических процедур, необходимых для безопасной эксплуатации БПЛА, является серьезной проблемой. Возможны помехи и взлом GPS из-за уязвимостей в системе управления и управления операциями беспилотных летательных аппаратов.

Список литературы

1. *Амирова Э.Ф.* Аспекты улучшения экономической ситуации в России после введения санкций / Э.Ф. Амирова, Ф.Н. Закирова // Перспективы устойчивого развития АПК : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Омск, 06 июня 2017 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2017. – С. 491-493.
2. *Зубаров Ю.Н., Фомин Д.С. и др.* Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyai-stve?ysclid=I9ykojugko750192551> (Дата обращения: 18.05.2023).
3. *Золкин А.Л., Матвиенко Е.В., Осоргин Ю.В.* Цифровой мониторинг агроэкосистем на основе космических и беспилотных технологий как основа органического земледелия/ Монография. – М.: Русайнс, 2023. – 66 с.
4. *Кудрявцев Д.М., Магдин А.Г. и др.,* Применение сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата для обработки сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-selskohozyaystvennogo-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-dlya-obrabotki-selskohozyaystvennyh-kultur?ysclid=I9yjtjfyu6855472057> (Дата обращения: 13.06.2023).
5. *Бережнов Н.Н., Быков С.Н.* Устройство для ультрамалообъемного опрыскивания сельскохозяйственных растений с использованием беспилотных авиационных средств вертолетного типа [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru/article/n/ustroystvo-dlya-ultramaloobemnogo-opryskivaniya-selskohozyaystvennyh-rasteniy-s-ispolzovaniem-bespilotnyh-aviatsionnyh-sredstv?ysclid=I9yjhpa2kt753815101> (Дата обращения: 4.06.2023).
6. *Амирова Э.Ф.* Последствия импортозамещения / Э.Ф. Амирова, Л.И. Садыкова // Перспективы устойчивого развития АПК : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Омск, 06 июня 2017 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2017. – С. 486-490.
7. Контроль местоположения стада при помощи БПЛА [Электронный ресурс] // <https://alb.aero/about/articles/kontrol-mestopolozheniya-stada-pri-pomoshchi-bpla/?ysclid=I9yk86x44e877740004> (Дата обращения: 3.04.2023).

8. *Медведев А.А., Алексеенко Н.А., Карпенко И.А.* Мониторинг животного мира на особо охраняемых природных территориях с помощью беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]// <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-zhivotnogo-mira-na-osobo-ohranyaemyh-prirodnih-territoriyah-s-pomoschu-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov?ysclid=I9ykazc4lx487536272> (Дата обращения: 22.04.2023).
9. *Амирова Э.Ф.* Пути повышения производительности труда в эпоху цифровой экономики / Э.Ф. Амирова // Роль социально-экономической науки в обеспечении продовольственной безопасности страны : материалы Международной научно-практической конференции, Казань, 22–23 мая 2018 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 3-8.
10. RFID-идентификация животных или СКУД на ферме [Электронный ресурс]// <https://www.konbez.com/single-post/rfid-ferma?ysclid=I9ykf0fsnp999647127> (Дата обращения: 12.05.2023).
11. *Rajabi, S. Maresca, M. Yumashev, A.V. Choopani, R. Hajimehdipoor, H.* The most competent plant-derived natural products for targeting Apoptosis in cancer therapy. *Biomolecules*, 2021, 11(4), 534.
12. БПЛА помогает отслеживать перемещение животных по радиодатчикам [Электронный ресурс] // <https://robonews.su/17702-BPLA-pomogaet-otslezhivat-peremeshenie-zhivotnyh-po-radiodatchikam-video.html>;
13. *Чирков М.А., Чистяков М.С.* Кластерная направленность эволюции NBIC-конвергенции в формировании платформенного подхода высокотехнологичного развития России // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2019. – № 2. – С. 145-161.
14. *Золкин А.Л., Матвиенко Е.В., Осоргин Ю.В.* Обоснование применения современных летательных аппаратов и средств в технологических операциях сельского хозяйства/ Монография. – М.: Русайнс, 2023. – 122 с.

2.3.1.

А.В. Безворотных, И.А. Панфилов, А.В. Мицкевич, Р.Э. Мамедов, М.М. Клипин

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра системного анализа и исследования операций,
Красноярск, stook_80@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ПО УЧЕТУ ДИКОРОСОВ

В статье описан процесс разработки мобильного приложения для информационной системы «Дикоросы Красноярья». Приведен обзор предпроектного анализа, обозначен алгоритм работы мобильного приложения. Разработаны и описаны модели функционирования в нотациях UML и BPMN.

Ключевые слова: цифровой сервис, мобильное приложение, дикоросы.

Введение

В настоящее время на территориях России богатых лесными массивами большое внимание уделяется контролю оборота дикорастущей продукции [1]. Благодаря чему, активно ведутся разработки различных информационных систем предназначенных для реализации процессов заготовки, сортировки, переработки, логистики и реализации дикоросов.

Одной из таких систем является платформа «Дикоросы Красноярья». Эта система основана на использовании акселерометра мобильных устройств, которые регистрируют процесс сбора, сдачи и приема дикорастущей продукции в заготовительно-перерабатывающие пункты. В данной статье будет рассмотрен этап проектирования информационной системы на базе мобильного приложения.

На основе анализа рассматриваемой области, был разработан алгоритм компонента мобильного приложения для информационной системы [2], его внешний вид представлен на рисунке 1.

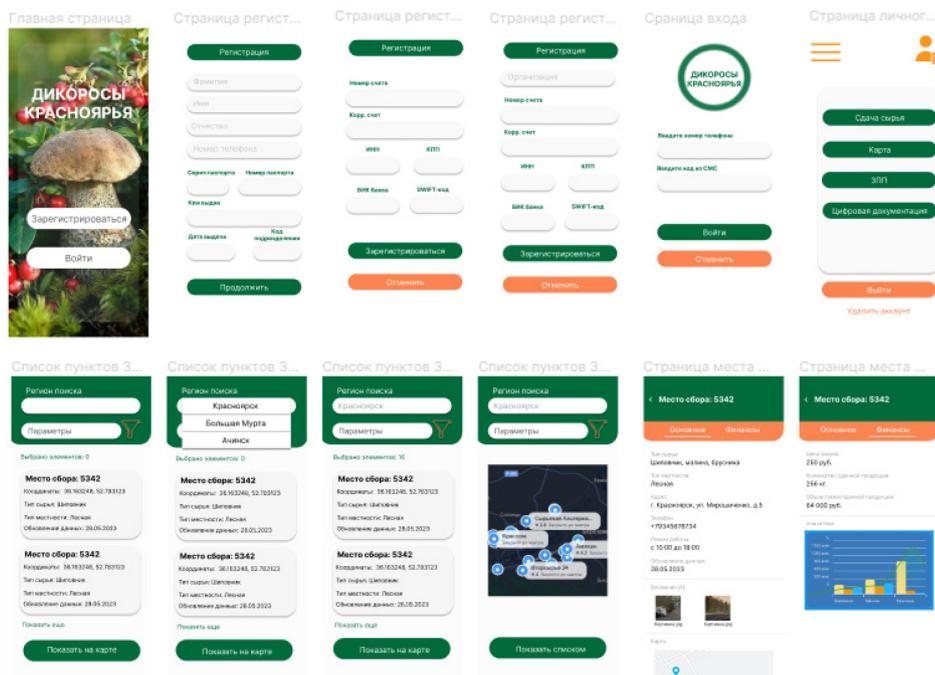


Рис. 1 – Макет мобильного приложения

Пользователь может произвести регистрацию и авторизацию в мобильном приложении, после чего ему будут доступны основные функции мобильного приложения, в зависимости от его роли в данной системе.

Далее пользователь может получить информацию о своем местоположении, категории доступного сырья, доступный лимит для сдачи/приема в сутки, максимальную стоимость сырья, точки приема данного вида сырья.

Для того чтобы пользователь понимал, какие имеются поблизости места сбора дикоросов, необходимо, чтобы был реализован единый реестр мест сбора [3], который должен содержать следующие элементы:

1. Поиск – должен работать по идентификационному номеру и наименованию мест сбора дикоросов.

2. Фильтры:

а. Регион – множественный выбор из справочника города, в котором расположены места сбора.

б. Тип сырья – множественный выбор для выбора типа сырья для сдачи.

с. Тип местности – множественный выбор для выбора типа местности, в котором расположено место сдачи дикоросов.

3. Список мест сбора с основной информацией по каждой из них. По умолчанию должны отображаться первые 10 мест.

4. Кнопка «Показать еще» – при нажатии должны подгружаться следующие 10 мест сбора.

5. Кнопка «Показать на карте» – при нажатии на данную кнопку в области реестра должна открываться карта, на которой должны отображаться все заведенные в системе места сбора, и кнопка должна сменяться на «Показать списком» для возврата к отображению мест в виде списка.

В списке мест сбора должна отображаться по каждому из мест следующая информация:

1. Идентификационный номер места сбора сырья как гиперссылка на страницу места сбора в формате: «Место сбора: {номер места}».

2. Координаты места в формате «{широта}, {долгота}».

3. Тип сырья, принимаемый в соответствующей месте сбора.

4. Тип местности, в котором расположено место сбора.

5. Обновление данных – должна отображаться дата последнего обновления данных в соответствующем месте.

Системное проектирование

В ходе системного проектирования были выделены две основные роли пользователей в разрабатываемой информационной системе – сборщик и приемщик сырья. Для каждой из ролей в системе, и построена диаграмма пользовательских интерфейсов, ее внешний вид представлен на рисунке 2.

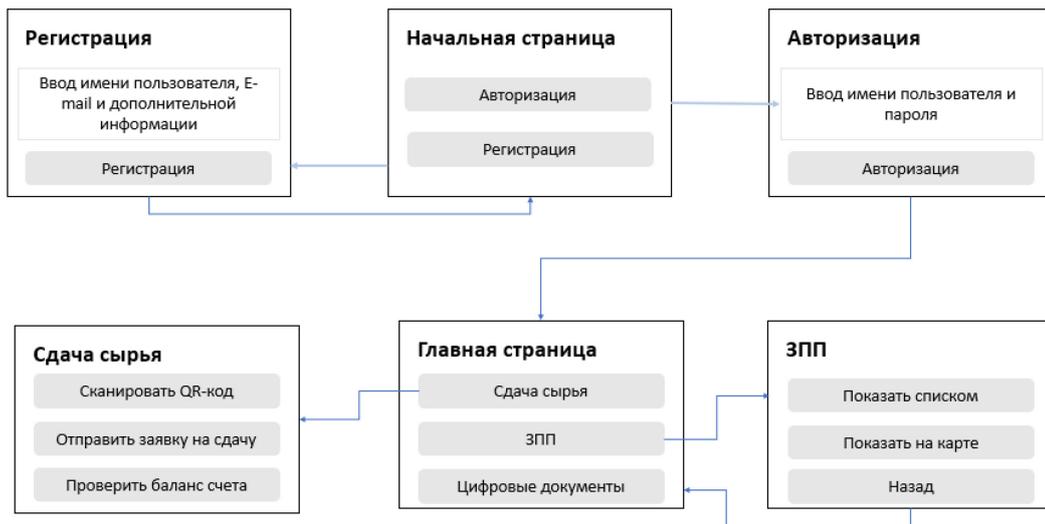


Рис. 2 – Диаграмма пользовательских интерфейсов

Рассмотрим один из сценариев взаимодействия сборщика дикоросов и приемщика – процесс передачи товара.

Сборщик приходит с товаром в пункт приема. С собой у сборщика должен быть телефон с приложением «Дикоросы Красноярья», в котором содержится вся контактная информация сборщика, а также QR код, отражающий эту информацию. Далее сборщик передает товар приемщику.

Приемщик проводит оценку состояния дикоросов, рассчитывает массу каждого вида дикороса при помощи весов и заносит в приложение. Оценку состояния приемщик производит в соответствии с регламентом, который для этого создан.

В приложении «Дикоросы Красноярья» приемщик создаёт заявку, где будут видны следующие поля: «номер заявки приема», «ID приёмщика», «ФИО приемщика», «дата», «ID сборщика», «ФИО сборщика», «название дикороса», «кг», «цена за кг», «сумма», кнопка добавления дикороса, кнопка сканирования QR кода, кнопка «готово».

- Поля «ID приёмщика», «ФИО приемщика», «Дата» формируются автоматически.
- Поля «ID сборщика», «ФИО сборщика» вносятся из кода QR либо вручную.
- Поле «название дикороса» вносится вручную либо выбор из выпадающего списка.
- Поле «кг» вносится вручную.
- Поле «цена за кг» заполняется автоматически, в зависимости от выбора дикороса (const).
- Поле «сумма» вычисляется автоматически («кг» * «цена за кг»).
- Кнопка сканирования QR кода позволит произвести сканирование QR кода сборщика и автоматически вставить информацию в поля «ID сборщика» и «ФИО сборщика».

Описанный выше алгоритм отображен на BPMN-диаграмме – рисунок 3.

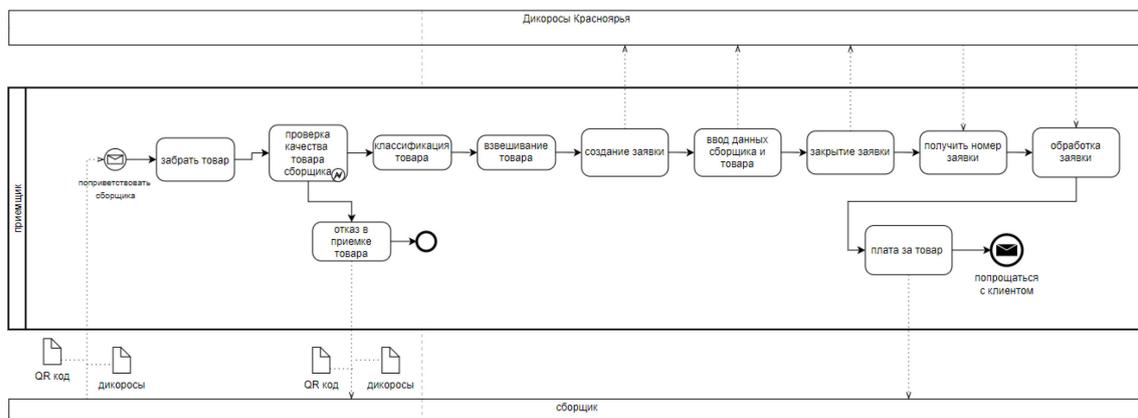


Рис. 3 – Процесс передачи сырья от сборщика до приемщика

После создания заявки приемщик должен отсканировать QR поставщика, а также заполнить остальную информацию. После завершения создания заявки, заявка отправляется на сервер в реестр заявок для дальнейшей обработки. Если заявка проходит проверку, то организация производит выплату денежных средств поставщику.

Заключение

В ходе проведенного анализа для информационной системы «Дикоросы Красноярья», был определен алгоритм работы мобильного приложения. В рамках проведения этапа системного проектирования была разработана и описана диаграмма пользовательских интерфейсов.

Список литературы

1. *Рыжиков В.В., Левицкий В.В., Родионова А.В.* Инновационное развитие системы заготовки и переработки лесных и болотных ягод в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре – Инновационное развитие экономики. 2018. № 4 (46). С. 100-111.
2. *Безворотных А.В., Поддубный А.В., Мицкевич А.В., Мамедов Р.Э., Клипин М.М., Панфилов И.А., Соинов А.В., Николаев С.В., Карасева Т.С.* Приложение для автоматизации учета процесса сбора и передачи дикорастущей продукции в заготовительные пункты – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023664721, 06.07.2023. Заявка № 2023663903 от 28.06.2023.
3. *Журавлев В.А., Воробьевская Е.Л., Кириллов С.Н.* Современное природопользование в национальном парке "Тункинский" – ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 362-375.

2.3.1.

Л.С. Гришина, И.П. Болодурина д-р техн. наук

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Институт математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики,
Оренбург, grishina_ls@inbox.ru, prmat@mail.osu.ru

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ
ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ**

Внедрение электронных медицинских карт позволило накапливать большие объемы данных, которые могут быть использованы для внедрения систем искусственного интеллекта. В рамках данного исследования рассмотрен подход к анализу неструктурированных русскоязычных медицинских текстов для решения задачи генерации рекомендаций для пациентов, основанный на модели глубокого обучения GPT-2 Large. Оценка сходства сгенерированных рекомендаций на основе метрики BLEU по биграммам и триграммам в среднем составила 0.333 и 0.107 соответственно. Полученные результаты демонстрируют потенциально высокие возможности применения методов NLP для построения систем поддержки принятия врачебных решений.

Ключевые слова: *Обработка естественного языка, генерация текста, клинические рекомендации, модель GPT.*

За последнее десятилетие цифровизация затронула почти все сферы жизни, включая здравоохранение. Внедрение электронных медицинских карт пациентов (ЭМК) позволило накапливать большие объемы данных. Однако, система хранения полученной информации не позволяет получить полностью структурированную и систематизированную базу данных описания всех этапов медицинского обслуживания. Например, оказание услуг в медицинской организации может носить различный характер: скорая медицинская помощь, первичная медико-санитарная помощь, прохождения некоторых дополнительных обследований (общий анализ крови, ЭКГ и т.д.) и другие виды услуг.

Частные организации активно модернизируют медицинские информационные системы (МИС) для облегчения анализа внутренних процессов, в то время как государственные МИС с огромным количеством пользователей зачастую хранят данные в виде отдельных текстовых документов, обработка которых может составлять довольно трудоемкую задачу в виду их неструктурированности.

Целью данной работы является исследование подходов к анализу неструктурированных русскоязычных медицинских текстов в рамках решения задачи генерации клинических рекомендаций для пациентов.

Обзор исследований. В рамках анализа неструктурированных данных предложено несколько подходов к формированию векторного представления текста с учетом контекстной информации, а также методов прогнозирования наиболее вероятных токенов для заданной последовательности слов.

Так, в работе [1] рассмотрена возможность применения логистической регрессии, метода опорных векторов и искусственных нейронных сетей (ИНС) для англоязычных текстов отзывов пациентов о четырех лекарственных препаратах. Полученные результаты продемонстрировали точность от 60.8% до 77.6% прогнозирования оценки лекарства по отзыву пациента.

Кроме того, высокую эффективность продемонстрировали методы глубокого обучения. Авторы исследования [2] провели адаптацию языковых моделей для извлечения информации о пациенте из англоязычных клинических текстов для автоматического заполнения форм. Получена F1-мера 81.1%, что является довольно значимым показателем.

Авторами работы [3] предложен подход к автоматической разработке и ранжированию большого корпуса для генерации русских парафраз. Тексты для обучения не имели определенной специфики, однако полученные результаты исследования могут быть распространены на другие задачи.

В исследовании [4] авторы разработали языковую модель GatorTron и провели оценку по клиническим задачам, включая извлечение клинических понятий, извлечение медицинских отношений, семантическое текстовое сходство, вывод на естественном языке и ответы на медицинские вопросы.

В работе [5] показано, что для большого объема неразмеченного текста в области биомедицины, предварительное обучение языковых моделей дает существенные преимущества по сравнению с предобученными языковыми моделями на данных общего домена.

В рамках исследования [6] представлена BioBERT, которая является предварительно обученной языковой моделью для биомедицинской области. Авторы дообучили BERT на корпусах биомедицинских доменов и сравнили эффективность обучения полученной модели на популярных задачах биомедицинского анализа текста.

В исследовании [7] авторы получили искусственные медицинские данные, используя современные модели генерации текста. Для сохранения семантической связности абзацев, предложение за предложением формируется с помощью ключевых фраз.

Таким образом, в сфере здравоохранения существуют решения системы автоматизации и поддержки принятия решения на основе методов искусственного интеллекта с применением NLP. Существуют эффективные методы генерации текстовых данных в области медицины, что показывает возможность их применения для генерации рекомендаций пациентам.

Задача генерации клинических рекомендаций.

Постановку задачи языкового моделирования можно сформулировать следующим образом: необходимо провести оценку вероятности появления произвольного слова w_n после произвольной последовательности слов $w_1^{n-1} = (w_1, w_2, \dots, w_{n-1})$, где $w_i \in W$.

На основе марковского правила можно утверждать, что $p(w_n | w_1^{n-1}) \approx p(w_n | w_{n-k}^{n-1})$, при $k \ll n$. Тогда вероятность появления произвольной последовательности слов в тексте вычисляется следующим образом:

$$p(w_1^n) = \prod_{i=1}^n p(w_i | w_{i-k}^{i-1}).$$

Обучающая выборка в рамках данного исследования - неразмеченный корпус жалоб пациентов на приеме у терапевта и заключения (рекомендации) врачей.

Для разработки генеративной модели реализованы модули взаимодействия с региональной МИС города Оренбурга, которые загружают обезличенные протоколы пациентов и выделяют информацию из документов посредством рекурсивного анализа. Обработано 364020 протоколов посещений, которые содержали информацию объективного осмотра пациента, его жалобы и рекомендации врачей.

Модели генерации текста. Рассмотрим современные языковые архитектуры генерации текста. В виду того, что контекст необходимо предсказывать слева направо, то необходимо рассматривать класс однонаправленных моделей.

Модель BertGeneration — это модель BERT, которую можно использовать для задач последовательного преобразования с использованием EncoderDecoderModel. Данная модель совместима с общедоступными предварительно обученными BERT, GPT-2 и RoBERTa.

Модель GPT-2 является авторегрессионной моделью и генерирует новое слово на каждой итерации. Модель состоит из блоков декодера и имеет механизм внутреннего внимания (рис. 1).

В виду того, что модель GPT-2 продемонстрировала высокую эффективность при решении биомедицинских задач на других языках, воспользуется данной архитектурой для анализа неструктурированных русскоязычных медицинских текстов.

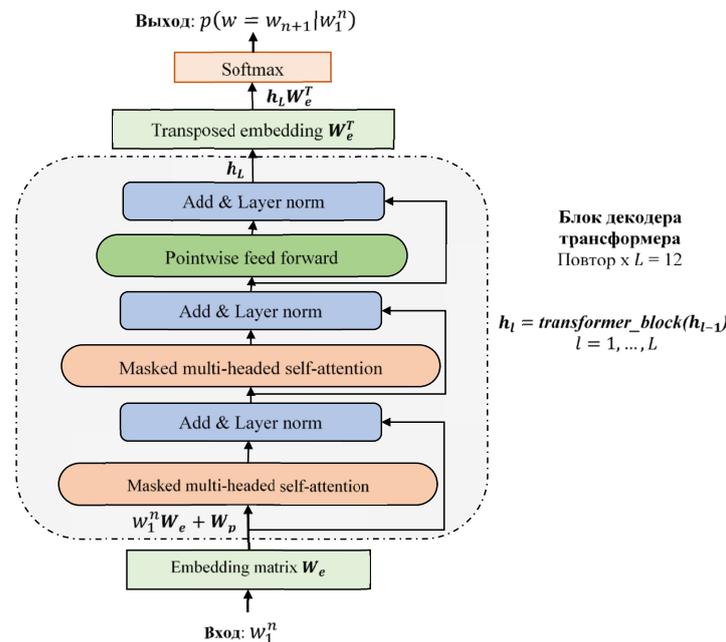


Рис. 1 – Архитектура блока декодера для модели GPT

Вычислительный эксперимент. Рассмотрим предобученную нейросетевую модель GPT-2 Large в конфигурации «sberbank-ai/rugpt2large» и проведем обучение в течении 100 эпох на корпусе из клинических текстов жалоб пациентов. Использование ресурсов GPU системы в процессе обучения представлено на рисунке 2.

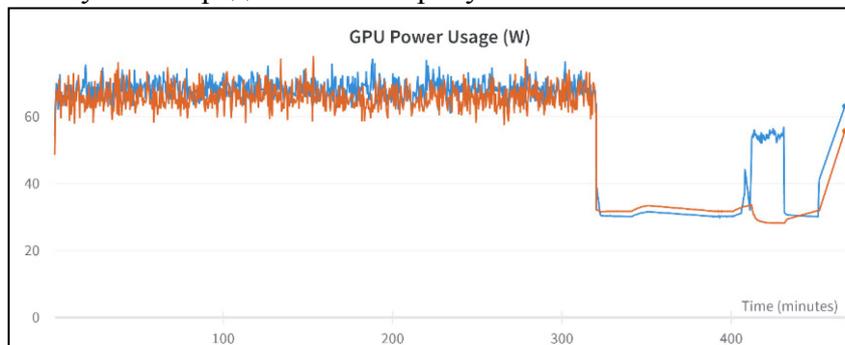


Рис. 2 – Зависимость использования ресурсов GPU от времени обучения

Для оценки качества сгенерированного текста воспользуемся метрикой BLEU, которая измеряет сходство сгенерированного текста с реальным, на тестовом наборе из 2000 протоколов жалоб и назначений (рис. 3).

Отметим, что набор данных представляет собой «сырые» данные МИС, поэтому сравнение с ответом врача – единственно доступный эталон. Однако, полученные значения позволят будущим исследованиям ориентироваться в качестве языковых моделей. Среднее значение BLEU2 составляет 0.33329, а BLEU3 составляет 0.10725.

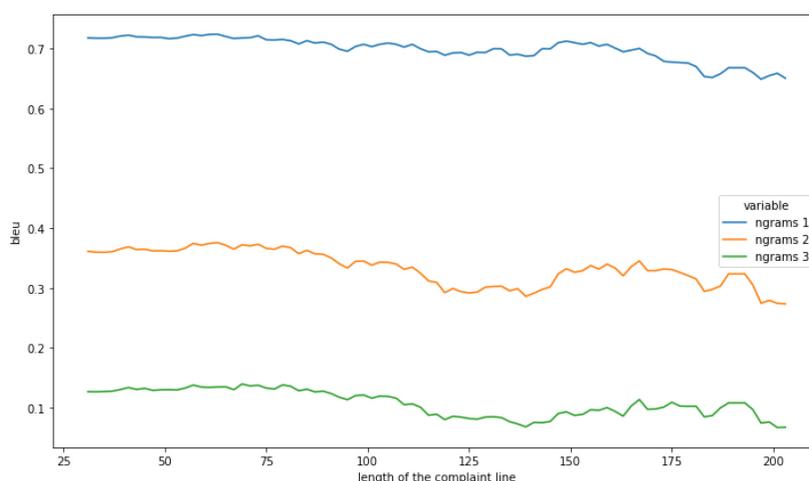


Рис. 3 – Значение метрики BLEU при различных минимальных длинах входного текста

Заключение. Таким образом, в рамках данного исследования рассмотрен подход к анализу неструктурированных русскоязычных медицинских текстов в рамках решения задачи генерации рекомендаций для пациентов, основанный на модели глубокого обучения GPT-2 Large, предварительно обученной на русскоязычном тексте от «sberbank-ai». Полученные результаты демонстрируют потенциально высокие возможности применения методов NLP для построения систем поддержки принятия врачебных решений.

Список литературы

1. *Harrison C.J.* Machine learning in medicine: a practical introduction to natural language processing / C.J. Harrison, C.J. Sidey-Gibbons // In *BMC Med Res Methodol.* – 2021. – Issue 21, vol. 158. – Pp. 1-11.
2. *Zhou L.* Adapting State-of-the-Art Deep Language Models to Clinical Information Extraction Systems: Potentials, Challenges, and Solutions / L. Zhou, H. Suominen, T. Gedeon // In *JMIR Med Inform.* – 2019. – vol. 25. – Pp. 1-10.
3. *Gudkov V.* Automatically ranked Russian paraphrase corpus for text generation / V. Gudkov, O. Mitrofanova, E. Filippskikh // In *arXiv preprint arXiv:2006.09719.* – 2020. – Pp. 1-6.
4. *Yang X.* A large language model for electronic health records / X. Yang, A. Chen, N. PourNejatian, C. Harle, W. Hogan, E. Shenkman, J. Bian, Y. Wu // *NPJ Digit Med.* – 2022. – Issue 5, vol. 194. – Pp. 1-11.
5. *Gu Y.* Domain-Specific Language Model Pretraining for Biomedical Natural Language Processing / Y. Gu, R. Tinn, H. Cheng, M. Lucas, N. Usuyama, X. Liu, T. Naumann, J. Gao, H. Poon // In *ACM Trans. Comput. Healthcare.* – 2022. – Issue 1, vol. 3. – Pp. 1-23.
6. *Lee J.* BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining / J. Lee, W. Yoon, S. Kim, D. Kim, S. Kim, C. H. So, J. Kang // *Bioinformatics.* – 2020. – Issue 4, vol. 36. – Pp. 1234-1240.
7. *Ive J.* Generation and evaluation of artificial mental health records for Natural Language Processing / J. Ive, N. Viani, J. Kam, J. Kam, L. Yin, S. Verma, S. Puntis, R. Cardinal, A. Roberts, R. Stewart, S. Velupillai // *NPJ Digit Med.* – 2020. – Issue 3, vol. 69. – Pp. 1-10.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²Т.Г. Айгумов, ³Н.А. Гуляева, ⁴И.А. Поскряков

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,

²ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный технический университет",
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем, Махачкала,

³Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
кафедра «Математика», Москва,

⁴ФГАОУ ВО "Российский университет транспорта",
кафедра «Экономика и управление на транспорте», Москва,
alzolkin@list.ru, 915533@mail.ru, superrata@bk.ru, i.poskryakov@miit-ief.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТАВКОЙ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АППАРАТА ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

В настоящем исследовании авторами рассматривается актуальный вопрос концептуального проектирования систем программного управления воздушными транспортными средствами беспилотного типа, используемыми в коммерческих целях. Формализуется ряд актуальных проблем разработки систем управления. Авторами поднимается вопрос важности разработки модуля программного учета состояния воздушного объекта с возможностями раннего обнаружения. Рассматривается и описывается программная модель и ее функционально значимые модули. Разработанная на языке программирования Python модель представляет собой систему управления для беспилотного грузового аппарата, основанную на предиктивных методах и интеграции с датчиком LiDAR. Цель проектируемой модели состоит в обеспечении безопасной и эффективной доставки грузов на беспилотном дроне DJI Matrice на расстояние. Модель включает в себя несколько ключевых компонентов. Во-первых, благодаря использованию предиктивной аналитики и данных с датчика LiDAR, система обеспечивает раннее обнаружение препятствий в окружающей среде. Это позволяет избегать столкновений и обеспечивает безопасность полета. Также модель использует предиктивную модель движения, которая позволяет аппарату адаптировать план полета на основе текущих данных о полете и состоянии груза. Это позволяет доставлять грузы оптимальным образом, учитывая изменяющиеся условия и требования. Авторами обозначается важная возможность интеграции системы мониторинга состояния груза. Разработанный концепт программно-аппаратной системы непрерывно отслеживает температуру, вибрацию и влажность груза в реальном времени. Если состояние груза выходит за допустимые пределы, система предупреждает оператора и позволяет принять соответствующие меры, например, коррекцию полетного плана или отправку уведомлений. Кроме того, исследуемая система предусматривает обновление предиктивной модели с использованием текущих данных о полете и состоянии груза. Это позволяет повысить точность и надежность прогнозирования, а также адаптировать систему к изменяющимся условиям. Результатом является разработанная функциональная модель, которая обеспечивает автономность и безопасность воздушной доставки грузов. Она позволяет беспилотным грузовым аппаратам эффективно перемещаться на большие расстояния, обнаруживать препятствия, адаптироваться к изменениям и обеспечивать мониторинг состояния груза.

Ключевые слова: управление движением беспилотных транспортных систем, мониторинг состояния груза, предиктивная аналитика, машинное обучение.

Создание новых систем управления для беспилотных грузовых аппаратов в настоящее время стало актуальной темой в авиационной и логистической отраслях. Однако такой процесс сопряжен с рядом проблем и вызовов, среди которых следующие: одной из основных проблем является обеспечение безопасности беспилотных грузовых аппаратов. Это включает в себя разработку систем, способных обнаруживать и предотвращать аварийные ситуации, а также обеспечивать защиту от внешних угроз, таких как хакерские атаки.

Законодательство и регулирование: беспилотная авиация все еще находится в стадии развития, и многие страны еще не имеют четкого законодательства, регулирующего операции беспилотных грузовых аппаратов. Это создает правовые неопределенности и вызывает сложности во внедрении новых систем управления.

Автономность и надежность: беспилотные грузовые аппараты требуют высокой степени автономности и надежности в своей работе. Они должны быть способны принимать решения на основе сложной обработки информации и справляться с различными ситуациями, включая изменяющиеся погодные условия и непредвиденные события.

Интеграция в существующую инфраструктуру: беспилотные грузовые аппараты должны быть интегрированы в существующую авиационную и логистическую инфраструктуру. Это означает, что необходимо разработать стандарты и протоколы связи, чтобы обеспечить совместимость с другими системами и участниками рынка.

Проблемы энергопотребления: беспилотные грузовые аппараты, особенно воздушные, требуют достаточного источника энергии для своей работы. Создание инфраструктуры для грузовых беспилотных средств является наиболее актуальной проблемой, требующей решения. Беспилотные грузовые средства должны интегрироваться в существующую транспортную инфраструктуру, включая дороги, железные дороги и порты. Это требует разработки и внедрения новых технологий и систем связи, чтобы обеспечить совместимость и безопасность взаимодействия между беспилотными средствами и другими участниками дорожного движения [1,2].

Разработка специализированной инфраструктуры: для эффективной работы грузовых беспилотных средств может потребоваться создание специализированной инфраструктуры, такой как автоматизированные склады, зоны посадки и взлета, специальные зоны погрузки и разгрузки и т.д. Это требует значительных инвестиций и планирования.

Методы исследования. В данном исследовании ставится цель разработки модели системы управления доставкой для беспилотного грузового аппарата при помощи средств предиктивной аналитики на некоторой условной аппроксимации опыта использования стендовых образцов беспилотников в рамках стажировки авторов исследования в «Сколтех». Наиболее острой проблемой, с которой сталкиваются производители дронов и беспилотников является выработка правил раннего обнаружения для избежания аварийных ситуаций, влекущих к проблемам обслуживания или потери управления над ценным объектом управления.

Объектом исследования является профессиональная платформа беспилотных летательных аппаратов Matrice 600 разработанная компанией DJI. Он предназначен для выполнения различных задач, включая грузовые перевозки на средние и длинные расстояния. M600 Pro обладает высокой грузоподъемностью и может переносить грузы до 6 кг. Он также имеет длительное время полета и превосходные возможности управления и стабилизации [3].

Модель раннего обнаружения препятствий для воздушного беспилотного грузового транспорта при помощи предиктивной аналитики будет разработана следующим образом. В начале модель должна учитывать и собирать различные типы данных, включая информацию о полете (такую как высота, скорость, угол наклона и т.д.), данные о погоде (например, облачность, ветер) и данные о препятствиях (например, здания, деревья, вышки).

Собранные данные подвергаются анализу, используя предиктивные алгоритмы и методы машинного обучения. Это может включать применение алгоритмов классификации и регрессии для определения вероятности столкновения с препятствиями.

Создание модели: на основе анализа данных разрабатывается модель раннего обнаружения препятствий. Модель может использовать информацию о текущих условиях полета и прогнозировать возможные препятствия на основе исторических данных и паттернов.

Интеграция с системой управления: разработанная модель интегрируется с системой управления беспилотным грузовым транспортом. Модель может предоставлять предупреждения и рекомендации пилоту или автоматически управлять полетом, чтобы избежать столкновений с препятствиями.

Тестирование и улучшение: разработанная модель подвергается тестированию на различных сценариях и условиях полета. Полученные результаты анализируются, и модель улучшается на основе обратной связи и дополнительных данных.

Результаты исследования. Для разработки программного продукта и модели системы управления доставкой с применением предиктивных методов, используются различные техники и подходы.

В скрипте используются данные с различных датчиков, таких как альтиметр (для определения высоты), скоростемер (для определения скорости) и метеодатчик (для измерения погодных условий). Эти данные необходимы для получения информации о текущем состоянии аппарата и окружающей среды [4,7,8].

Модель, используемая в скрипте, основана на предиктивной аналитике. При помощи предиктивных методов анализируются исторические данные о полетах, состоянии окружающей среды и других факторах для создания модели прогнозирования будущих событий, таких как обнаружение препятствий и определение рисков [5,11].

Машинное обучение: для разработки предиктивной модели применяются методы машинного обучения, такие как регрессия, классификация или нейронные сети. Модель обучается на исторических данных, чтобы научиться выявлять закономерности и зависимости между различными переменными и предсказывать будущие события.

Обнаружение препятствий: для обнаружения препятствий используются различные методы компьютерного зрения и обработки данных с датчиков, таких как LiDAR или камеры. Алгоритмы обнаружения препятствий позволяют идентифицировать и классифицировать препятствия на основе полученных данных [6,9,10].

Управление полетом: для управления полетом беспилотного аппарата используются алгоритмы и методы управления, такие как PID-регуляторы, оптимальное управление или алгоритмы искусственного интеллекта. Они позволяют принимать решения о корректировке высоты, скорости и траектории полета для достижения заданных целей и безопасного перемещения в окружающей среде.

Для разработки предиктивной модели и скрипта управления беспилотным грузовым аппаратом был использован разнообразный набор данных. Вот несколько типов данных и датасетов, которые пригодились для оценки состояния аппарата в полете: данные с датчиков аппарата – включают данные с различных встроенных датчиков аппарата, таких как альтиметр, GPS, скоростемер, акселерометр, гироскоп и другие. Эти данные предоставляют информацию о текущем состоянии аппарата, его скорости, высоте, углах наклона и других параметров.

Данные о погодных условиях: погодные условия, такие как температура, влажность, давление и скорость ветра, могут существенно повлиять на работу беспилотного аппарата. Использование данных о погоде позволяет учитывать влияние погоды на полет и принимать соответствующие меры для обеспечения безопасности и эффективности доставки.

Исторические данные о полетах: для создания предиктивной модели полезно иметь данные о предыдущих полетах аппарата, включая информацию о маршрутах, времени полета, условиях окружающей среды и других параметрах. Эти данные могут быть использованы для обучения модели и выявления закономерностей в поведении аппарата.

Данные с камер и дополнительных сенсоров: данные с этих сенсоров можно использовать для улучшения обнаружения препятствий и оценки состояния аппарата.

Конечная система управления доставкой для беспилотного грузового аппарата должна включать в себя систему раннего обнаружения препятствий, построенную на предиктивных средствах управления.

Диаграмма работы скрипта может быть представлена в виде последовательности шагов:

1. инициализация компонентов (датчики, предиктивная модель, обнаружение препятствий);

2. начало цикла;

3. сбор данных с датчиков;

4. обнаружение препятствий;

5. обновление предиктивной модели с текущими данными;

6. прогнозирование возможных препятствий и рисков;

7. принятие решений на основе прогнозов;

8. выполнение действия в соответствии с принятым решением;

9. возврат к шагу 3;

10. конец цикла.

Представим скрипт с описанием системы раннего обнаружения препятствий на языке Python 3.0 с учетом допущения некоторых формальностей:

```
# Импортирование необходимых библиотек
import time
import sensors # Библиотека для сбора данных с датчиков
import prediction_model # Библиотека с предиктивной моделью
import obstacle_detection # Библиотека для обнаружения препятствий
import flight_control # Библиотека для управления полетом

# Инициализация компонентов системы
sensors.init() # Инициализация датчиков
prediction_model.load_model('model.pkl') # Загрузка предиктивной модели
obstacle_detection.init() # Инициализация системы обнаружения препятствий

# Главный цикл работы системы
while True:
    # Сбор данных с датчиков
    altitude = sensors.get_altitude()
    speed = sensors.get_speed()
    weather = sensors.get_weather()

    # Обнаружение препятствий
    obstacles = obstacle_detection.detect_obstacles()

    # Обновление предиктивной модели с текущими данными
    prediction_model.update_model(altitude, speed, weather, obstacles)

    # Прогнозирование возможных препятствий и рисков
    predicted_obstacles = prediction_model.predict_obstacles()
    predicted_risks = prediction_model.predict_risks()

    # Принятие решений на основе прогнозов
    action = flight_control.decide_action(predicted_obstacles, predicted_risks)

    # Выполнение действия
    if action == 'change_altitude':
        flight_control.change_altitude()
```

```
elif action == 'change_speed':
    flight_control.change_speed()
elif action == 'change_route':
    flight_control.change_route()

# Ожидание перед следующей итерацией
time.sleep(1)
```

Обновленный скрипт включает модуль `obstacle_detection`, который отвечает за обнаружение препятствий. Оператору необходимо разработать и реализовать этот модуль, используя соответствующие методы и алгоритмы для обнаружения препятствий на основе данных с датчиков.

Модуль `obstacle_detection` может включать в себя обработку данных с датчиков препятствий, таких как LiDAR или радар, а также анализ и классификацию полученных данных для определения препятствий в окружающей среде.

При наличии LiDAR (лазерного сканирующего дальномера) в системе беспилотного грузового аппарата, скрипт может использовать его данные для более точного обнаружения препятствий и принятия соответствующих решений. Вот некоторые из возможностей применения скрипта с использованием LiDAR:

Это позволяет получать точные трехмерные данные о расстоянии и форме препятствий. Скрипт может использовать эти данные для более надежного обнаружения препятствий в окружающей среде, таких как здания, деревья, столбы и другие объекты.

Уточнение предиктивных прогнозов: данные LiDAR могут быть интегрированы в предиктивную модель, улучшая точность прогнозирования возможных препятствий и рисков. Это позволяет скрипту более точно предсказывать препятствия, определять их характеристики и принимать соответствующие решения для их обхода или избегания.

Для дополнения скрипта управления состоянием груза и его целостностью можно добавить следующие функции. Код для отслеживания состояния груза в реальном времени может выглядеть следующим образом:

```
def monitor_cargo_state():
    # Получение данных о состоянии груза
    cargo_temperature = get_cargo_temperature()
    cargo_vibration = get_cargo_vibration()
    cargo_humidity = get_cargo_humidity()

    # Логика обработки данных о состоянии груза
    if cargo_temperature > MAX_TEMPERATURE:
        print("Предупреждение: Температура груза превышает допустимый предел.")
        # Выполнение необходимых действий, например, отправка уведомления или
        # коррекция полетного плана

    if cargo_vibration > MAX_VIBRATION:
        print("Предупреждение: Вибрация груза превышает допустимый предел.")
        # Выполнение необходимых действий, например, отправка уведомления или
        # коррекция полетного плана

    if cargo_humidity > MAX_HUMIDITY:
        print("Предупреждение: Влажность груза превышает допустимый предел.")
        # Выполнение необходимых действий, например, отправка уведомления или
        # коррекция полетного плана
```

```
def get_cargo_temperature():
    # Код для получения данных о температуре груза
    # Вернуть текущее значение температуры
    pass

def get_cargo_vibration():
    # Код для получения данных о вибрации груза
    # Вернуть текущее значение вибрации
    pass

def get_cargo_humidity():
    # Код для получения данных о влажности груза
    # Вернуть текущее значение влажности
    pass

# Основной цикл программы
while True:
    # Основные операции системы управления доставкой

    # Мониторинг состояния груза
    monitor_cargo_state()

    # Продолжение выполнения других задач
```

Приведенный код представляет функцию `monitor_cargo_state()`, которая получает данные о состоянии груза (температура, вибрация, влажность) с помощью соответствующих функций `get_cargo_temperature()`, `get_cargo_vibration()` и `get_cargo_humidity()`. Затем данные сравниваются с допустимыми пределами и выполняются необходимые действия, например, вывод предупреждений или коррекция полетного плана.

В основном цикле программы выполняются другие задачи системы управления доставкой, а затем вызывается функция `monitor_cargo_state()` для периодического мониторинга состояния груза в реальном времени.

Заключение. Таким образом, рассмотренная в исследовании модель является концептуальной и требует дальнейшего исследования и разработки для полной реализации. Кроме того, она должна соответствовать законодательству и нормам безопасности, чтобы обеспечить надежную и безопасную работу беспилотного грузового транспорта.

Разработанная система управления для беспилотного грузового аппарата, основанная на предиктивных методах и интеграции с датчиком LiDAR, предлагает ряд преимуществ: она использует предиктивную аналитику и данные с датчика LiDAR для раннего обнаружения препятствий в окружающей среде, что позволяет избегать столкновений и повышает безопасность полета. Разработанная система управления включает функции мониторинга состояния груза, таких как температура, вибрация и влажность. Это позволяет оператору отслеживать и контролировать состояние груза в реальном времени и принимать соответствующие меры при возникновении проблем. Система имеет возможность обновления предиктивной модели с использованием текущих данных о полете и состоянии груза. В целом, разработанная система управления обеспечивает автономность и безопасность воздушной доставки грузов.

Список литературы

1. *Marintseva K., Yun G., Vasilenko I.* Delivery of special cargoes using the unmanned aerial vehicles //Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport. – IGI Global, 2021. – С. 1564-1587.
2. *Dauer J.C.* Automated Low-Altitude Air Delivery: Towards Autonomous Cargo Transportation with Drones. – Springer Nature, 2021.
3. *Scalea J.R. et al.* Successful implementation of unmanned aircraft use for delivery of a human organ for transplantation //Annals of surgery. – 2021. – Т. 274. – №. 3. – С. e282-e288.
4. *Peterson T.M., Staley J.R.* Business case analysis of cargo Unmanned Aircraft System (UAS) capability in support of forward deployed logistics in Operation Enduring Freedom (OEF). – Acquisition Research Program, 2011.
5. *Warren M.E.* Automotive LIDAR technology //2019 Symposium on VLSI Circuits. – IEEE, 2019. – С. C254-C255.
6. *Lohani B., Ghosh S.* Airborne LiDAR technology: A review of data collection and processing systems //Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences. – 2017. – Т. 87. – С. 567-579.
7. *L. Han, Lu. Chenji, A. Yumashev, D. Bahrani, R. Kalbasi, M. Jahangiri, A. Karimipour, S.S. Band, K.-W. Chau, and A. Mosavi.* Numerical Investigation of Magnetic Field on Forced Convection Heat Transfer and entropy Generation in a Microchannel with Trapezoidal Ribs. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics., 2021, 15(1), 1746-1760.
8. *Чистяков М.С.* Интегрированные информационные цифровые платформы как преамбула развития транспорта и логистики «Индустрии 4.0» // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Политранспортные системы». – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 667-671.
9. *Золкин А.Л., Айгумов Т.Г., Тормозов В.С., Василенко К.А.* Нейронечеткие системы в моделировании устройств беспилотных транспортных средств// Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 4. С. 3-11.
10. *Золкин А.Л., Тормозов В.С., Гуменникова Ю.В., Степина И.В.* Тезисы к вопросу методологии программного обеспечения применения технологии нейросетевого аппарата распознавания// Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 4. С. 129-136.
11. *Золкин А.Л., Матвиенко Е.В., Осоргин Ю.В.* Обоснование применения современных летательных аппаратов и средств в технологических операциях сельского хозяйства/ Монография. – М.: Русайнс, 2023. – 122 с.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²Ю.Н. Коваль, ³Н.А. Гуляева, ⁴Ю.В. Гуменникова¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,²ФГБОУ ВО "Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России", кафедра «Химии и процессов горения», Железногорск,³Московский финансово-промышленный университет «Синергия», кафедра «Математика», Москва,⁴ФГБОУ ВО "Самарский государственный университет путей сообщения», кафедра «Высшая математика», Самара,

alzolkin@list.ru, a_yulya@inbox.ru, superrata@bk.ru, gumennikov@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА РЕЖИМНЫХ ОБЪЕКТАХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЦЕЛЯХ ПРЕСЕЧЕНИЯ ДОСТАВКИ НА НИХ ЗАПРЕЩЁННЫХ ПРЕДМЕТОВ

Статья посвящена актуальным проблемам применения тепловизионного оборудования и дронов в контексте использования средств и алгоритмов искусственного интеллекта в беспилотных системах. Авторы предлагают математическую модель и методику обнаружения запрещенных предметов в исправительных учреждениях с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Модель основана на комбинации тепловизионного контроля, алгоритма Faster R-CNN для обнаружения объектов и фильтрации с использованием методов контрастности и поиска ярких точек на изображении. В рамках исследования была представлена математическая формула модели обнаружения объектов, которая включает различные шаги обработки и анализа видеопотока. Модель позволяет определить наличие запрещенных предметов, таких как холодное оружие, на основе аномального теплового распределения и металлических пересветов. Предложенная модель была оценена с использованием репрезентативных данных и проведена симуляция для оценки ее временной эффективности по сравнению с традиционными методами контроля. Результаты показали, что модель способна обнаружить запрещенные предметы значительно быстрее, чем традиционные методы, что может значительно повысить безопасность в тюремных учреждениях. Кроме того, в статье представлена разработка панели управления системой на базе HTML, которая обеспечивает удаленный мониторинг и визуализацию видеопотока, а также отображение информации об обнаружении запрещенных предметов через индикатор. Дополнительно был добавлен функционал симуляции логов, что позволяет вести регистрацию событий и анализировать их для последующих исследований. Выводы данной работы подчеркивают эффективность предложенной модели в обнаружении запрещенных предметов в исправительных учреждениях. Модель демонстрирует превосходство в скорости обнаружения по сравнению с традиционными методами контроля. Разработанная программная модель предоставляет возможность сжатия видеопотока без потери качества, что способствует оптимизации обработки и передачи данных, а также снижает нагрузку на сеть и хранилище. Это может существенно улучшить безопасность и эффективность работы в таких учреждениях.

Ключевые слова: БПЛА, обнаружение запрещенных предметов, исправительные учреждения, тепловизионный контроль, Faster R-CNN, видеопоток, математическая модель, эффективность, безопасность, удаленный мониторинг, оптимизация, сжатие видео, контрастность, яркие точки, индикатор обнаружения.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на режимных объектах уголовно-исполнительной системы может быть полезным для пресечения доставки запрещённых предметов заключёнными.

Приведем несколько наиболее примеров применения БПЛА в данном контексте.

Обнаружение и распознавание объектов: БПЛА могут быть оснащены различными сенсорами, включая камеры и тепловизоры. Это позволяет им обнаруживать и распознавать объекты на земле, включая запрещённые предметы, такие как оружие или наркотики.

Реагирование на инциденты. Если БПЛА обнаруживает подозрительную деятельность или доставку запрещённых предметов, они могут передавать информацию в режимный центр управления. Сотрудники могут принять необходимые меры по предотвращению инцидента, например, отправить охранников в заданную область для проверки и задержания нарушителей.

Хотя применение БПЛА в исправительных учреждениях на данный момент не является широко распространенной практикой, некоторые страны и организации проводили пилотные проекты и исследования по использованию БПЛА в данной области. Вот несколько примеров реального использования БПЛА в исправительных учреждениях. В 2015 году в США в тюрьме в штате Мэриленд проводился пилотный проект по использованию БПЛА для обеспечения безопасности и наблюдения на территории учреждения. БПЛА использовались для мониторинга периметра, обнаружения незаконных деяний и обеспечения оперативной реакции на происходящие события [1].

В 2017 году в одной из тюрем Великобритании проводился пилотный проект по использованию БПЛА для борьбы с контрабандой и обеспечения безопасности заключённых и персонала. БПЛА использовались для мониторинга периметра, обнаружения незаконных предметов, контроля территории и обнаружения незаконных активностей [2].

В 2018 году в тюрьме в Дубае проводился экспериментальный проект по использованию БПЛА для обеспечения безопасности и мониторинга заключённых. БПЛА применялись для контроля территории, обнаружения нарушений и незаконных действий, а также для оперативной реакции на происходящие события [3].

Методы исследования. В данной работе исследуется возможность реализации математической модели обнаружения у заключённых холодного вооружения в периметре зоны для прогулок.

Объектом исследования является применение БПЛА на режимных объектах уголовно-исполнительной системы с целью пресечения доставки запрещённых предметов заключёнными. Субъектом исследования может быть режимное учреждение, в котором применяется БПЛА, а также сотрудники и заключённые этого учреждения, которые будут взаимодействовать с системой БПЛА и ощущать ее влияние на свою повседневную деятельность.

В качестве тестируемой модели работы тепловизора выступает математическая модель, разработанная в симуляционной среде OpenAI на основе датасетов Kaggle.

Если БПЛА используется для наблюдения за поведением заключённых и предотвращения передачи незаконных предметов через периметр здания тюрьмы, могут быть приняты следующие меры. Визуальное наблюдение: может быть оснащено камерами и оптическими датчиками для визуального наблюдения за периметром тюрьмы.

Использование инфракрасных и тепловизионных камер: беспилотники могут быть оснащены инфракрасными и тепловизионными камерами, которые позволяют обнаруживать тепловые сигнатуры. Это может помочь выявить скрытые предметы, которые могут быть переданы через периметр, даже если они скрыты или упакованы.

Датчики движения и зоны безопасности: БПЛА может быть запрограммирован для обнаружения движения в запрещённых зонах или нарушения предопределённых границ. При обнаружении подозрительной активности, БПЛА может отправлять сигналы или предупреждения соответствующим службам безопасности для реагирования.

Беспилотники могут быть оснащены системами обнаружения радиосигналов, которые позволяют выявить незаконные передачи данных или связи, например, с использованием беспилотных квадрокоптеров, предназначенных для передачи предметов через периметр.

Интеграция с другими системами безопасности: БПЛА может быть интегрирован в общую систему безопасности тюрьмы, включая видеонаблюдение, системы датчиков и системы безопасности периметра. Это позволяет получать дополнительные данные и синхронизировать действия для более эффективного обнаружения и предотвращения незаконной передачи вещей.

Важно отметить, что эти меры могут быть эффективными в обнаружении и предотвращении передачи незаконных предметов через периметр, но не являются гарантией полной безопасности и нуждаются в синхронизации с другими средствами и методами управления коллективной безопасностью тюрьмы [4].

Результаты исследования. В данном исследовании представлена обобщенная структурно-ориентированная модель итерационного вычисления. Создадим математическую модель тепловизионного контроля.

Предположения модели. Тепловизионная камера может обнаружить тепловые сигнатуры объектов на земле и различить их от окружающей среды. Она имеет разрешение, которое позволяет обнаруживать и различать небольшие объекты, такие как незаконные вещи, при достаточно близком расстоянии.

Тепловая сигнатура незаконных вещей отличается от тепловой сигнатуры окружающей среды и тел заключенных [5,7,8].

Модель предполагает, что заключенные находятся на открытой территории или движутся в зоне, доступной для наблюдения с БПЛА.

Модельный алгоритм: задается область наблюдения тепловизионной камеры БПЛА над территорией исправительных учреждений.

Запускается обработка видеопотока с тепловизионной камеры. Для каждого кадра видеопотока применяются алгоритмы обработки изображений для выделения объектов, имеющих тепловую сигнатуру, отличающуюся от фона окружающей среды.

Применяются алгоритмы распознавания объектов для классификации выделенных объектов на заключенных и потенциально незаконные предметы.

Если обнаружены потенциально незаконные предметы, генерируется предупреждение для оператора БПЛА или службы безопасности исправительных учреждений.

Предупреждение может содержать информацию о местоположении объекта, его размере и других характеристиках, чтобы позволить оператору или службе безопасности принять необходимые меры.

Математическая модель обнаружения объектов с использованием алгоритма Faster R-CNN будет описана следующим образом [6].

Дано:

Изображение I с размерностью $H \times W \times C$, где H , W - высота и ширина изображения соответственно, C - количество каналов изображения.

Список классов объектов $K = \{k_1, k_2, \dots, k_N\}$.

Конволюционная нейронная сеть (ConvNet):

Применение предварительно обученной ConvNet, например, ResNet или VGG, для извлечения признаков из изображения I . Обозначим полученные признаковые карты как $F = \{f_1, f_2, \dots, f_L\}$, где f_l - признаковая карта l -го слоя.

Для каждой признаковой карты f_l генерируются регионы пропозал с использованием алгоритма selective search или аналогичного метода. Обозначим сгенерированные регионы как $R = \{r_1, r_2, \dots, r_M\}$, где r_m - m -й регион пропозал.

Для каждого региона r_m применяется операция регион пропозал пулинг для извлечения фиксированного размера признакового вектора. Полученные признаковые векторы обозначим как $P = \{p_1, p_2, \dots, p_M\}$, где p_m - признаковый вектор m -го региона пропозал.

Обнаружение объектов:

Для каждого признакового вектора p_m вычисляются вероятности принадлежности к каждому классу объекта из списка K с использованием полносвязного слоя. Обозначим вероятности как $S = \{s_1, s_2, \dots, s_M\}$, где s_m - вероятности для m -го региона пропозал.

Используя алгоритм Non-Maximum Suppression (NMS), отбираются наиболее вероятные объекты с учетом перекрытия между регионами пропозалами.

Полученные объекты и их координаты обозначим как $O = \{o_1, o_2, \dots, o_N\}$, где o_n - n -й обнаруженный объект.

Таким образом, математическая модель обнаружения объектов с использованием Faster R-CNN описывает процесс извлечения признаков холодного оружия на его геометрические характеристики, закладываемые в модели на уровне системы предварительного обучения.

Модифицируем алгоритм определения холодного оружия на основе тепловизионного изображения с реакцией на металлические пересветы. В этом случае мы будем использовать особенности тепловизионной камеры, чтобы обнаружить металлические предметы, которые могут быть связаны с холодным оружием. Вот модифицированный алгоритм. Соберем набор данных, содержащий тепловизионные изображения с металлическими предметами, включая холодное оружие. Разметим эти данные, указывая наличие и положение холодного оружия.

Применим предварительную обработку тепловизионного изображения для улучшения качества и выделения металлических пересветов. Это может включать фильтрацию, усиление контрастности и другие методы обработки изображений, основанные на тепловизионных особенностях.

Обнаружение металлических пересветов. Применим алгоритм обработки изображений для обнаружения металлических пересветов на предварительно обработанном тепловизионном изображении. Это может включать поиск ярких точек или регионов с высокой интенсивностью, которые свидетельствуют о наличии металлических предметов.

Фильтрация и классификация: применим для исключения ложных срабатываний и определения металлических пересветов, которые могут быть связаны с холодным оружием. Это может включать применение порогового значения для интенсивности пересветов и использование модели машинного обучения для классификации металлических пересветов как холодного оружия или других объектов.

Реакция на обнаружение. При обнаружении металлического пересвета, который может соответствовать холодному оружию, система может сгенерировать предупреждение или уведомление оператору БПЛА или службе безопасности тюрьмы.

Для оптимизации обработки видеопотока в скрипте можно использовать несколько подходов [9,10]. Вот некоторые из них. Параллельная обработка: разделите обработку видеопотока на несколько потоков или процессов для параллельной обработки кадров. Это может помочь увеличить производительность, особенно если ваша система имеет несколько ядер процессора.

Таким образом, написан кодек управления на H264, оптимизирующий передачу и сжатие видеопотока.

Разработанный на языке Python скрипт с добавленной фильтрацией, методом контрастности и поиском ярких точек для обработки тепловизионного изображения будет выглядеть следующим образом:

```
import cv2
import numpy as np

# Загрузка предварительно обученной модели Faster R-CNN
model = cv2.dnn.readNetFromTensorflow('faster_rcnn.pb')

# Загрузка видеопотока с тепловизионной камеры
video = cv2.VideoCapture('thermal_video.mp4')
```

```
while True:
    # Чтение кадра из видеопотока
    ret, frame = video.read()

    if not ret:
        break

    # Предварительная обработка тепловизионного изображения
    # Фильтрация
    filtered = cv2.GaussianBlur(frame, (5, 5), 0)

    # Увеличение контрастности
    contrast = cv2.convertScaleAbs(filtered, alpha=1.5, beta=0)

    # Поиск ярких точек
    gray = cv2.cvtColor(contrast, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    keypoints = cv2.goodFeaturesToTrack(gray, 100, 0.01, 10)

    # Обнаружение металлических пересветов
    for point in keypoints:
        x, y = point.ravel()
        cv2.circle(frame, (x, y), 3, (0, 255, 0), -1)

        # Проверка наличия металлического пересвета, соответствующего холодному
        оружию
        # и выполнение дополнительной обработки или классификации

        # ...

    # Отображение обработанного кадра
    cv2.imshow('Video', frame)

    # Прерывание цикла при нажатии клавиши 'q'
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# Освобождение ресурсов
video.release()
cv2.destroyAllWindows()
Примечания:
```

В этом модуле применяются фильтрация с помощью гауссовского размытия, увеличение контрастности с помощью функции `convertScaleAbs` и поиск ярких точек с помощью `goodFeaturesToTrack` из библиотеки OpenCV.

После обнаружения металлических пересветов, можно добавить дополнительную обработку или классификацию для определения, соответствуют ли они холодному оружию или другим объектам.

Символьная переменная `'thermal_video.mp4'` подразумевает путь к месту размещения видеопотока с тепловизионной камеры БПЛА.

На рисунке 1 представлена НМИ-панель управления оператора дрона, доступная через RDP. Тестирование функции захвата тепловизионного изображения показано на рисунке 2.

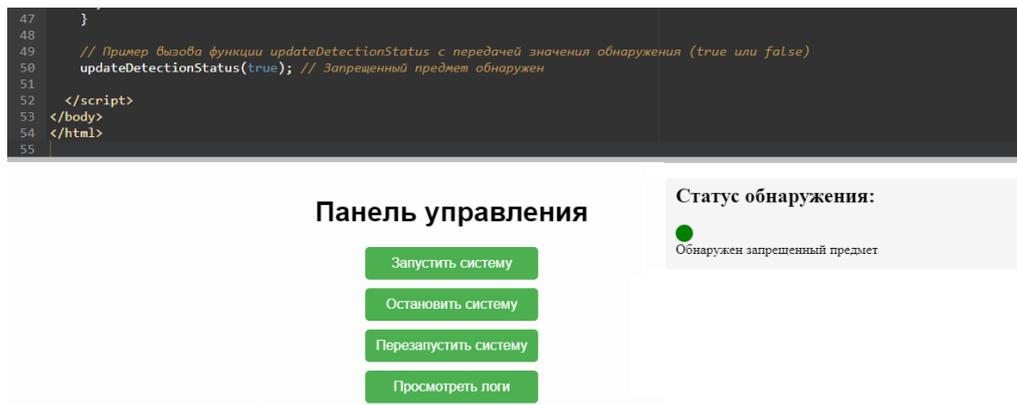


Рис. 1 – Разработанная панель управления для оператора БПЛА через RDP-клиент



Рис. 2 – Тестирование функции захвата тепловизионного изображения

Разработанная модель обнаружения запрещенных предметов (ножей) на основе тепловизионного контроля работает с частотой обновления кадров в 10 кадров в секунду (10 FPS) и требуется 0,5 секунды на обработку каждого кадра (рис. 3). Это значит, что модель обрабатывает 10 кадров за 1 секунду.

При сравнении с традиционными методами контроля, время обнаружения может быть значительно дольше, особенно при ручных обысках или статической видеозаписи.

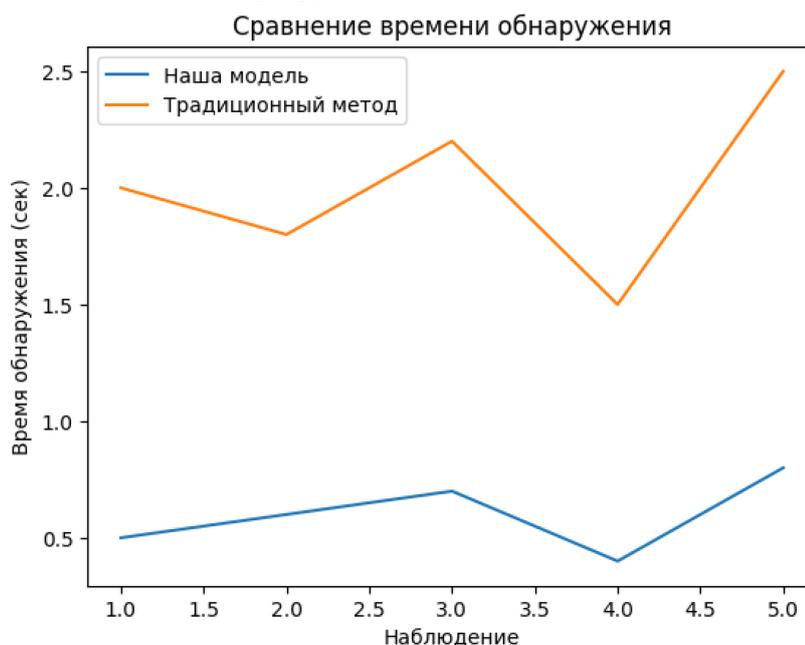


Рис. 3 – Сравнение времени обнаружения лица с ножом в руке или кармане на выборке в несколько секунд системой видеофиксации и тепловизионным каналом дрона (метод прямого сравнения)

В таком случае (рис. 3), время обнаружения запрещенного предмета будет составлять примерно 0,5 секунды для каждого кадра. Если предположить, что объект находится в поле зрения модели в течение 3 секунд, то общее время обнаружения будет примерно 1,5 секунды (0,5 секунды на кадр × 3 секунды).

Заключение. Таким образом, в исследовании рассмотрена математическая модель системы, использующей БПЛА для пресечения доставки запрещённых предметов на режимных объектах уголовно-исполнительной системы. Модель включает обнаружение запрещённых предметов с помощью алгоритма Faster R-CNN на основе тепловизионных данных и анализа металлических пересветов, а также оптимизацию обработки видеопотока.

Математическая модель обнаружения объектов, использующая Faster R-CNN, представляет собой эффективный и точный метод для автоматического обнаружения запрещённых предметов на видеопотоке.

Внедрение тепловизионного контроля позволяет выявлять объекты, которые могли бы быть скрыты обычными оптическими камерами, что повышает эффективность системы обнаружения.

Список литературы

1. *Altawy R., Youssef A.M.* Security, privacy, and safety aspects of civilian drones: A survey //ACM Transactions on Cyber-Physical Systems. – 2016. – Т. 1. – №. 2. – С. 1-25.
2. *Schumann A. et al.* Deep cross-domain flying object classification for robust UAV detection //2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS). – IEEE, 2017. – С. 1-6.
3. *Ren S. et al.* Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks //Advances in neural information processing systems. – 2015. – Т. 28.
4. *Meng R.* A Fusion Steganographic Algorithm Based on Faster R-CNN //Computers, Materials & Continua. – 2018. – Т. 55. – №. 1.
5. *Xu X.* Crack detection and comparison study based on faster R-CNN and mask R-CNN //Sensors. – 2022. – Т. 22. – №. 3. – С. 1215.
6. *Avola D. et al.* MS-Faster R-CNN: Multi-stream backbone for improved Faster R-CNN object detection and aerial tracking from UAV images //Remote Sensing. – 2021. – Т. 13. – №. 9. – С. 1670.
7. *Чистяков М.С.* Военно-промышленный комплекс в формировании технологий двойного назначения и развитии гражданской промышленности // Социально-экономический и технологические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: межвуз. сб. ст. по матер. IV Всероссийской научно-практической конференции / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Н. Новгород, 2017. – С. 105-108.
8. *Золкин А.Л., Тормозов В.С., Гуменникова Ю.В., Степина И.В.* Тезисы к вопросу методологии программного обеспечения применения технологии нейросетевого аппарата распознавания// Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 4. С. 129-136.
9. *Золкин А.Л., Мунистер В.Д.* Проектирование цифровых экосистем окружающего интеллекта, сенсорных и компьютерных сетей/ Монография. – М.: Русайнс, 2022. – 148 с.
10. *Золкин А.Л., Айгулов Т.Г., Тормозов В.С., Василенко К.А.* Нейронечеткие системы в моделировании устройств беспилотных транспортных средств// Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 4. С. 3-11.

2.3.1.

Н.А. Коневцев, В.В. НожинМИРЭА – Российский технологический университет,
Москва, 5162436@rambler.ru**РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА
В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

Основной задачей на транспорте является обеспечение безопасности, удобства и экономичности перевозок с наименьшим воздействием на окружающую среду. Выполнение этих требований возможно только на основе широкого применения на транспорте интеллектуальных радиоэлектронных систем на современной элементной базе. В статье рассмотрены радиотехнические устройства, применяемые в интеллектуальных транспортных средствах для решения широкого круга задач.

Ключевые слова: радиотехнические устройства, транспортные средства, интеллектуальные транспортные средства.

На современном этапе развития мировой экономики большое значение имеет эффективная работа транспортного сектора, в первую очередь автомобильного транспорта. Применение радиотехнических устройств и систем (РТУС) для управления и обеспечения безопасности на транспорте позволяет значительно повысить эффективность работы транспорта, уменьшить влияние человеческого фактора на устойчивость и защищенность всей транспортной инфраструктуры в целом.

Одной из важных задач развития автотранспортного комплекса страны является вхождение в мировые интеграционные процессы в области информационных технологий на транспорте, что позволит обеспечить повышение конкурентоспособности предприятий, возможность прогнозирования конъюнктуры и потребностей рынка и быстрого приспособления к изменению спроса и условий окружающей среды.

Необходимость наличия тех или иных радиотехнических устройств или систем в транспортном средстве (ТС) зависит от степени автоматизации ТС и перечня решаемых задач. В литературе встречается следующая классификация степени автоматизации ТС [1]:

1. Нет автоматизации

- нулевая автономность;
- водитель автомобиля выполняет все задачи вождения;
- не имеет какой-либо автоматизированной системы.

2. Помощь водителю

- транспортное средство управляется водителем;
- некоторые функции помощи при вождении могут быть включены в конструкцию автомобиля.

3. Частичная автоматизация

- автомобиль сочетает в себе автоматические функции, такие как ускорение и рулевое управление;
- водитель должен продолжать заниматься вождением и всегда следить за окружающей обстановкой.

4. Условная автоматизация

- некоторые типы устройств присутствуют, но не осуществляют мониторинга окружающей среды;
- водитель должен быть готов всегда взять на себя управление транспортным средством с уведомлением.

5. Высокая автоматизация

- автомобиль может выполнять все функции вождения в ограниченных условиях;
- водитель может иметь возможность управлять транспортным средством.

6. Полная автоматизация

- автомобиль может выполнять все функции вождения в любых условиях;
- у водителя могут быть дополнительные функции управления вождением автомобиля.

На рис. 1 показаны основные типы РТУС и РТС, применяемых в интеллектуальных транспортных системах (ИТС).

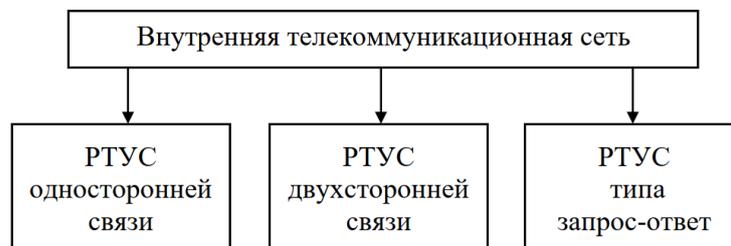


Рис. 1 – Радиотехнический устройства и системы, применяемые в ИТС

В ТС все РТУС должны быть объединены посредством внутренней телекоммуникационной сети (ТКС). Единая система позволяет избежать дублирования (если это специально не заложено) функций: информация, поступающая с какого-либо устройства может использоваться разными функциональными узлами ТС.

В качестве РТУС односторонней связи могут использоваться:

- видеокамеры различного типа, например [2, 3];
- различные датчики, например [4, 5];

- радиоканалы передачи информации, как в направлении ТС, например, радиоканальные системы передачи извещений (РСПИ) дальнего действия о состоянии дорог и чрезвычайных ситуациях на трассе [6], так и передача от ТС, например, диагностической информации о состоянии систем ТС [7];

- радионавигационные системы (РНС) для определения координат ТС [8, 9].

В качестве двухсторонних радиотехнических систем

- устройства для обмена оперативной информацией с внешней телекоммуникационной системой [10-12];

- устройства для «общения» автомобилей между собой для обмена информацией [13].

Обе эти радиоэлектронные системы могут работать в едином комплексе, который определен как технология V2X (Vehicle-to-Everything - автомобиль, подключенный ко всему) и которая позволяет автомобилю связываться по радиоканалу с другими транспортными средствами и окружающей дорожной инфраструктурой [14]. Информация может обрабатываться во внутренней ТКС или выводить на монитор водителю предупреждения о дорожной ситуации и сообщения о необходимости снижения скорости, остановки или перестроения, а беспилотные транспортные средства смогут получать команды и автономно принимать решения о реагировании.

РТУС типа запрос-ответ:

- радиолокационные системы для мониторинга окружающего пространства [15];
- системы радиочастотной идентификации (RFID) диапазона 860 МГц [16-18].

Применение РТУС на автомобильном транспорте в рамках единой интеллектуальной системы управления и обеспечения безопасности позволяет перейти на качественно новый уровень технологию ИТС. Внедрение таких систем во многом зависит от организации российской элементной базы [19].

Список литературы

1. *Hasanujjaman M., Chowdhury M.Z., Jang Y.M.* Sensor Fusion in Autonomous Vehicle with Traffic Surveillance Camera System: Detection, Localization, and AI Networking. *Sensors* 2023, 23, 3335.
2. *Панина В.С.* Построение интеллектуальной системы мониторинга как части интеллектуальной парковочной системы / Научное обозрение. Технические науки. 2022. № 4. С. 17-21.
3. *Чебыкин И.А., Семенов С.С.* Анализ транспортного потока с помощью искусственного интеллекта / Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2020. Т. 1. С. 354-358.
4. *Холкин А.В.* Применение интеллектуальных транспортных систем с использованием различных типов датчиков для повышения безопасности дорожного движения / В сборнике: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021. Казань, 2021. С. 185-191.
5. *Дурницын О.А., Маняшин А.В.* Обзор методов сбора данных для интеллектуальных транспортных систем / В сборнике: Организация и безопасность дорожного движения. Тюмень, 2021. С. 277-282.
6. *Зыков В.И., Поляков Ю.А., Федоров А.В.* Беспроводные системы мониторинга и оповещения населения о пожарах и чрезвычайных ситуациях / Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 10. С. 67-73.
7. *Пешехонов М.В., Катунин А.А.* Создание и развитие сервиса дистанционного диагностирования в составе интеллектуальных транспортных систем / В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. 2013. С. 310-314.
8. *Легкий Н.М., Баранников А.И.* Повышение надежности определения навигационных координат транспортных средств / Наука и техника транспорта. 2015. № 2. С. 46-50.
9. *Петрова И.И.* Спутниковые радионавигационные технологии в системах мониторинга состояния автомобильных дорог общего пользования / Наука и техника транспорта. 2013. № 3. С. 21-25.
10. *Кирюшин Г.В.* Создание автодорожных телекоммуникационных сетей / В книге: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ. Научно-техническая конференция Росинфоком-2017. С. 9-10.
11. *Васильев В.Н.* Выбор структуры сети передачи данных для общегородской интеллектуальной транспортной системы / Электросвязь. 2015. № 6. С. 35-41.
12. *Рудина С.Е.* Выделенная радиосвязь ближнего действия (DSRC) для высокоавтоматизированных транспортных средств / В сборнике: Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. Москва, 2022. С. 384-386.
13. *Самойлов Д.В., Гонтовой С.В.* Протокол обмена данными между беспилотными автомобилями для нахождения оптимального маршрута / Электронный инновационный вестник. 2018. № 2 (2). С. 4-8.
14. *Черноярова М.С., Арбузова А.А.* Использование технологии V2X в автономных автомобилях / В сборнике: Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Пенза, 2021. С. 152-156.
15. *Замуруев С.Н., Легкий Т.Н.* Радиолокационные системы с частотно-модулированным сигналом / Естественные и технические науки. 2020. № 9 (147). С. 166-168.
16. *Легкий Н.М.* Активная радиочастотная идентификация в системах позиционирования подвижных объектов / Наука и техника транспорта. 2010. № 2. С. 41-45.
17. *Рабинович М.Д.* Система идентификации объектов / Патент на изобретение RU 2222030.
18. *Легкий Н.М.* Пассивная метка системы радиочастотной идентификации для транспортных приложений / Патент RU 2461103.
19. *Легкий Н.М.* Тенденции развития технологий производства электроники / Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. 2018. № 14. С. 312-316.

2.3.1.

О.В. Корчевская канд. техн. наук, В.Е. Бобровский

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

РАЗРАБОТКА АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

В статье представлена агент-ориентированная модель миграционной динамики трудоспособного населения с применением методов нечёткой логики. На её основе разработан алгоритм и программное обеспечение, описывающие функционал миграции населения в зависимости от социально-экономических показателей рассматриваемых регионов.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, алгоритм, нечеткая логика, миграция, демографические процессы, C#.

Введение

В настоящее время миграционные процессы являются одними из наиболее острых и актуальных проблем всего мирового сообщества. Эти процессы значительно влияют на численность населения; возрастную структуру; динамику экономических, демографических показателей; межнациональные отношения. Для полного представления о реальном состоянии миграционной ситуации и перспективах дальнейшего ее развития анализ миграции должен проводиться на основе комплексного исследования, с использованием математического моделирования [1]. В современной научной литературе широко представлены обзоры и сравнительный анализ подходов к моделированию миграции в различных аспектах [2-3]. Однако некоторые работы имеют узкую специализацию, основаны на специфике конкретной территории, не рассматривают воздействия на агентов [4].

В последнее время для имитации поведения сложных социально-экономических систем применяется агент-ориентированное моделирование. Основная идея метода заключается в построении искусственного общества, представляющего собой совокупность взаимодействующих между собой агентов с определенным набором свойств, а изменения общего состояния всей системы является интегральным результатом действий отдельных агентов [5].

Алгоритм реализации

Алгоритм заключается в разработке имитационной агент-ориентированной модели миграционной динамики трудоспособного населения. Субъект Российской Федерации, взятый для моделирования, – Сибирский федеральный округ (1 – Республика Алтай, 2 – Республика Тыва, 3 – Республика Хакасия, 4 – Алтайский край, 5 – Красноярский край, 6 – Иркутская область, 7 – Кемеровская область, 8 – Новосибирская область, 9 – Омская область, 10. – Томская область).

С помощью данной имитационной модели при исследовании демографического и экономического развития субъектов РФ появляется возможность исследования поведения агентов в зависимости от входных данных, что является основным преимуществом данной модели.

Входной информацией является информация о специфике и параметрах регионах, возрастах, гендерах и образовании агентов (0 – без образования, 1 – начальное образование, 2 – среднее образование, 3 – среднее полное образование, 4 – средне-специальное образование, 5 – неполное высшее образование, 6 – высшее образование, 7 – ординатура).

Выходной информацией является информация об агентах – численности агентов по регионам; умерших и мигрирующих агентов из каждого региона в каждый год моделирования.

Имитационная модель функционально разделена на несколько модулей: формирование агентов, имитация миграции, занятость, рождаемость, смертность. В модели существует два типа агентов: регион, человек.

Агент «Регион» включает в себя субъекты Сибирского федерального округа, каждый из которых описывается набором социально-экономических показателей, доступных в открытом доступе и предоставленных Федеральной службой государственной статистики. Полный набор показателей удалось сформировать с 2010 до 2021 гг.

Агент «Человек» включает в себя население в возрасте от 0 до 100 лет, но при моделировании миграции используются агенты трудоспособного возраста, которые задаются пользователем в окне «Моделирование».

В модуле формирования агентов используются данные из базы данных для создания на их основе агентов «Человек». При формировании фактической и желаемой заработной платы агентов за основу выбран прожиточный минимум региона проживания агента и уровень образования агента «Человек», т.е. минимальной заработной платой агента является величина прожиточного минимума, а заработная плата увеличивается в соответствии с повышением уровня образования.

Разработанная модель также учитывает возможность существования безработных агентов. Агенты, имеющие работу, задаются с вероятностью занятости населения в регионе проживания агента.

В модуле занятости проверяется, занят ли агент. Занятому агенту задается: фактическая заработная плата; желаемая заработная плата; разница между фактической и желаемой заработной платой.

После чего программное обеспечение обращается к библиотеке нечеткой логики Accord.Fuzzy.

Для получения выходной лингвистической переменной сформированы продукционные правила, представленные в виде «Если – То». По данным правилам желаемый уровень жизни агентов возрастает с увеличением уровня образования и ростом тенденции неудовлетворенности уровнем заработной платы.

Для расчета миграционной привлекательности региона и коэффициента выбытия использованы формулы, выведенные с опорой на компонентный анализ [5], [6], их конкретное описание выходит за рамки данной статьи.

В качестве среды разработки выбран язык C#. Результат формирования агентов и расчетные данные представлены на рис. 1.

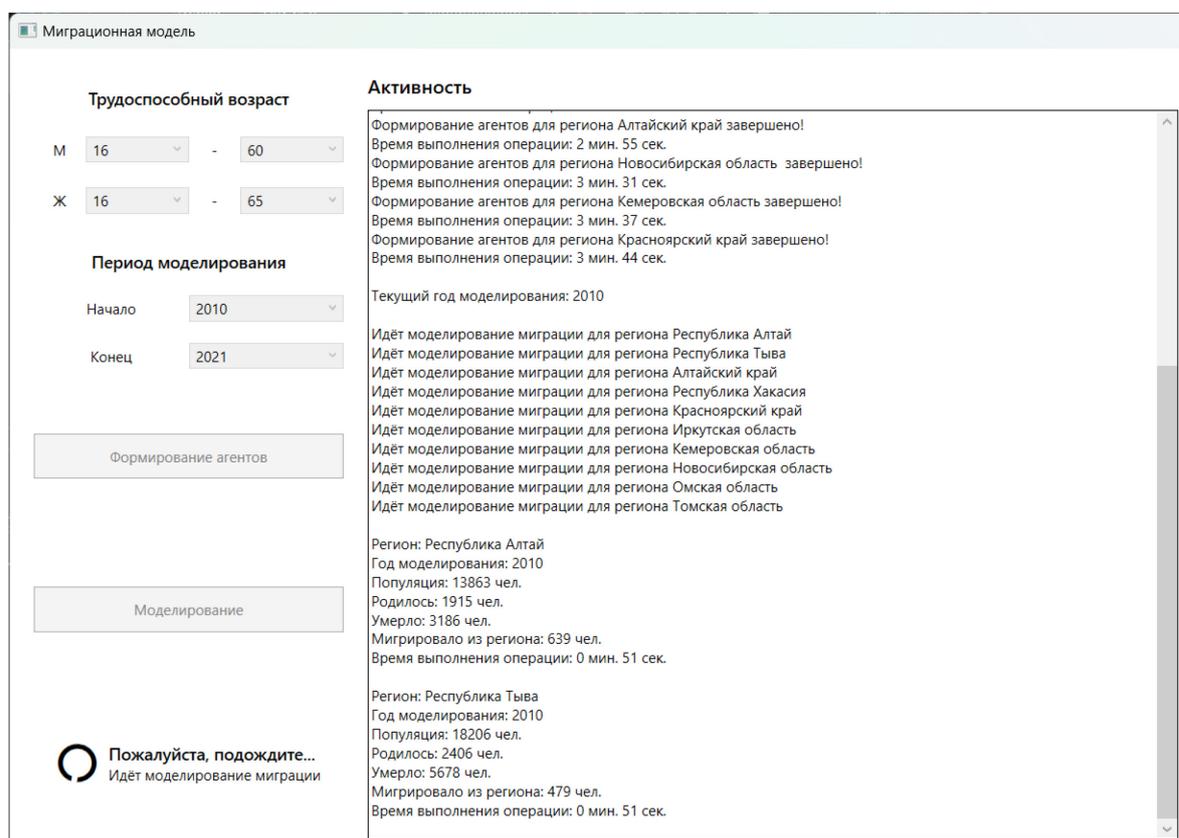


Рис. 1 – Окно «Моделирование» с результатами выполнения формирования агентов и расчетными данными

Пользователю доступен просмотр графиков по результатам агент-ориентированного моделирования: численности, смертности, рождаемости и миграции населения с фильтрацией по определенному региону.

Для проверки адекватности построенной модели реализована функция «Сравнение расчетной численности населения с реальными данными». Кроме графика доступна информация по отклонению численности населения, рассчитанной по агент-ориентированной модели от официальной статистики по годам (рис. 2).

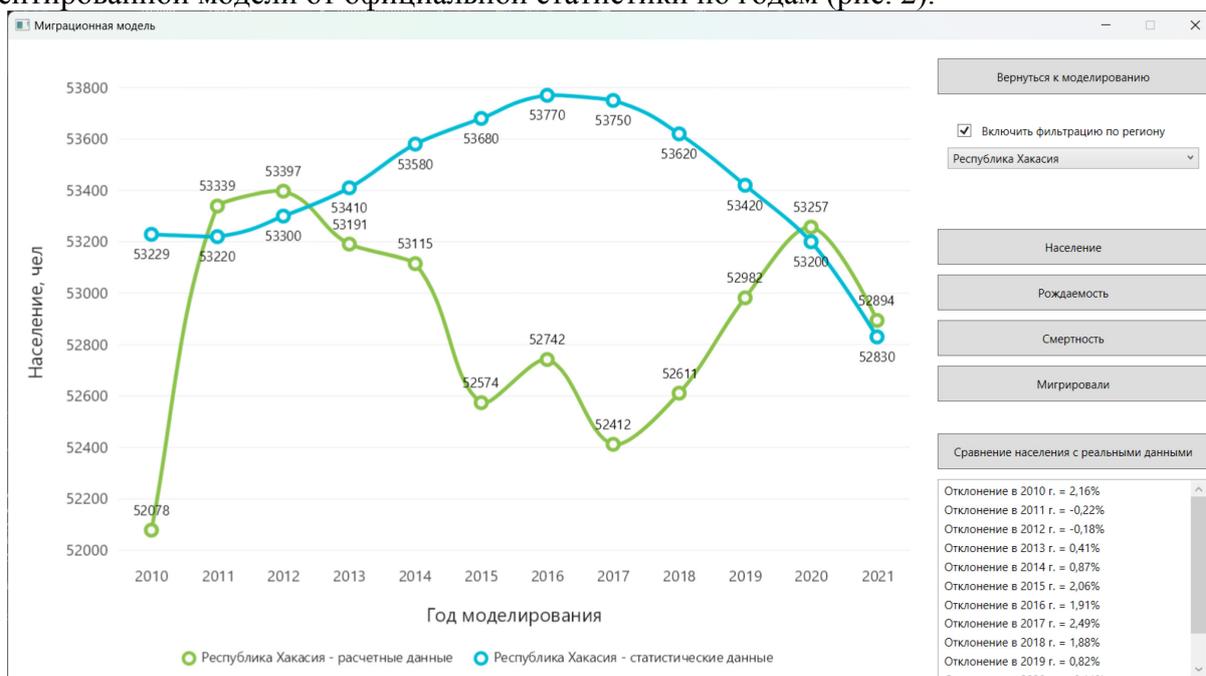


Рис. 2 – Результат сравнения динамики численности населения по Республике Хакасия

Отклонение от фактических статистических данных в среднем не превысило более 10%, следовательно, модель можно считать адекватной.

Заключение

Разработана агент-ориентированная модель миграционной динамики трудоспособного населения с применением методов нечёткой логики и программное обеспечение, включающее функционал миграции населения в зависимости от социально-экономических показателей рассматриваемых регионов. Модель позволяет контролировать миграционную динамику и предназначена для анализа демографической обстановки и оценки привлекательности регионов.

Список литературы

1. *Васянина В.И.* О подходе к анализу внешней трудовой миграции на основе модели регрессии // Сотрудничество республики Беларусь и Оренбургской области в инновационной деятельности. – 2018. – С.244-249.
2. *Олейник Е.Б., Ивашина Н.В., Шмидт Ю.Д.* Моделирование процессов миграции населения: методы и инструменты (обзор) // Компьютерные исследования и моделирование. – 2021, Т. 13 (6). – С. 1205-1232.
3. *Дмитриев М.Г., Юдина Т.Н.* Миграционные процессы: модели анализа и прогнозирования (обзор) // Труды института системного анализа российской академии наук. – 2017. – Т. 67, №2. – С. 3-14.
4. *Атнабаева А.Р., Низамутдинов М.М.* Концептуальные и методические аспекты разработки агент-ориентированной модели демографических процессов на региональном уровне (на примере Республики Башкортостан) // Искусственные общества. – 2019. Т. 14, № 4. С. 16.
5. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д.* Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода // Федерализм. – 2014. - № 4(76). – С. 37-46.
6. *Ахметзянова М.И., Атнабаева А.Р.* Исследование привлекательности муниципальных районов и городов Республики Башкортостан с применением компонентного и кластерного анализов // Вестник Евразийской науки. – 2020. – №5. – <https://esj.today /PDF/06ECVN520.pdf>.

2.3.1.

**А.В. Коськин д-р техн. наук, С.В. Новиков канд. техн. наук,
А.Ю. Ужаринский канд. техн. наук**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»,
Орел, koskin@ostu.ru, serg111@list.ru, udjal89@mail.ru

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВЕБ-СЕРВИСОВ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА
ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА**

Интернет-представительство Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (ОГУ) является важным средством коммуникации с широкой аудиторией. В научной статье проведен анализ веб-сервисов, используемых в Интернет-представительстве ОГУ, предложены рекомендации по их оптимизации. Целью исследования являлось повышение эффективности веб-сервисов ОГУ с учетом пользовательского опыта для удовлетворения потребностей аудитории.

Ключевые слова: *системы, веб-сервисы, классификация, анализ.*

Введение

В современном информационном обществе веб-сервисы играют ключевую роль в успешном функционировании организаций. Интернет-представительство является важным инструментом взаимодействия между университетом и различными заинтересованными сторонами, такими как студенты, преподаватели, абитуриенты, родители и широкая общественность. Для повышения эффективности работы необходим анализ системы цифровых веб-сервисов и выработка предложений по ее совершенствованию.

Система веб-сервисов ОГУ

Веб-сервисы стали неотъемлемой частью современного интернета. Они позволяют организовать эффективное взаимодействие между клиентскими приложениями и серверными системами, а также между разными серверными системами [1]. Веб-сервисы активно используются и в Интернет-представительстве ОГУ.

Работа информационных систем университета строится вокруг информационной системы управления учебным процессом (ИСУУП) собственной разработки. Данные хранятся в ИСУУП и используются остальными приложениями по мере необходимости. Глобальным интерфейсом ИСУУП является Интернет-представительство университета [2]. Важнейшую роль в обеспечении интерфейса пользователей с информационными системами вуза играют цифровые сервисы (рис. 1).

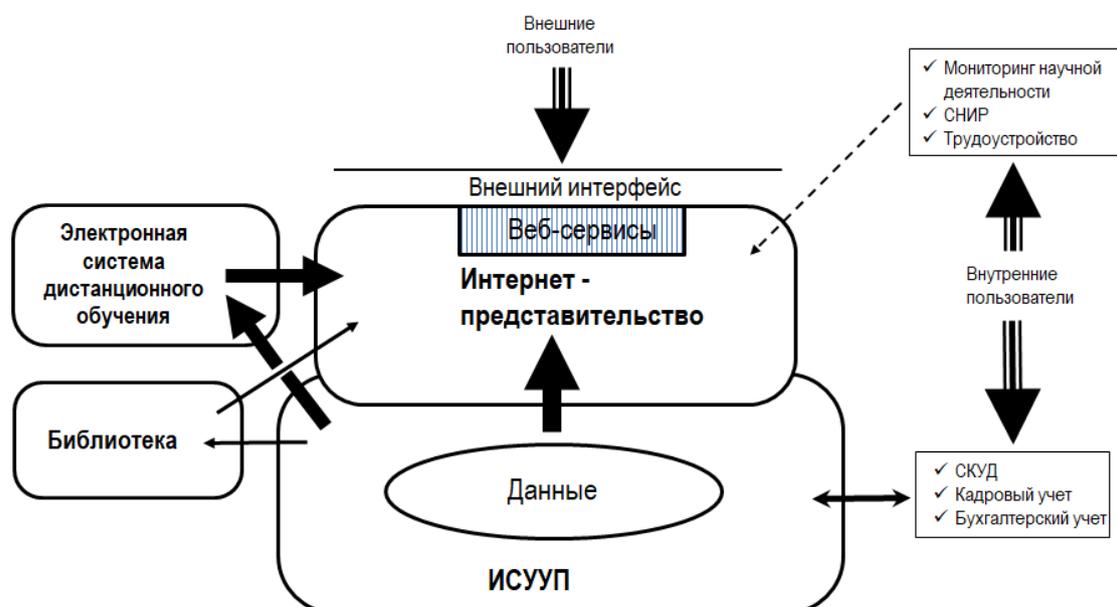


Рис. 1 – Место системы веб-сервисов в структуре информационных систем университета

Роль веб-сервисов в организации взаимодействия с пользователями Интернет-представительства

Рассмотрим, как веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ позволяют организовать гибкое и эффективное взаимодействие с пользователями.

1. Общая характеристика веб-сервисов

Интернет-представительство ОГУ имени И.С. Тургенева представляет собой комплексную систему, которая включает в себя множество разных сервисов: электронная библиотека, дистанционное обучение, Интернет-конференции и многое другое [3]. Для обеспечения эффективного взаимодействия между функциональными возможностями университета и пользователями сайта используются веб-сервисы.

2. Гибкость взаимодействия с пользователями

Веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ позволяют организовать гибкое взаимодействие с пользователями. Например, благодаря веб-сервисам можно реализовать единый интерфейс для работы с разными сервисами сайта. Это значительно повышает удобство работы для конечного пользователя. Веб-сервисы ОГУ позволяют реализовать механизмы авторизации и аутентификации пользователей. Это позволяет обеспечить безопасность пользователей и надежность работы всей системы в целом [4].

3. Эффективность взаимодействия с пользователями

Веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ позволяют организовать эффективное взаимодействие с пользователями. Например, благодаря веб-сервисам можно реализовать асинхронное взаимодействие – когда сервер может отвечать на запросы пользователей параллельно, не блокируя работу других частей системы. Это позволяет значительно повысить скорость обработки запросов и сократить нагрузку на серверы и сеть. Кроме того, веб-сервисы ОГУ позволяют реализовать механизмы кэширования данных. Это позволяет сократить время, необходимое для получения данных из базы данных, и сократить количество запросов к базе данных. Это также повышает скорость работы системы и улучшает ее масштабируемость.

Важные преимущества, которые веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ предоставляют пользователям:

1. Поддержка различных форматов данных

Веб-сервисы на сайте ОГУ могут обрабатывать и передавать данные в различных форматах, таких как XML, JSON, YAML и другие. Это позволяет удобно и быстро передавать и обрабатывать данные между разными системами и сервисами.

2. Универсальность в использовании

Веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ могут быть использованы с различными

языками программирования и операционными системами. Это делает их универсальными в использовании и открывает большие возможности для разработчиков приложений и обработки данных.

3. Упрощение интеграции систем и сервисов

Веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ могут обеспечить простое и гибкое взаимодействие между разными системами и сервисами. Например, благодаря веб-сервисам можно легко интегрировать данные из разных источников и соединять их в единую систему. Это позволяет повысить эффективность работы всей системы и получить более полную и точную информацию.

Учитывая все вышеперечисленные преимущества веб-сервисов в Интернет-представительстве ОГУ, можно заключить, что они играют очень важную роль в обеспечении гибкости, эффективности и удобства работы с сайтом. Без этих сервисов система работала бы значительно медленнее и менее удобно, что отразилось бы на ее производительности и функциональности в целом.

Классификация и анализ системы веб-сервисов

Веб-сервисы в Интернет-представительстве ОГУ могут быть подразделены на несколько категорий: информационные, коммуникационные, образовательные, административные, технологические. Информационные веб-сервисы предоставляют информацию о структуре и деятельности университета, актуальные новости и события. Коммуникационные сервисы предоставляют возможность для обратной связи с аудиторией, общения между студентами и преподавателями, а также организации онлайн-консультаций [5]. Образовательные сервисы предоставляют доступ к электронным учебным материалам и ресурсам для подготовки к занятиям. Административные сервисы позволяют студентам и преподавателям осуществлять различные административные процедуры.

Таблица 1 – Классификация веб-сервисов ОГУ

Категория веб-сервиса	Наименование веб-сервиса	Группа	Степень интеграции [†]
Информационные	Новости и объявления	Общий доступ	–
	Информация о преподавателе	ЛК преподавателя ЛК студента	1
	Учет научных публикаций	ЛК преподавателя	1
	Текущий контроль	ЛК студента	1
Коммуникационные	Система сообщений	ЛК преподавателя ЛК студента	1
	Проверка и рецензирование	ЛК преподавателя ЛК студента	1
Образовательные	Расписание	Общий доступ	–
	Текущий контроль	ЛК преподавателя	1
	Нагрузка преподавателя	ИСУУП	2
	Вторая половина дня	ИСУУП	2
	Дистанционное обучение	ИСУУП	2
	Сведения об ООП	ЛК студента	1
	Библиотечные системы	ЛК студента	1
	Электронное портфолио	ЛК студента	1
	Спортивные секции	ЛК студента	1
	Размещение методических материалов и ссылок на видеоконференции	ЛК преподавателя	1
	Конкурс руководителей образовательных программ	ЛК преподавателя	1
	Личный кабинет слушателя курсов ДПО	ЛК слушателя	1
	Личный кабинет абитуриента	ЛК абитуриента	1

Административные	Эффективный контракт	ЛК преподавателя	1
	Трудоустройство выпускников	ЛК студента	1
	Методическая поддержка дисциплин	ЛК преподавателя	1
	Дистанционная выдача ведомостей	ЛК преподавателя	1
	Обходные листы	ЛК студента	1
Технологические	Добавление микроразметки при публикации данных	Администрирование сайта	–
	Поиск и информирование об ошибках на сайте	Администрирование сайта	–
	Механизм защиты от роботов	Администрирование сайта	–

¹ *Степень интеграции:*

1 – веб-сервисы, интегрированные в личный кабинет

2 – веб-сервисы, работающие в рамках ИСУУП и иных информационных систем, но не имеющие веб-интерфейса в личном кабинете

Пути оптимизации веб-сервисов

В процессе анализа были выявлены несколько проблемных областей, которые требуют оптимизации. Во-первых, интерфейс веб-сервисов в Интернет-представительстве ОГУ должен быть интуитивно понятным и обеспечить легкую навигацию для пользователей всех возрастов и уровней компьютерной грамотности. Во-вторых, необходимо обеспечить быстрый и надежный доступ к веб-сервисам, чтобы избежать задержек и сбоев при их использовании. В-третьих, необходимо обеспечить безопасность и конфиденциальность пользовательских данных, особенно при использовании административных веб-сервисов.

Рекомендации

Для оптимизации системы веб-сервисов в Интернет-представительстве ОГУ рекомендуется следующее:

1. Провести анализ пользовательского опыта для выявления проблем с использованием веб-сервисов и сбора предложений по их улучшению.

2. Разработать улучшенные интерфейсы для всех видов веб-сервисов, учитывая потребности и предпочтения аудитории университета.

3. Провести тестирование и оптимизацию производительности веб-сервисов для обеспечения быстрого и надежного доступа.

4. Обеспечить высокий уровень безопасности и конфиденциальности пользовательских данных при использовании административных веб-сервисов.

5. Обеспечить организацию обратной связи и систематическое обновление веб-сервисов, основываясь на обратной связи аудитории и изменениях в образовательной среде.

Заключение

Веб-сервисы являются неотъемлемой частью Интернет-представительства ОГУ. Они позволяют реализовать единый интерфейс для работы с разными сервисами сайта, обеспечить безопасность пользователей, обеспечить асинхронное взаимодействие и кэширование данных. Это позволяет сократить время, необходимое для выполнения операций и повысить эффективность работы всей системы в целом.

Оптимизация сервисов позволит повысить их эффективность и улучшить пользовательский опыт, что, в свою очередь, способствует развитию организации и удовлетворению потребностей аудитории. Представленные в статье рекомендации могут быть использованы управленческими и ИТ-командами вузов для формирования стратегий развития интернет-представительств.

Список литературы

1. *Валухов В.А.* Технологии построения информационных пространств / В. А. Валухов, А. Ю. Ужаринский, Р. А. Лунев [и др.] // Информационные системы и технологии. – 2023. – № 2(136). – С. 47-56.
2. *Коськин А.В.* Особенности масштабирования сервисов информационной системы управления учебным процессом в условиях объединения университетов / А .В. Коськин, А. В. Чижов, И. А. Коськин // Материалы междунар. науч. конгресса, Республика Беларусь, Минск, 24-27 октября 2016 г. – Минск : БГУ, 2016. – С. 715-719.
3. *Новиков С.В.* Опыт формирования электронной информационно-образовательной среды университета на базе гетерогенной программной системы / С. В. Новиков, А. Ю. Ужаринский, А. И. Фролов [и др.] // Преподавание информационных технологий в российской Федерации : Материалы XVII открытой Всероссийской конференции, Новосибирск, 16-17 мая 2019 года. – Новосибирск : Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2019. – С. 438-441.
4. *Ужаринский А.Ю.* Разграничение прав при доступе к сервисам и ресурсам электронной информационно-образовательной среды ВУЗа / А. Ю. Ужаринский, А. И. Фролов, В. Н. Волков [и др.] // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации : Сборник научных трудов материалов XIX открытой Всероссийской конференции, Москва, 19-20 мая 2021 года. – Москва : ООО «1С-Публишинг», 2021. – С. 166-168.
5. *Бажин М.И.* Управление организацией заполнения обходных листов студентов при отчислении из вуза на основе распределенной информационной системы / М. И. Бажин, В. Н. Волков, С. В. Новиков, А. Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии. – 2022. – № 2(130). – С. 23-30.

2.3.1.

**С.В. Николаев, И.А. Панфилов, Е.Д. Колмыкова,
Д.А. Макаревская, А.В. Поддубный**

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра системного анализа и исследования операций,
Красноярск, stook_80@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТОРГОВО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе описан процесс формализации критериев оценки эффективности работы предприятия оптовой торговли. Представлены бизнес-процессы работы торговых представителей взаимодействующих с розничной торговой точкой. Описан процесс разработки системы поддержки принятия решений для торговых представителей и региональных операторов по работе с розничными компаниями.

Ключевые слова: анализ данных, BI системы, OLAP, BPMN 2.0.

Введение

Работа современных торговых предприятий ведется в условиях высокой конкуренции, международных санкций, строгих правил торговли устанавливаемых государством. Поэтому повышение эффективности работы торгового предприятия является важнейшей задачей менеджмента. Современный уровень цифровизации позволяет собирать и накапливать данные о продажах, которые являются основным источником прибыли предприятия, а значит, в наибольшей степени определяют эффективность его работы.

Владельцы торгового предприятия постоянно повышают требования к контролю операционной деятельности и ожидают повышения экономического эффекта от использования собранных данных. Для решения задач анализа данных торговых предприятий давно и успешно применяют OLAP подход. Однако, вопросы подготовки данных, свехбыстрое накопление информации позволяло, как правило, решать задачи только с ретроспективными данными. Это давало хороший эффект для менеджмента на верхнем уровне. Современные системы Business Intelligence (BI) способны агрегировать большие объемы данных из различных источников и проводить их анализ, таким образом, расширяя возможности менеджмента компании, решая задачи, в том числе на нижнем, операционном уровне.

Определение критериев качества работы предприятия

Для того что бы говорить о повышении эффективности работы предприятия необходимо иметь критерии оценки этой эффективности и соответствующие модели их расчета. В данной работе речь пойдет об оценке эффективности работы торгово-логистической компании специализирующейся на поставке продуктов питания, кормов для животных и т.д. в торговые точки. Компания существует 30 лет, все больше закрепляя свои конкурентные лидерские позиции и расширяя территории своего присутствия. Территориальный охват компании – Красноярский край, республика Хакасия, Кемеровская область, Алтайский край, Новосибирская, Томская, Омская, Челябинская, а также Курганская области. Персонал компании общей численностью порядка 1600 человек (57% из них - работает в отделе продаж; 28% - заняты в отделе логистики (автохозяйство и склад); 15% - вспомогательные службы). Таким образом, речь идет о распределенной компании, работающей в нескольких регионах. При оценке эффективности работы необходимо учитывать деятельность как компании в целом, так ее филиалов, так и отдельных подразделений и сотрудников.

Кроме того, компания работает с крупнейшими производителями и поставщиками продуктов питания, алкогольной продукции, бытовой химии. В числе наших партнеров отечественные и зарубежные компании: "Nestle", "Nestle Purina", "Ferrero", "Jacobs", "ФрутоНяня", "Gallinablanca", "Name", "Алтайская сказка", "Дядя Ваня", "Bonduelle", "Granmullino", "Green Ray" и многие другие. Критерии оценки эффективности могут и должны учитывать как специфику товарной номенклатуры, так и особенности предъявляемые компаниями производителями.

В данной работе был проанализирован опыт оценки эффективности работы торговых предприятий разного профиля. Так в [1] предлагается учитывать макроэкономические показатели, учитывающие глобальные процессы связанные, в том числе, с развитием информационных технологий. В [2] приводятся модели расчета эффективности работы торгового предприятия в привязке к площади и численности персонала. В [3] предлагаются оценки работы торгового предприятия с точки зрения покупателей. Однако в нашем случае под покупателями будем понимать предприятия розничной торговли, в которые осуществляет поставки наша торгово-логистическая компания.

В данной работе представлены результаты моделирования для системы поддержки принятия решений контракта Nestle Purina (корма для животных). Были предложены критерии для нескольких категорий пользователей СППР: для руководителей высшего звена; менеджеров среднего звена; торговых представителей.

Для руководителей высшего звена необходимо еженедельно проверять ход выполнения планов продаж. При отставании процента выполнения продаж от отработанного времени необходимо применять меры и конкретизировать проблемы с менеджерами по территориям персонально по следующим срезам:

1. Выполнение по каналам;
2. Выполнение по площадкам;
3. Выполнение по менеджерам;
4. Топ 10 торговых точек;
5. Выполнение по территориям торговых представителей.

Для менеджеров среднего звена необходимо еженедельно проверять ход выполнения планов продаж по своей зоне ответственности. При отставании процента выполнения продаж от отработанного времени необходимо применять меры и конкретизировать проблемы с торговыми представителями на территории. Для торговых представителей также необходимо еженедельно проверять ход выполнения планов продаж по своей зоне ответственности. При отставании процента выполнения продаж от отработанного времени необходимо применять меры и конкретизировать проблемы с ответственным менеджером на территории. Для данных категорий пользователей актуальными являются следующие показатели с агрегацией по филиалу для менеджеров среднего звена:

- Топ 250 (PSL);
- Топ 18;
- Мониторинг ветеринарного канала;
- Мониторинг бридер канала.

Топ 250 (PSL) – данный набор показателей представлен в виде план/факта по отдельному списку товаров, которые входят в топ 250 продуктов. Данные берутся за текущий и два предыдущих месяца и не дублируются. Задача в том, чтобы поддерживать уровень оборота специального товара в зоомагазинах. Топ 18 – данный набор показателей представлен в виде план/факт выполнения поставленных задач по каждой из категории Зоомагазина и РКА по товарам входящим в топ 18. Мониторинг ветеринарного канала – отражает данные по продажам в ветеринарные клиники за текущий месяц. Мониторинг бридер канала – представлен в виде план/факт (кг, деньги) выполнения поставленных задач по каждой из категории продуктов. Данные берутся за текущий месяц.

Моделирование работы СППР

При разработке СППР [4] принципиальным было не только разработать удобные цифровые инструменты для работы менеджеров, но также интерпретировать предлагаемые СППР решения и регламентировать применение СППР в рамках действующих бизнес-процессов. В результате были разработаны модели бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0 для каждой категории пользователей, для каждой группы критериев [5]. Кроме того, были регламентированы требования производителей к дистрибьюции товаров. Специальные задачи – в данном случае это задачи по продвижению или выводу на рынок новой продукции от производителя, определяемые отделом маркетинга Nestle Purina и транслируемые по средствам дистрибьюторов на всю Россию. Мониторинг данного бизнес-процесса осуществляется в виде план/факт выполнения поставленных задач на данный месяц со стороны производителя и дистрибьютора. На каждую задачу предъявляются специальные требования от производителя, ежемесячно мониторится от одной до трёх задач. На рисунке 1 представлен бизнес-процесс «Специальные задачи».

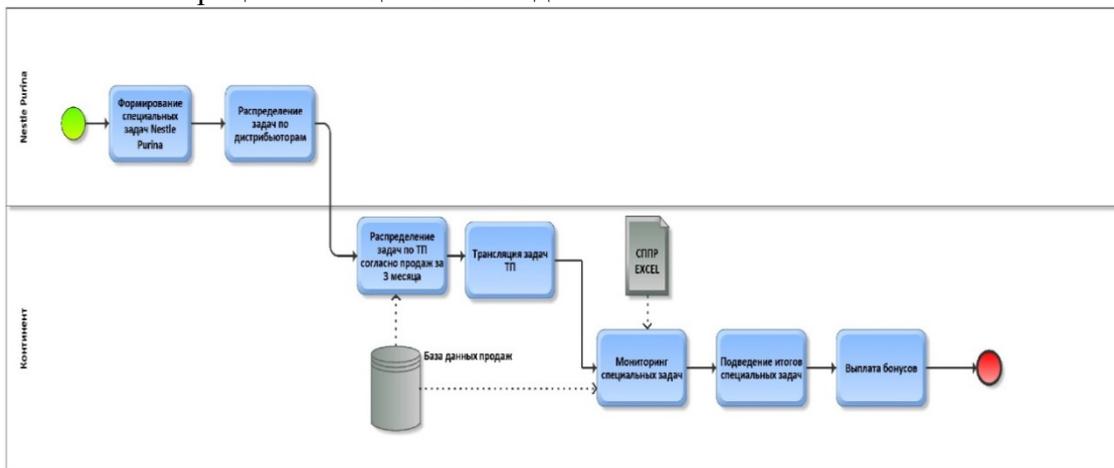


Рис. 2 – Бизнес-процесс «Специальные задачи»

На рисунке 2 представлен бизнес-процесс «Выполнение плановых показателей продаж». Процесс является ключевым для менеджеров всех уровней.

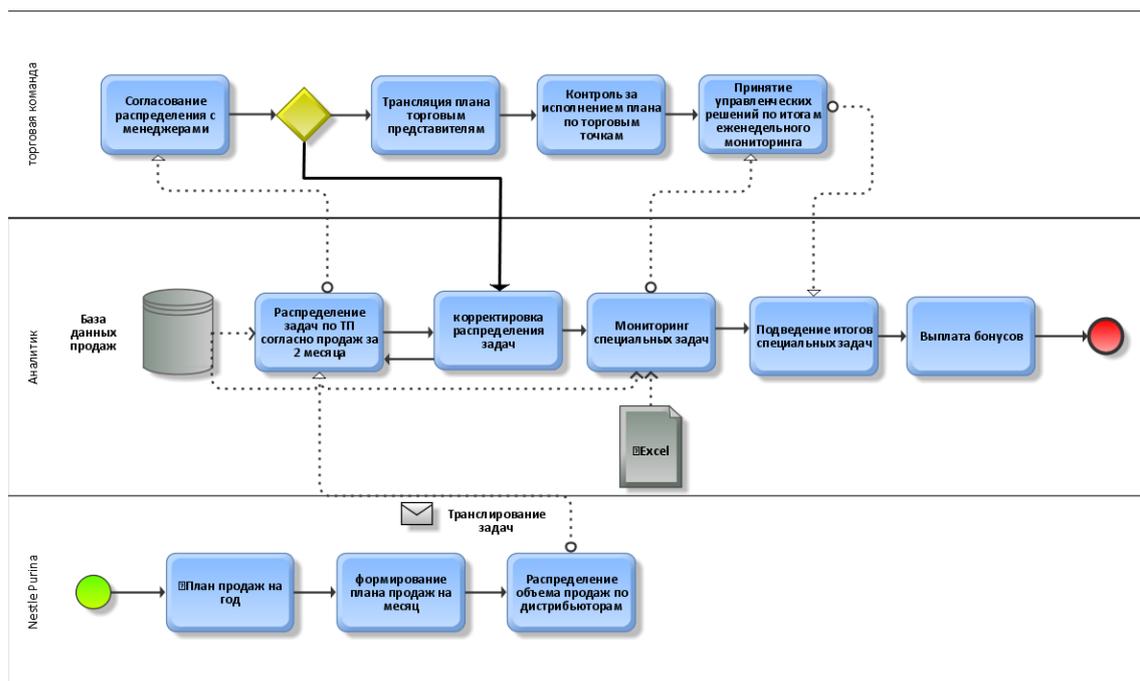


Рис. 2 – Выполнение плановых показателей продаж

Проектирование СППР

Отображение и мониторинг описанных выше бизнес-процессов осуществляется на основе данных о продажах за определенные периоды времени. Рассмотрим имеющиеся у нас данные и способы их получения. В данном случае нам доступны источники отображение данных с различными показателями и скоростью обновления данных:

1. Excel Solution WEB.
2. SQL Server Analysis services.
3. Отчет продаж 1с.

В связи с необходимостью визуализации данных и автоматизации контроля взаимодействия между дистрибьютором и контрагентами, идет непрерывный процесс создания новых и совершенствования уже реализованных информационных систем. Данные о продажах обновляются автоматически четыре раза в день, что позволяет оперативно принимать решения менеджерам среднего звена. В свою очередь данные в Power BI более информативные и гибкие что дает возможность подстроить отчет под конкретного ЛПР. На рисунке 3 представлен один из дашбордов разработанной СППР [6]. Каждый дашборд предназначен для мониторинга показателей соответствующей категории продаж и состоит из отчетов:

- Выполнение по площадкам.
- Выполнение по ветеринарным консультантам.
- Выполнение по группам.

А также данная страница содержит фильтрацию по следующим параметрам:

- Месяц.
- Количество дней.

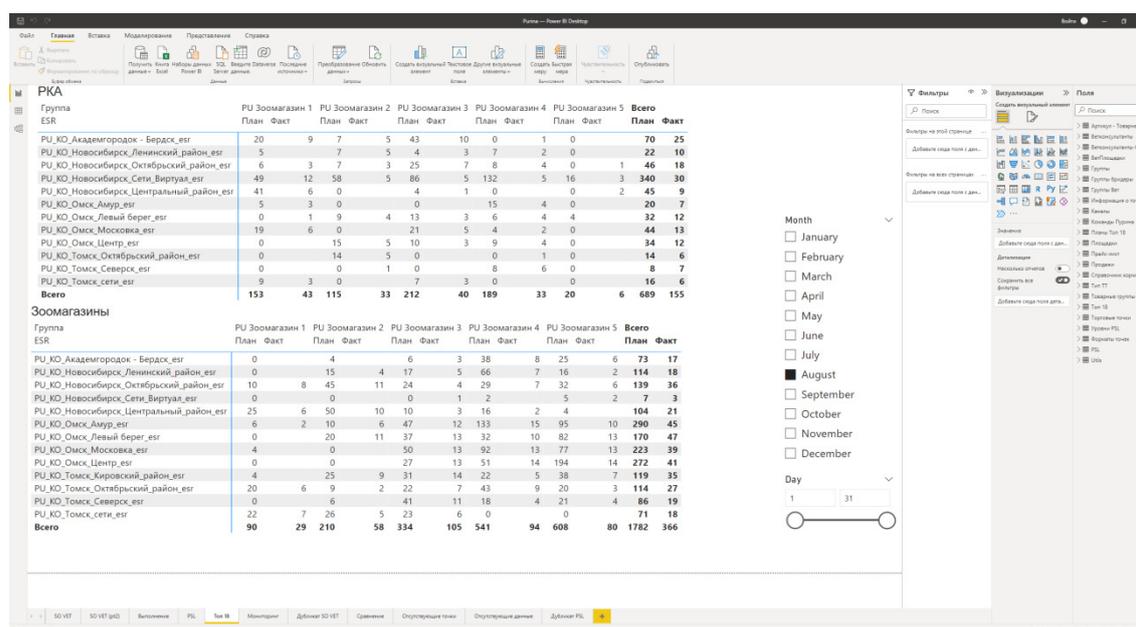


Рис. 3 – Дашборд «Топ 18»

Для торговых представителей был создан дашборд из SMART отчетов позволяющий отслеживать ежедневный план. Предварительно данные отчеты были созданы в Excel и перенесены в Power BI для удобства пользователей (рисунок 4). Под каждого пользователя создан индивидуальный отчет доступный в личном кабинете сотрудника с любых технических устройств.

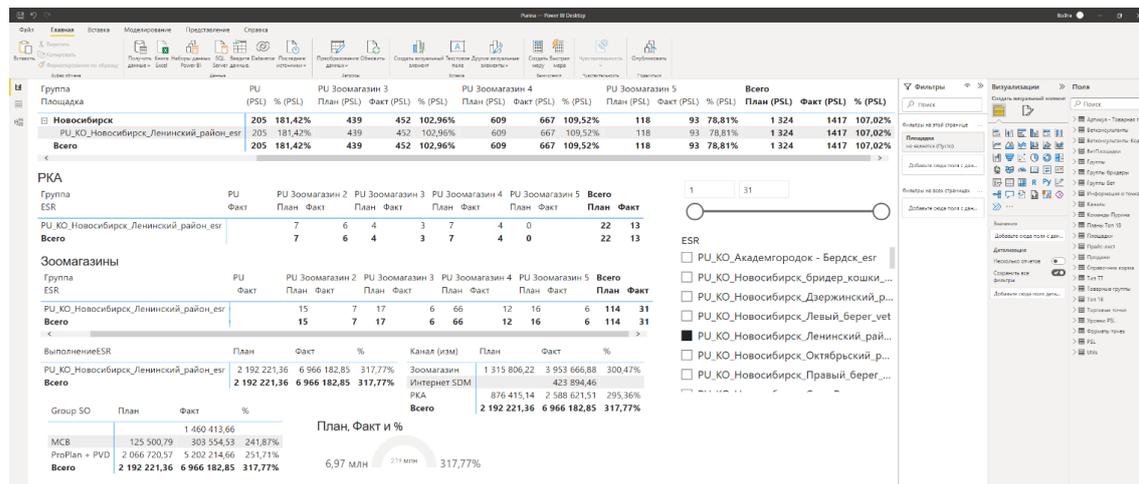


Рис. 4 – Дашборд «Планы торговых представителей»

По разработанной СППР были сформированы инструкции для каждой категории пользователей. В инструкциях содержатся подробные рекомендации для реакций менеджеров на различные варианты изменений показателей в соответствующих отчетах. Применение СППР регламентировано руководством компании.

Заключение

Экономический эффект от внедрения СППР был продемонстрирован уже в первый месяц ее работы. Другими эффектами, получаемыми от использования СППР являются: увеличение скорости анализа текущей деятельности торговых представителей и менеджеров среднего звена, улучшение анализа SMART целей торговых представителей, получение организацией удобного инструмента для мониторинга текущих показателей бизнес-процессов и формирования статистики.

Список литературы

1. Антохина Ю.А., Гумбатов К.М. Стратегический выбор методов менеджмента для повышения эффективности деятельности торгового предприятия - Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2017. № 2. С. 48-55.
2. Михайлова Г.В., Соломатин А.Н. Методика оценки сравнительной эффективности деятельности торговых предприятий, входящих в торговую сеть - Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2017. № 3 (21). С. 92-98.
3. Титова Н.А., Колочева В.В. Разработка шкалы оценки параметров эффективности деятельности розничного торгового предприятия – Практический маркетинг. 2014. №6 (208). С.33 – 37.
4. Панфилов И.А., Сивцова Е.И., Маегов С.Е., Панфилова Т.А. Разработка системы прогнозирования сроков навигации на реках Енисейского бассейна - Перспективы науки. 2022. № 8 (155). С. 26-30.
5. Nikolaev S.V., Sivtsova E.I. Development of a DSS for managers of a trading company – Volume of the 22st All-Russian National Scientific Conference with International Participation of bachelor students, master students, post-graduate students and young scientists (May 17, 2023, Krasnoyarsk). P. 313-315.
6. Панфилов И.А., Николаев С.В., Панфилова Т.А. Разработка СППР для торгового предприятия – В сборнике: Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: в 3 т. Красноярск, 2023. С. 21-23.

2.3.1.

А.И. Остапюк, Ю.В. Малюсин, П.О. Дроздова, М.Ю. Воронин, Н.С. Бояринова

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический институт,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
artur.ostapyuk.00.00@mail.ru

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ
В НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Низкоорбитальные системы передачи данных (Low Earth Orbit, LEO) играют важную роль в современных сетевых технологиях. В этой краткой статье представлен аналитический обзор алгоритма Дейкстры и его применение в низкоорбитальных системах передачи данных. Обзор описывает основные принципы алгоритма, его применимость в контексте низкоорбитальных систем, актуальные вызовы и ограничения.

Ключевые слова: *передача данных, алгоритмы, эффективность сети.*

Низкоорбитальные системы передачи данных являются важным компонентом современных коммуникационных сетей. Они предоставляют широкий охват и высокую пропускную способность для передачи данных в различных областях, таких как интернет, телекоммуникации, геолокация и многое другое. Эти системы работают на низкой орбите Земли, на высоте от 160 до 2000 километров, и состоят из спутников, земных станций и соответствующей инфраструктуры.

Оптимальная передача данных в низкоорбитальных системах является ключевой задачей для обеспечения надежности и эффективности сети. Одним из важных аспектов в этом процессе является выбор наиболее оптимального пути передачи данных между различными узлами системы. Одним из возможных алгоритмов для выбора наиболее оптимального пути передачи данных является алгоритм Дейкстры, который предоставляет эффективный метод для поиска кратчайших путей с использованием графа, что делает его важным инструментом для оптимизации маршрутизации данных в LEO системах.

Понимание роли и применения алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных позволит нам лучше оценить его эффективность, а также определить потенциальные области для дальнейших исследований и разработок, направленных на улучшение передачи данных в LEO системах.

Основные принципы алгоритма Дейкстры позволяют находить кратчайший путь от одного спутника до всех остальных спутников. Рассмотрим ключевые принципы и объясним работу алгоритма на примере.

1. Инициализация: Алгоритм Дейкстры начинается с инициализации, где устанавливаются начальные значения расстояний до каждого узла.

2. Выбор узла: На каждой итерации алгоритма выбирается узел с наименьшим расстоянием, который ещё не был посещен.

3. Обновление расстояний: Для каждого соседнего узла, связанного с текущим, рассчитывается новое расстояние.

4. Пометка узла: После обновления расстояния до всех соседних узлов текущий узел помечается как посещенный, и он больше не рассматривается на следующих итерациях.

5. Повторение: Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока все узлы не будут помечены как посещенные или пока не будет достигнут конечный узел [1].

Пример работы алгоритма Дейкстры в контексте низкоорбитальных спутниковых группировок может быть следующим:

Предположим, у нас есть низкоорбитальная спутниковая группировка, состоящая из нескольких спутников, которые передают данные между собой. Каждый спутник отображается как узел в графе, а связи между спутниками отображаются как ребра с определенными весами, которые могут соответствовать задержке, пропускной способности или другим характеристикам передачи данных.

Цель состоит в том, чтобы найти кратчайший путь или оптимальный маршрут для передачи данных от одного спутника к другому в системе низкоорбитальных спутников.

Примерно представим набор спутников и связей между ними в виде графа (рисунок 1).

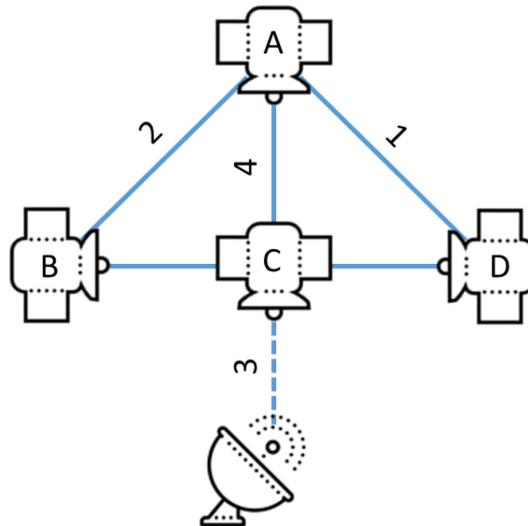


Рис. 3 – Пример набора спутников и связей между ними в виде графа

В этом примере представлены четыре спутника, обозначенных как А, В, С и D. Узлы графа представляют спутники, а ребра между ними представляют связи с определенными весами.

Пусть наш начальный узел - спутник А. Мы хотим найти кратчайший путь от спутника А до всех остальных спутников.

1. Инициализация (задание изначальных значений). Расстояния от спутника А до всех остальных спутников инициализируются бесконечностью, за исключением расстояния до самого себя, которое устанавливается равным 0.

$$S_{AA} = 0 \tag{1}$$

$$S_{AB} = S_{AC} = S_{AD} = \infty \tag{2}$$

2. Выбор узла с наименьшим расстоянием. Начинаем с узла А, так как он имеет минимальное расстояние – 0.

3. Обновление расстояний. Рассмотрим соседние спутники А: В и С.

– для спутника В: расстояние до В через А:

$$dist_A + W_{A,B} = 0 + 2 = 2 \tag{3}$$

Расстояние является меньше бесконечности. Обновляем значение расстояния: $dist_B = 2$.

– для спутника С: расстояние до С через А:

$$dist_A + W_{A,C} = 0 + 4 = 4 \tag{4}$$

Расстояние является меньше бесконечности. Обновляем значение расстояния: $dist_C = 4$.

4. Пометка узла как посещенного: Помечаем спутник А как посещенный.

5. Повторение: Теперь выбираем спутник с наименьшим расстоянием из непосещенных спутников. В данном случае это спутник В.

– обновление расстояний: Рассмотрим соседний спутник В: С.

• Расстояние до С через В:

$$dist_B + W_{B,C} = 2 + 3 = 5 \tag{5}$$

Расстояние меньше 4, следовательно обновляем значение расстояния: $dist_C = 5$.

– пометка спутника В как посещенного.

Теперь выбираем следующий спутник с наименьшим расстоянием, который еще не был посещен. В данном случае это спутник С.

– обновление расстояний: Рассмотрим соседний спутник С: D.

• Расстояние до D через С:

$$dist_C + W_{C,D} = 5 + 1 = 6 \quad (6)$$

Расстояние является меньше бесконечности. Обновляем значение расстояния: $dist_D = 6$.

– пометка спутника С как посещенного.

6. Повторение: Выбираем последний непосещенный спутник D.

– обновление расстояний: Спутник D не имеет соседей, поэтому нет обновлений расстояний.

– пометка спутника D как посещенного.

7. Завершение: Все спутники были помечены как посещенные, и алгоритм Дейкстры завершается.

Результат работы алгоритма:

$$dist_A = 0 \quad dist_B = 2 \quad dist_C = 5 \quad dist_D = 6 \quad (7)$$

Таким образом, мы получаем кратчайшие расстояния от спутника А до всех остальных спутников: В (расстояние 2), С (расстояние 5) и D (расстояние 6). Эти значения представляют кратчайшие пути от начального спутника А до каждого из остальных спутников в данной низкоорбитальной спутниковой группировке [1, 2].

Алгоритм Дейкстры позволяет эффективно находить кратчайшие пути в графе, что делает его ценным инструментом для оптимизации маршрутизации данных в низкоорбитальных системах передачи данных.

Применение алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных имеет большое значение для оптимизации маршрутизации и выбора путей передачи данных.

Ниже описано, как алгоритм Дейкстры может быть применен в контексте низкоорбитальных (LEO) систем, а также учитывает их особенности [3].

1. Моделирование LEO систем в виде графа. Низкоорбитальные системы передачи данных могут быть представлены в виде графа, где узлы представляют собой спутники и земные станции, а ребра графа представляют связи между ними.

2. Оптимизация маршрутизации. Алгоритм Дейкстры может быть применен для оптимизации маршрутизации данных в LEO системах. Путем вычисления кратчайших путей от начального узла (например, земной станции) до всех остальных узлов (например, спутников), алгоритм Дейкстры позволяет выбрать наиболее эффективный путь передачи данных с учетом характеристик связей в системе.

3. Учет особенностей LEO систем. При применении алгоритма Дейкстры в LEO системах необходимо учитывать их особенности. Некоторые из них включают ограниченную пропускную способность связей, движение спутников и потерю пакетов. Алгоритм

4. Управление ресурсами. Еще одним важным аспектом применения алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных является управление ресурсами. Низкоорбитальные системы могут иметь ограниченную пропускную способность или ресурсы, поэтому необходимо учитывать эти ограничения при выборе оптимальных путей передачи данных.

В целом, применение алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных позволяет оптимизировать маршрутизацию и выбор путей передачи данных с учетом характеристик связей и ограничений системы. Учет особенностей LEO систем, таких как ограниченная пропускная способность, движение спутников и потеря пакетов, является важным аспектом применения алгоритма Дейкстры в этих системах.

Применение алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных имеет свои вызовы и ограничения, которые следует учитывать. Рассмотрим некоторые из них [4]:

1. Расход ресурсов. Алгоритм Дейкстры требует хранения и обновления информации о расстояниях до всех узлов в системе. В низкоорбитальных системах, где может быть большое количество узлов и связей, это может привести к значительному расходу памяти и

вычислительных ресурсов.

2. Динамические изменения. Низкоорбитальные системы передачи данных могут быть подвержены динамическим изменениям, таким как изменение конфигурации сети, включение или выключение узлов, или изменение пропускной способности связей.

3. Задержки и плавность передвижения спутников. В низкоорбитальных системах передачи данных спутники могут двигаться со значительной скоростью и претерпевать изменения в своих орбитах.

4. Безопасность и конфиденциальность. Низкоорбитальные системы передачи данных могут быть подвержены различным угрозам безопасности и нарушениям конфиденциальности. Некоторые узлы могут быть более уязвимыми для атак или вмешательства.

Все эти вызовы и ограничения требуют дополнительных исследований и разработки для создания алгоритмических решений, которые учитывают специфику низкоорбитальных систем передачи данных.

Проблемы ограниченной пропускной способности и движения спутников являются важными аспектами, которые необходимо учитывать при применении алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных.

Рассмотрим каждую из этих проблем более подробно [5]:

1. Ограниченная пропускная способность. Низкоорбитальные системы передачи данных могут иметь ограниченную пропускную способность связей, что означает, что каждая связь может передавать ограниченный объем данных за единицу времени.

2. Движение спутников: Спутники в низкоорбитальных системах передачи данных находятся в движении по орбите Земли, что может приводить к изменению задержек и доступности связей между узлами системы.

Обе проблемы – ограниченная пропускная способность и движение спутников – требуют дополнительной обработки и учета в контексте алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных.

Применение алгоритма Дейкстры в реальных низкоорбитальных системах передачи данных позволяет оптимизировать маршрутизацию и выбор путей передачи данных.

Ниже приведены несколько примеров конкретных применений алгоритма Дейкстры в LEO системах и обзор их результатов и достижений [6]:

1. SpaceX. Starlink – это проект спутникового интернета от SpaceX. Алгоритм Дейкстры применяется в Starlink для оптимизации маршрутизации данных в низкоорбитальной сети спутников.

2. OneWeb – еще одна компания, разрабатывающая низкоорбитальную систему спутникового интернета. В OneWeb алгоритм Дейкстры используется для оптимизации маршрутизации данных и выбора наилучших путей передачи данных в низкоорбитальной сети спутников.

3. Iridium Communications предлагает мировую систему связи на основе спутников. Алгоритм Дейкстры применяется в Iridium для оптимизации маршрутизации трафика голосовых и других данных в их низкоорбитальной сети спутников.

Результаты и достижения, основанные на использовании алгоритма Дейкстры в этих низкоорбитальных системах, включают более эффективное использование ресурсов связи, снижение задержек, улучшение качества обслуживания и повышение надежности передачи данных.

В заключение, аналитический обзор алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных позволяет понять его важность и применимость для оптимизации маршрутизации и выбора путей передачи данных в таких системах.

Применение алгоритма Дейкстры в реальных низкоорбитальных системах передачи данных, таких как Starlink, OneWeb, Iridium и Globalstar, показало положительные результаты и достижения. Использование алгоритма Дейкстры в этих системах позволило оптимизировать маршрутизацию данных, улучшить использование ресурсов связи, снизить

задержки и повысить качество обслуживания для пользователей.

Однако, существуют вызовы и ограничения, с которыми сталкиваются при применении алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных, такие как ограниченная пропускная способность и движение спутников.

В перспективе, развитие и дальнейшие исследования алгоритма Дейкстры в низкоорбитальных системах передачи данных могут сосредоточиться на следующих аспектах:

- разработка и оптимизация алгоритмов, учитывающих ограниченную пропускную способность связей, динамические изменения в системе и безопасность данных;
- учет более сложных моделей движения спутников и прогнозирования задержек для повышения точности маршрутизации данных;
- исследование и разработка новых методов оптимизации ресурсов и управления масштабируемостью алгоритма Дейкстры в больших низкоорбитальных системах;
- интеграция алгоритма Дейкстры с другими алгоритмами и подходами для создания более эффективных и надежных систем передачи данных в низкоорбитальных сетях.

В целом, алгоритм Дейкстры играет важную роль в оптимизации маршрутизации и выборе путей передачи данных в низкоорбитальных системах передачи данных. Дальнейшее развитие и исследования позволят преодолеть вызовы и ограничения, а также улучшить эффективность и надежность передачи данных в таких системах.

Список литературы

1. Дейкстра Э.В. О двух задачах, связанных с графами. Журнал вычислительной математики и математической физики, 1(1), 1959, с. 83-89.
2. Корн Г., Корн Т. Математический справочник по науке и технике. Наука, 2004.
3. МакДональд С. Алгоритмы и данные. Построение и анализ алгоритмов в современных приложениях. Вильямс, 2011.
4. Пупышев В.И. Разработка и исследование сети малых и средних низкоорбитальных спутников. Труды Физического института им. П. Н. Лебедева, 2011, с. 264, 155-159.
5. Смирнов Е.М., Лазарев, А.А., Ярошенко, В.Д., Гузев А.В. Использование алгоритма Дейкстры для оптимизации маршрутизации данных в сети связи на основе кубоидной коммуникации. Вестник Московского университета. Серия 15: Вестник вычислительной математики и кибернетики, 3(31), 2017, с. 50-58.
6. Федоров С.И., Моисеев В.Н., Понамарев А.Ю. Анализ и оптимизация работы сети связи на основе спутниковых группировок ЛЕО. Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 17(1), 2019, с. 20-32.

2.3.1.

С.В. Поршневу, Н.Ю. Рябко

Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Учебно-научный центр «Информационная безопасность»,
Екатеринбург, s.v.porshnev@urfu.ru, N.Yu.Ryabko@urfu.ru

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЦИФР В ЧАСТНЫХ ОТ ДЕЛЕНИЯ ДВУХ ЦЕЛЫХ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

В статье представлены результаты изучения распределений первой и второй цифр после запятой в ансамбле чисел $\text{round}((n_2/n_1) \cdot 10^4)/10^2$, где $\text{round}(\)$ – функция округления до ближайшего целого числа, $n_1 \in [N_{\min}, N_{\max}]$, $n_2 \in [0, n_1]$ – целые числа, извлекаемые из генеральных совокупностей с равномерным законом распределения с областями рассеяния $[N_{\min}, N_{\max}]$, $[0, n_1]$.

Данное число, представляющее собой отношение целых чисел n_2/n_1 , $n_2 \leq n_1$, выраженное в процентах с точностью до двух значащих цифр после запятой, по смыслу является аналогом электорального показателя «явка избирателей на выборы», соответственно, n_1 – число зарегистрированных избирателей, n_2 – число избирателей, принявших участие в выборах в органы государственной власти. Обнаружено, что распределения первой, второй и двух одинаковых цифр после запятой отличны от равномерного закона распределения, поэтому выявить целенаправленные изменения чисел n_2, n_1 , публикуемые по результатам выборов, на основе факта отклонения данных распределений от равномерного распределения, невозможно.

Ключевые слова: *равномерное распределение, явка избирателей на выборы, электоральная статистика, критерий χ^2 -квадрат.*

Сегодня в политологии и юриспруденции активно разрабатываются и обсуждаются различные аспекты правовой защиты политической системы и её институтов от, так называемой, электоральной преступности, под которой понимают (см., например, [1–5]) совокупность преступлений, ответственность за совершение которых предусмотрена статьями 141, 141¹, 142 и 142¹ Уголовного кодекса (УК) Российской Федерации (РФ), совершаемых в определенные периоды в пределах какой-либо территории, а также методы выявления данных преступлений. В англоязычной литературе в качестве обобщенного названия этих методов используется термин «electoral forensics» [6], который можно перевести как «электоральная криминалистика». методы, основанные

Один из известных подходов, положенного в основу методов, призванных выявлять возможные фальсификации результатов выборов, основан на анализе встречаемости цифр, находящихся в соответствующих разрядах тех или иных показателей волеизъявления избирателей (электоральных данных) [7]. Здесь, в первую очередь, изучаются значения явки избирателей на выборы в избирательные комиссии нижнего уровня (участковые избирательные комиссии (УИК)), вычисляемые по формуле $\{\alpha\}_k = \text{round}((\{n_2\}_k/\{n_1\}_k) \cdot 10^4)/10^2$, $k = 1, 2, \dots$ порядковый номер УИК, $\{n_1\}_k, \{n_2\}_k$ – число зарегистрированных избирателей и число избирателей, принявших участие в выборах в k -ой УИК, $\{n_2\}_k \leq \{n_1\}_k$. Данный подход основан на априорно постулированной, но не доказанной гипотезе о том, что в отсутствии фальсификаций случайные

последовательности (СП), составленные из первых $(\{d_1\}_k)$, вторых цифр после запятой $(\{d_2\}_k)$, и их пар $(\{d_{1,2}\}_k)$, в $\{\alpha\}_k$ имеют равномерный закон распределения. В этой связи потребовалось проведение целенаправленных исследований с целью получения подтверждения базовой гипотезы или ее отклонения, результаты которого изложены в статье далее.

В проведенном исследовании в связи с невозможностью получения аналитических выражений для плотностей распределений первой, второй и их пар в выбранном показателе $\{\alpha\}_k$ был использован следующий вычислительный алгоритм, в основе которого лежит метод статистического моделирования (метод Монте-Карло), реализуемый выполнением следующей последовательности действий.

1. Задание числа независимых испытаний N_{Trial} .
2. Выбор интервала возможных значений числа $n_1 - [N_{min}, N_{max}]$.
3. Генерация выборки целых случайных чисел $\{n_1\}_k, k = \overline{1, N_{Trial}}$ в соответствии с равномерным законом распределения на интервале $[N_{min}, N_{max}]$.
4. Генерация выборки целых случайных чисел $\{n_2\}_k, k = \overline{1, N_{Trial}}$ в соответствии с равномерным законом распределения на интервале на интервале $[0, \{n_1\}_k], k = \overline{1, N_{Trial}}$.
5. Вычисление $\{\alpha\}_k = \text{round}((\{n_2\}_k / \{n_1\}_k) \cdot 10^4) / 10^2, k = \overline{1, N_{Trial}}$.
6. Составление СП $\{d_1\}_k, \{d_2\}_k, \{d_{1,2}\}_k$.
7. Вычисление эмпирических плотностей распределений (ЭПР) СП $\{d_1\}_k, \{d_2\}_k, \{d_{1,2}\}_k - \{p_1\}_m, \{p_2\}_m, \{p_{1,2}\}_m, m = \overline{0,9}$, соответственно.
8. Проверка гипотезы о соответствии ЭПР $N_{min} = 10, \{p_1\}_m, \{p_2\}_m, \{p_{1,2}\}_m, m = \overline{0,9}$ равномерному закону распределения.

Рассмотрим типичные результаты, полученные с помощью программной реализации выше описанного вычислительного алгоритма, созданной авторами в пакете MATLAB, для следующих параметров имитационной модели: $N_{Trial} = 10^5, N_{min} = 10, N_{max} = 3 \cdot 10^3$. (Здесь для генерации случайных целых чисел использовалась m-функция $\text{randi}()$). Гистограммы СП $\{n_1\}_k, \{n_2\}_k, \{\alpha\}_k, k = \overline{1, N_{Trial}}$ представлены на рис. 1, ЭПР СП $\{d_1\}_k, \{d_2\}_k, \{d_{1,2}\}_k$ – на рис. 2.

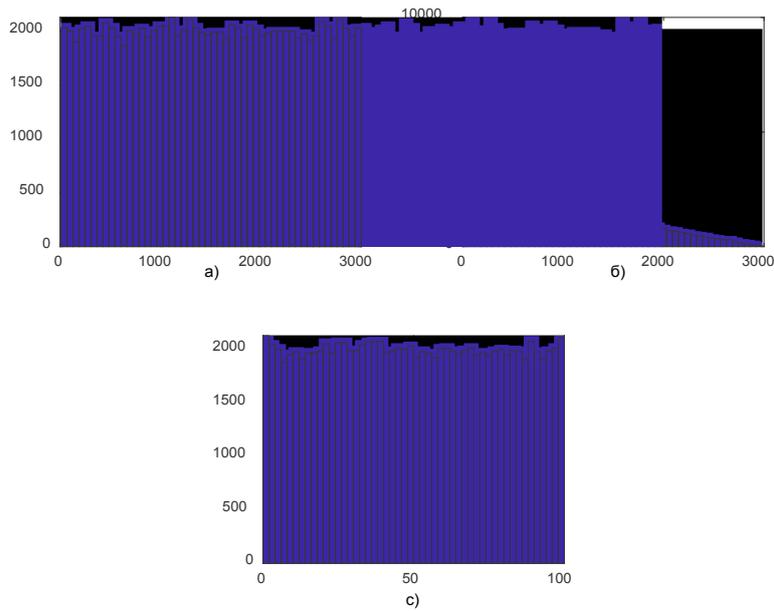


Рис. 1 – Гистограммы СП $\{n_1\}_k, \{n_2\}_k, \{\alpha\}_k, k = \overline{1, N_{Trial}}$

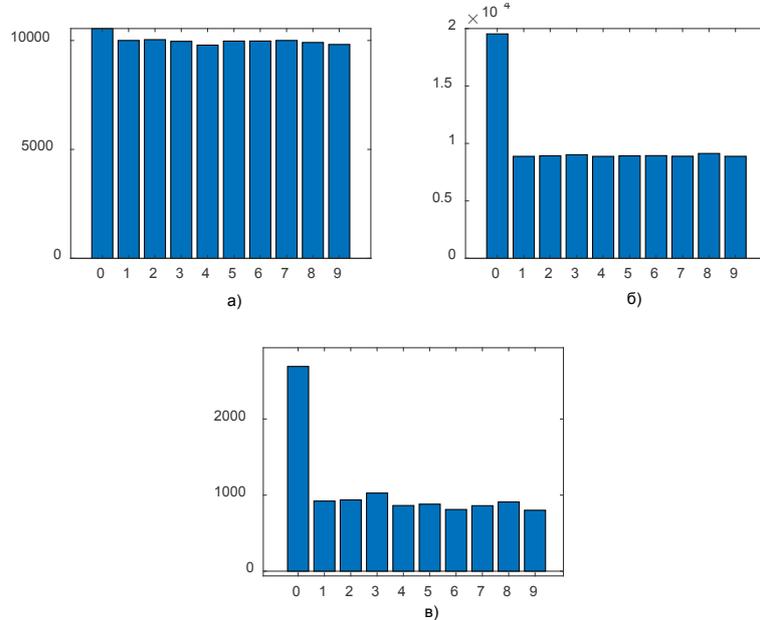


Рис. 2. – ЭПР: а) $\{p_1\}_m$, б) $\{p_2\}_m$, в) $\{p_{1,2}\}_m, m = \overline{0,9}$

Визуальный анализ рис. 1,2 позволяет сделать вывод о том, ЭПР распределения СП $\{n_1\}_k, \{\alpha\}_k$ близки к равномерному закону распределения, в то время плотности распределения СП $\{n_1\}_k, \{n_2\}_k, \{n_{1,2}\}_k$ отличаются от равномерного закона распределения.

Данный вывод также подтверждается вычисленными значениями критериев χ^2 -квадрат СП $\{n_1\}_k, \{n_2\}_k, \{n_{1,2}\}_k$ оказавшимися равными 39.2, $10.1 \cdot 10^3$, $3.0 \cdot 10^3$, соответственно, и превышающими его критическое значение $\chi^2(0.95,9) = 16.92$. Аналогичные результаты были получены во всех других независимых испытаниях.

Таким образом, приведенный пример отвергает гипотезу о том, что распределения цифр в первом и втором разрядах после запятой чисел $\{\alpha\}_k = \text{round}(\left(\frac{\{n_2\}_k}{\{n_1\}_k}\right) \cdot 10^4) / 10^2$, где $k = 1, 2, \dots, \{n_1\}_k, \{n_2\}_k$ – случайные числа, имеют равномерный закон распределения. Это в свою очередь, свидетельствуют, что несоответствие обсуждаемых распределений цифр в

явке избирателей на выборы не может являться основанием для обвинения избирательных органов во внесении преднамеренных искажений в соответствующие электоральные показатели.

Список литературы

1. Российская политическая криминология: Словарь/Под общей ред. П.А. Кабанова. –Нижнекамск, 2003. С. 158.
2. Антонов О.Ю. Теория и практика выявления и расследования электоральных преступлений. Дисс....докт. юр. наук. –М., 2008. 500 с.
3. Груздева А.П. Электоральная преступность: понятие и некоторые формы ее проявления в современной России// Вопросы национальной безопасности в исследованиях правоведов: Сборник научных трудов / Под ред. Г. Н. Горшенкова. –Сыктывкар, 2000. С. 95–102.
4. Кабанов П.А., Райков Г.И., Свигузова А.П., Чирков Д.К. Электоральная преступность в условиях формирования в России демократического правового государства (политико-криминологический анализ явления, его причин и эффективности мер противодействия): Монография/ Под науч. ред. д-ра юрид. наук П. А. Кабанова. –М.: Издательская группа «Граница», 2012. 92 с.
5. Кабанов П.А. Политическая криминология: основные этапы и некоторые перспективные направления её развития России // Вопросы национальной безопасности в исследованиях правоведов: Сборник научных трудов / Под ред. Г. Н. Горшенкова. –Сыктывкар, 2000. С. 93.
6. *Mebane: A Layman's Guide to Statistical Election Forensics* [Электронный ресурс]// URL: <https://www.electionguide.org/digest/post/271/> (Дата обращения 19.02.2022).
7. Шалаев Н.Е. Электоральные аномалии в постсоциалистическом пространстве: опыт статистического анализа. Дисс....канд. политических наук. –Санкт-Петербург, 2016. –191 с.

2.3.1.

Г.Л. Салихова, О.Н. Потапова

ГБОУ ВО Альметьевский государственный нефтяной институт,
энергомеханический факультет,
кафедра математики и информатики,
Альметьевск, Salikhova.73@mail.ru, olga_potarova_65@mail.ru

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В НЕФТЕГАЗОВОМ ВУЗЕ

В статье актуализируется выбор языка программирования Python для решения задач, связанных с основами разработки нефтяных месторождений. Python, являясь одним из наиболее актуальных языков программирования, внедряется в образование, и будущий специалист должен быть готов эффективно применять его для работы с данными.

Ключевые слова: язык программирования, Python, дебит скважины, формула Дюпюи.

На сегодняшний день всё более актуальным становится применение цифровых решений, что приводит к необходимости использования более мощных ресурсов вычислительной техники. Среди навыков современного специалиста должна быть ориентация на большой объем информации, но, когда объемы данных огромны, работа «вручную» становится низкоэффективной. Поэтому, востребованными становятся инструменты, которые способны облегчить работу с большим объемом данными.

Python - инструмент, который умеет отлично справляться с обширным диапазоном прикладных задач. Он входит в число самых быстрорастущих языков программирования в мире и используется инженерами – программистами, математиками, аналитиками данных, учеными, сетевыми инженерами, студентами. [1]

В языке Python существует много различных библиотек и пакетов для работы с данными. Все они позволяют проводить множество самых различных преобразований с исходными данными. Специальное расширение NumPy, написанное для математических расчётов, прекрасно функционирует с массивами, интерфейсами уравнений и другими данными. Как только расширение устанавливается на компьютер, Python без проблем проходит интеграцию с библиотеками формул. [2]

Изучение основных конструкций современного языка программирования Python, алгоритмов обработки массивов и других структурированных данных осуществляется студентами по направлению подготовки 21.03.01 – «Нефтегазовое дело» на 2 курсе в 3 семестре по дисциплине «Современные технологии программирования». [3] Данная дисциплина является формированием систематизированных знаний и навыков в области программирования: ознакомление студентов с принципами работы современных языков программирования, с актуальными парадигмами программирования, изучение конкретного языка программирования для решения задач обработки числовой и символьной информации в рамках прикладных задач. [4]

Овладев навыками разработки программ на языке программирования Python, студенты могут использовать его для решения технических задач. [5] Рассмотрим визуализацию некоторых алгоритмических конструкций и типов данных языка программирования Python на примере расчёта дебита скважины по формуле Дюпюи. Дебит нефтяной скважины является ключевой характеристикой любой скважины, его расчет подскажет как правильно выбрать оборудование и установить его. [6]

Формула Дюпюи используется в нефтяной промышленности для описания течения нефти и газа в пористой среде и является одним из самых главных уравнений в разработке месторождений:

$$q_o = \frac{Kh(\bar{P}_r - P_{wf})}{18.41\mu_o B_o \left[\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - 0.75 + S \right]}$$

Рассмотрим влияние компонентов уравнения Дюпюи на дебит. Выясним как влияет на дебит уменьшение в два раза величины Kh при данных условиях, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по скважине

данные по скважине				
K*h	Kh	100	75	50
пластовое давление (атм.)	P_r	250	250	250
забойное давление (атм.)	P_{wf}	50	50	50
радиус дренирования (м.)	r_e	500	500	500
радиус скважины (м.)	r_w	0.1	0.1	0.1
вязкость нефти (сПз)	μ_o	1	1	1
объемный к-т ($\text{м}^3/\text{м}^3$)	B_o	1.228	1.228	1.228
скин	S	0	0	0
дебит нефти ($\text{м}^3/\text{сут}$)	q_o	114	85	57
изменение дебита %			-25	-50

Результат программного кода на Python, приведенного на рис.1, показывает, что уменьшение значения Kh в два раза снижает дебит на 50%.

```
File Edit Format Run Options Window Help
import math
# исходные данные
pr=250
bhp=50
mu=1
bo=1.228
rc=500
rw=0.1
s=0

print(' K*h      дебит')
print('-----')
# создание списка значений
k_list=[100,75,50]

# цикл для расчета q
for k_new in k_list:
    q=k_new*(pr-bhp)
    / (18.41*mu*bo*(math.log(rc/rw)-0.75+s))
    print("%4.0f"%k_new, "%10.1f"%q)

K*h      дебит
-----
100      113.9
75       85.4
50       56.9
```

Рис. 1 – Программный код на Python и вывод результата

Выясним теперь как влияет на дебит уменьшение в два раза радиуса дренирования (r_e) при данных условиях, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Данные по скважине

данные по скважине				
$K \cdot h$	Kh	100	100	100
пластовое давление (атм.)	P_r	250	250	250
забойное давление (атм.)	P_{wf}	50	50	50
радиус дренирования (м.)	r_e	500	350	250
радиус скважины (м.)	r_w	0.1	0.1	0.1
вязкость нефти (сПз)	μ_o	1	1	1
объемный к-т (M^3 / M^3)	B_o	1.228	1.228	1.228
скин	S	0	0	0
дебит нефти ($M^3 / сут$)	q_o	114	119	125
изменение дебита %			5	10

Радиус дренирования несущественно влияет на дебит, снижает всего на 10%. Программный код на языке Python и результаты программы приведены на рис. 2.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import math
# исходные данные
kh=100
pr=250
bhp=50
mu=1
bo=1.228
rc=500
rw=0.1
s=0

print('  rc      дебит')
print('-----')
# создание списка значений
rc_list=[500,350,250]

# цикл для расчета q
for rc_new in rc_list:
    q=kh*(pr-bhp)
    / (18.41*mu*bo*(math.log(rc_new/rw)-0.75+s))
    print("%4.0f"%rc_new, "%10.1f"%q)
    
```

rc	дебит
500	113.9
350	119.4
250	125.1

Рис. 2 – Программный код на Python и вывод результата

Мы привели расчеты вычислений на языке Python. Конечно, можно использовать для решения данных задач программу MS Excel, но программа работает несколько медленнее и вероятность допустить ошибки в вычислениях более высока. Python же позволяет работать со значительно большим объемом данных, производительность обработки информации выше, а также качественно выше уровень визуализации данных.

Рассмотрим задачу подсчета дебита, варьируя пластовое давление p_r в интервале от 100 до 500. При этом по условию задачи, забойное давление снизить до 80, если пластовое давление не больше забойного. Производить расчеты при данных условиях в MS Excel будет не слишком продуктивно, так как необходимо будет вводить дополнительный столбец для подсчета значений при выполнении условия задачи. Данную задачу предпочтительнее выполнить средствами языка Python с помощью конструкции ветвления.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import math
# исходные данные
k=10
h=10
pr=300
bhp=150
mu=3
rc=300
rw=0.1
s=0

print('   pr       дебит')
print('-----')
# создание списка значений
pr_list=[100,150,200,250,300,350,400,450,500]
# цикл для расчета q
for pr_new in pr_list:
    bhp=150
    if pr_new<=bhp:
        bhp=80
    q=k*h*(pr_new-bhp)
    / (18.41*mu*(math.log(rc/rw)-0.75+s))
    print("%5.0f"%pr_new, "%10.1f"%q)

```

pr	дебит
100	5.0
150	17.5
200	12.5
250	25.0
300	37.4
350	49.9
400	62.4
450	74.9
500	87.3

Рис. 3 – Программный код на Python и вывод результата

Python на данный момент считается одним из лучших и удобных языков обучения и создания первых проектов начинающими разработчиками и в целом для изучения фундаментальных, базовых основ по программным языкам. [7]

Подводя итог, можно сделать вывод, что на данный момент, в современном мире стали чаще применяться цифровые решения, в следствии чего, навык программирования в Python набирает актуальность и становится незаменимым для успешной работы будущего специалиста.

Список литературы

1. *Никонорова Л.И., Тимофеев М.Г., Кузнецова А.П.* Python как современный язык программирования // Наука и Образование. - 2019. - Т. 2. № 2. - С. 263.
2. *Оконешникова Е. А.* Новый язык программирования в учебном процессе и научных исследованиях // Наука. Информатизация. Технологии. Образование. – 2020. – С. 123-129.
3. *Салихова Г.Л., Потапова О.Н.* Цифровое ГТО - новая образовательная практика, применяемая в АГНИ. // Научно-технический вестник Поволжья.2023. - С. 167-171.
4. *Потапова О.Н.* Об изучении программирования студентами технического вуза. // Материалы IV Международной научно-практической конференции АГНИ «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». - 2019. - С.962-964.
5. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Гайнулова Л.А.* Математическое моделирование движения в центрально-симметрическом поле. // Научно-технический вестник Поволжья. - 2019. - №1- С.21-25.
6. Производительность скважин. Закон Дарси - презентация онлайн. // URL: <https://ppt-online.org/78345>.
7. *Маккинни У.* Python и анализ данных. // Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2015. - С. 482.

2.3.1.

А.В. Соинов, И.А. Панфилов, Г.Е. Кузнецов, А.О. Никитина, Д.М. Попова

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра системного анализа и исследования операций,
Красноярск, stook_80@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В статье описан процесс разработки системы управления лабораторной информацией для производственного предприятия. Описана схема интеграции системы с информационной инфраструктурой предприятия. Представлен процесс расширения функционала системы за счет добавления в систему новых видов лабораторных испытаний. Формализованы бизнес-процессы нового функционала системы.

Ключевые слова: проектирование информационных систем, LIMS, моделирование бизнес-процессов.

Введение

Лаборатории, производящие исследования химических и физических свойств материалов и выпускаемой продукции, есть на многих производственных предприятиях. Исследованиям подлежат не только сырье, поступающее на производство, и образцы выпускаемой продукции, но и пробы показывающие влияние на окружающую среду, материалы не связанные непосредственно с основным производством предприятия, например ГСМ. Таким образом, лаборатории оказываются вовлечены в различные производственные циклы, и автоматизация данных процессов, их информационное сопровождение являются актуальной задачей.

Место систем управления лабораторной информацией в информационной инфраструктуре предприятия

Информационная инфраструктура современного предприятия включает в себя десятки информационных систем связанных между собой единым контуром. Системы управления лабораторной информацией (LIMS) позволяют оперативно собирать, хранить, обрабатывать и передавать результаты лабораторных испытаний по запросу в информационные системы, занимающиеся обеспечением бизнес-процессов предприятия, где такая информация может быть полезна (рис. 1). Например, ERP система может рассчитать выполнение плановых показателей выпуска продукции с учетом результатов испытаний продукции из системы LIMS.

В свою очередь, сама LIMS использует для своей работы нормативную базу в виде ГОСТов проведения испытаний, разнообразные технические условия (ТУ) и прочее [1]. Причем в лабораторию могут поступать для исследования новые материалы, которые ранее не исследовались в данной лаборатории. В таком случае в систему LIMS должны быть внесены соответствующие изменения.

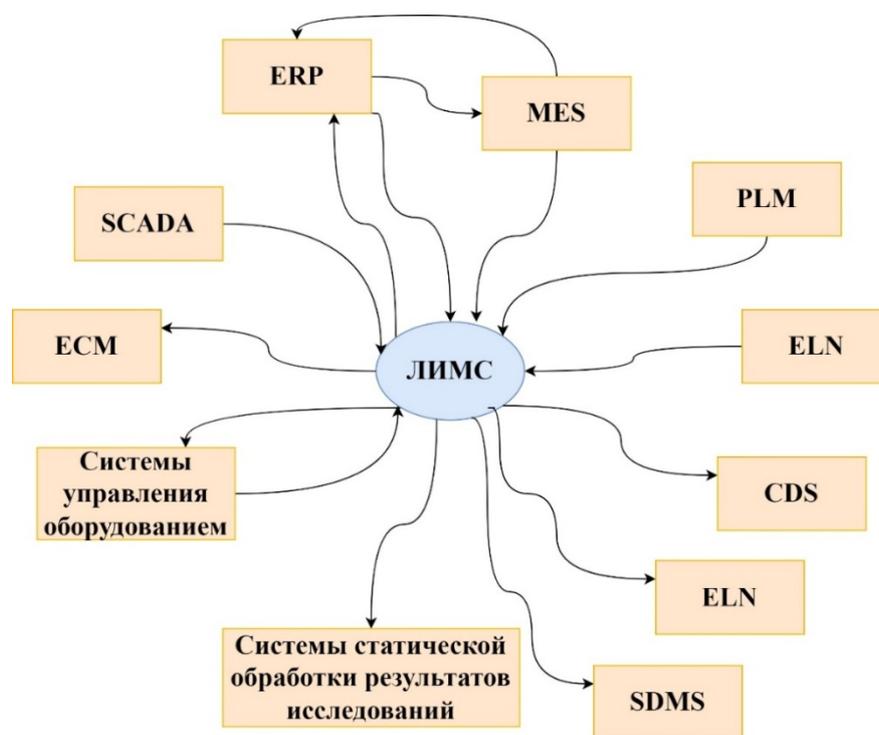


Рис. 4 – Интеграция системы ЛИМС с информационными системами производственного предприятия
Проектирование LIMS системы

В [2] описан процесс разработки портфеля бизнес-процессов связанных с работой лаборатории на производственном предприятии. Портфель бизнес-процессов представляет собой набор, охватывающий все аспекты работы лабораторного подразделения. Модели, выполненные в нотации IDEF0, позволяют понять логику работы подразделения на этапе проектирования информационной системы для лаборатории. На рисунке 2 представлена развернутая модель процесса приемки новой пробы в лабораторию. Модели в нотации BPMN 2.0 [2], позволяют автоматизировать электронный документооборот, связанный с работой лаборатории. Это в значительной степени повышает оперативность работы самой лаборатории, оперативность использования результатов лабораторных исследований на производстве и расширяет функционал использования результатов исследований.

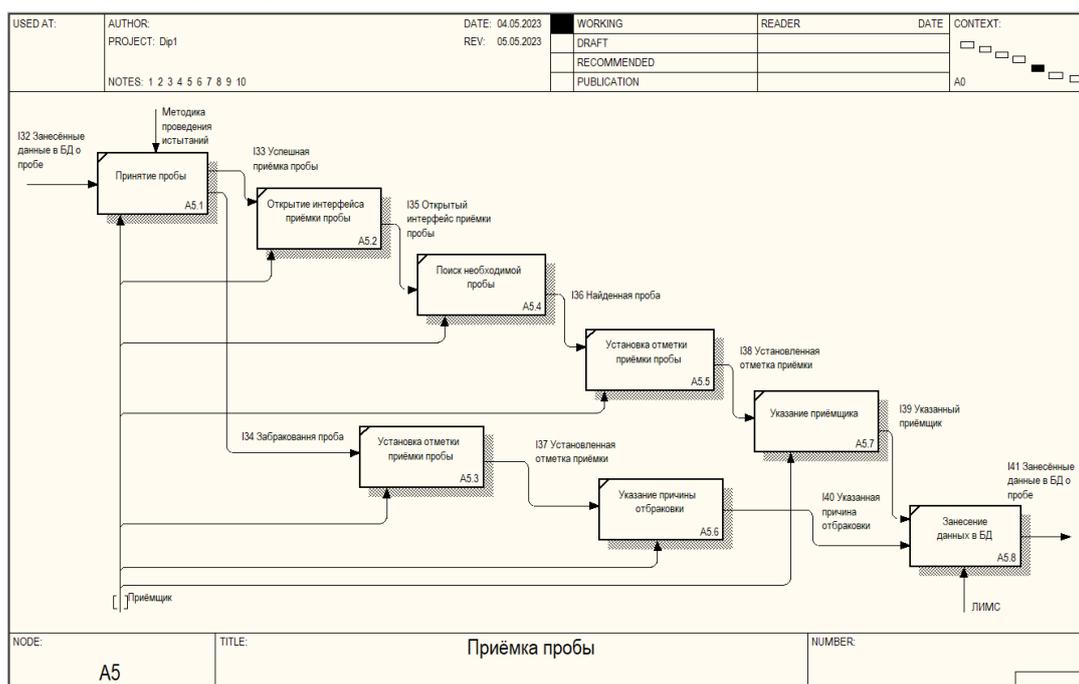


Рис. 2 – Диаграмма декомпозиции процесса «Приёмка пробы»

При поступлении в лабораторию новых лабораторных проб для исследований ранее не проводимых лабораторией потребуется внести в работу системы изменения. Например, в лабораторию направлена проба машинного масла для исследования физических свойств, ранее в данной лаборатории не проводились подобные испытания. Для проведения испытаний инженеры лаборатории используют соответствующий ГОСТ и протоколы для фиксации результатов испытаний. Сами протоколы должны быть спроектированы в системе LIMS, результаты испытаний также должны быть загружены в систему для дальнейшей обработки [3]. Соответственно, программные компоненты системы LIMS должны быть достаточно гибкими для возможности внесения таких изменений в систему.

На рисунке 3 представлен пример экранной формы, выполненной на языке VBA (Visual Basic for Applications). Экранные формы, а также промежуточные расчеты, в соответствии с ГОСТами по проведению испытаний, могут создаваться на любом доступном для разработчиков языке программирования.

Редактирование переменной		Формула обработки результата	
Наименование переменной	<input type="text"/>	Кол-во символов	<input type="text"/>
Переменная	<input type="text"/>	Верхний предел	<input type="text"/>
Тип результата	<input type="text"/>	Нижний предел	<input type="text"/>
Тип измерения	<input type="text"/>	<input type="radio"/> Число <input type="radio"/> Строка <input type="radio"/> Массив	<input type="checkbox"/> Активность
		<input type="button" value="Отмена"/>	<input type="button" value="Сохранить"/>

Рис. 3 – Редактирование и добавление новой переменной

Результаты испытаний и расчетов затем попадают в базу данных системы, которая является универсальной компонентой для систем LIMS от разных производителей.

Заключение

Таким образом, процесс работы современных лабораторий на производственных предприятиях может быть улучшен путем внедрения новых технологий и оптимизации рабочих процессов, а также создания единой системы управления качеством и улучшения взаимодействия между лабораториями и другими подразделениями предприятия. В результате автоматизации процессов лабораторных операций компании могут получить ряд преимуществ, таких как более точные и быстрые результаты анализов, улучшение точности и надежности данных, повышение эффективности использования ресурсов.

Список литературы

1. Широков А.А., Зиятдинов А.А. Информационно-аналитическая система для контроля и управления качеством продукции первичной переработки нефти – Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 12. С. 296-298.
2. Панфилов И.А., Соинов А.В., Безворотных А.В., Степина И.О. Моделирование процессов лабораторной информационной системы на производственном предприятии – Перспективы науки. 2023. № 1 (160). С. 40-45.
3. Хмара В.В., Хасцаев Б.Д., Кабышев А.М., Суворов Д.Н., Илюхин А.В. Особенности информационно-технического обеспечения автоматов Мили единой разветвленной системы автоматизированного управления непрерывным технологическим процессом – Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2022. Т. 18. № 2 (28). С. 41-52.

2.3.1.

**В.И. Стеклова, А.С. Лебедева, К.А. Польщиков д-р техн. наук,
Н.П. Путивцева канд. техн. наук, Т.В. Зайцева канд. техн. наук**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
(НИУ «БелГУ»),
Белгород, zaitseva@bsu.edu.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРУПП РИСКОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ПОДРОСТКОВ

В данной работе проведен анализ предметной области, в результате которого каждая из групп рисков сети Интернет была представлена в разрезе Инструменты – Последствия – Методы распространения, сформулированы критерии, позволяющие провести сравнительный анализ групп рисков возникающих при взаимодействии подростков с сетью Интернет. Проведен многокритериальный анализ групп рисков с использованием метода анализа иерархий, позволивший выделить наиболее опасные с точки зрения разных критериев группы рисков в среде Интернет с учетом особенностей формирования ценностных ориентаций современных подростков.

Ключевые слова: *подростки, риски сети Интернет, Интернет-зависимость, метод анализа иерархий.*

Переход к цифровой экономике и цифровизация общества привело к тому, что подрастающее поколение не представляет себя без гаджетов и виртуальной составляющей в «привычной» жизни, при этом практически каждый второй проводит в сети Интернет не менее 5-7 часов в день. В настоящее время для все большей аудитории подростков возраста 13-18 лет реальное, виртуальное и дополненное пространства представляют собой составляющие части их единой картины мира. При этом отдельные группы подростков показывают разные поведенческие реакции: так часть четко разграничивает составляющие, а часть стремится реализовать себя во всех видах пространства.

Как показал анализ научных работ по изучению особенностей поведения подростков в возрасте 14-17 лет в современном мире большинство из них либо полностью, либо частично заменяют «реальные» коммуникации виртуальными [2, 3, 9, 10] (рис. 1).



Рис. 1 – Цели использования подростками Интернет-пространства

Из рисунка видно, что подростки от 14 до 17 лет используют возможности среды Интернет следующим образом:

- как площадку для общения как с реальным кругом, так и с виртуальными знакомыми и группами знакомых (в среднем 28%)
- как развлекательную площадку (примерно 28%)
- для поиска информации в образовательных, профессиональных и личных целях (примерно 30%).

Оставшиеся 14% составляют незначимые цели, одна из причин появления которых заключается в неоднозначности формулировок в анкетах, которые были предложены респондентам.

Однако, следует отметить что проблема взаимодействия подростков с помощью различных сервисов сети Интернет не теряет своей актуальности, что связано с ростом Интернет-технологий и технического прогресса и расширение роли Интернета как среды социализации. Так же необходимо учитывать, что большая часть современной молодежи не умеет пользоваться Интернетом правильно, грамотно и безопасно, что приводит к следующим негативным последствиям: Интернет-зависимость, ущерб психологическому, физическому, социальному здоровью ребенка и т.д.

В работах ряда исследователей выделяются различные группы рисков, которые были сведены в единую классификацию групп рисков (рис. 2) [7, 8, 14]. Как видно из рисунка 2 все риски характеризуются следующими элементами: инструменты, методы распространения и последствия.

Каждый из этих видов рисков способен принести непоправимый ущерб эмоциональному благополучию и психологическому здоровью подростка.

Проведенный анализ показал, что при выявлении рисков можно выявить критерии, которые оказывают наибольшее влияние на повышение вероятности их появления. Более всего разработаны критерии для оценки сайтов, их контента для детей, а также критерии для оценки интернет-зависимости.



Рис. 2 – Группы рисков

Так, например, для интернет-зависимости такими критериями являются: значимость, изменение настроения, толерантность, симптомы отмены, конфликт, рецидив. Поскольку указанные критерии несколько пересекаются при попытке их обобщить на все выделенные группы рисков, то было принято решение их частичной агрегации. В результате предлагается использовать следующие критерии для сравнения рисков:

- сложность обнаружения;
- сила влияния;
- сложность устранения;
- тяжесть последствий.

Сами группы рисков будут являться альтернативами.

Поскольку важность выделенных критериев неодинакова при оценке групп рисков подростков, и разные группы могут иметь различную предпочтительность, для проведения разносторонней оценки объектов целесообразно использовать методы многокритериального оценивания. Одним из наиболее популярных является метод анализа иерархий, подразумевающий декомпозицию сложной задачи на ряд менее сложных задач, расчет частных показателей предпочтительности и расчет интегральных показателей на основе линейной свертки [4]. Для решения задачи определения наиболее влиятельных для подростков групп рисков была построена иерархия, состоящая из трех уровней: цель (доминанта), критерии сравнения и альтернативы (группы рисков).

На первом этапе было проведено парное сравнение критериев для определения самых важных при оценке влиятельности групп рисков. На рисунке 3 представлена матрица парных сравнений выбранных критериев.

	1.	2.	3.	4.	Priorities
1. сложность устранения	1	1/2	1/5	1/2	0,097
2. сложность обнаружения	2	1	1/3	1/2	0,155
3. тяжесть последствий	5	3	1	3	0,529
4. сила влияния	2	2	1/3	1	0,219

C3: 4,058 IC: 0,019 OC: 0,023 F: 0,024

* To compare the criteria, double click on the cell of the comparison matrix.
* When you hover over a cell, the recommended score is displayed.

Рис. 3 – Матрица парных сравнений критериев

Расчет вектора локальных приоритетов показал, что наиболее важным критерием является критерий «Тяжесть последствий». На втором месте по значимости критерий «Сила влияния». Наименее значимым является критерий «Сложность устранения».

Следующим этапом было заполнение матриц парных сравнений групп рисков по каждому из сформулированных критериев. Результаты работы СППР Решение по сравнению альтернатив (рисков) представлены в таблице.

На основе рассчитанного вектора локальных приоритетов альтернатив по критерию «Сложность устранения» самыми влиятельными являются коммуникативные риски. На втором месте по значимости интернет-зависимость. Также довольно весомой является потребительская группа рисков.

Таблица – Значения локальных векторов приоритетов по каждому критерию

Альтернативы (риски)	Критерии			
	Сложность устранения	Сложность обнаружения	Тяжесть последствий	Сила влияния
Контентные	0,070	0,109	0,103	0,308
Коммуникативные	0,432	0,350	0,223	0,105
Электронные	0,074	0,050	0,040	0,060
Потребительские	0,197	0,029	0,286	0,163
Интернет-зависимость	0,227	0,462	0,348	0,363

По критерию «Сложность обнаружения» наибольший вес в векторе приоритетов имеют следующие группы рисков: интернет-зависимость и коммуникативные риски. Остальные группы рисков составляют по важности в сумме чуть более 10%.

С позиций критерия «Тяжесть последствий» наибольшую предпочтительность имеют: интернет-зависимость, потребительские риски и коммуникативные риски.

Вектор локальных приоритетов групп рисков по критерию «Сила влияния» имеет компоненты с наибольшим весом, которые соответствуют интернет-зависимости и контентным рискам. Остальные риски гораздо менее существенны по силе влияния.

На последнем этапе производится синтез приоритетов альтернатив – групп рисков. Результаты расчетов визуализированы на рисунке 4.

Анализ вектора глобальных приоритетов альтернатив показал, что наиболее серьезными являются риски, характеризующие интернет-зависимость, их вес составляет более трети. На втором месте – коммуникативные риски.

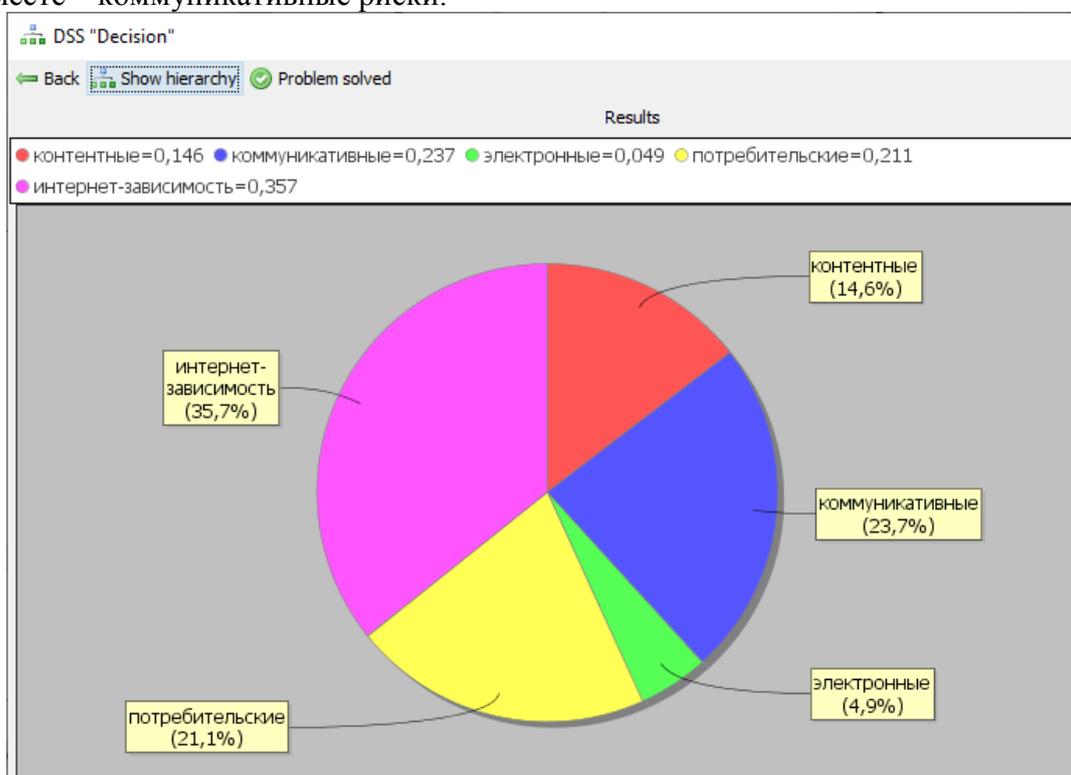


Рис. 4 – Сводные результаты расчетов по группам рисков

Анализ проведенных иерархических парных сравнений показал, что риски интернет-зависимости были на первом месте по таким критериям как «сложность обнаружения», «тяжесть последствий» и «сила влияния». По критерию «сложность устранения» данная альтернатива была на втором месте. Но поскольку наиболее значимыми критериями являются «тяжесть последствий» и «сила влияния», то в результате было получено, что риски интернет-зависимости самые сильные, что подтверждает проведенный анализ исследований авторов [1, 5, 6, 11, 12, 13].

Однако, в данной работе проводилось сравнение только групп рисков для выявления оказывающих наиболее сильное влияние на поведение подростков, включая возможность деструктивных проявлений при общении, как в реальной жизни, так и в виртуальной среде, и не учитывалось, что каждая группа рисков может быть рассмотрена как метагруппа, включающая в себя группы факторов. Так, например, к основным группам факторов интернет-зависимого поведения можно отнести психологические, социально-психологические и социальные, которые в свою очередь включают разное число факторов (рисунок 5). В дальнейшем работа будет продолжена и для каждого фактора из группы рисков интернет-зависимости.



Рис. 5 – Группы факторов Интернет-зависимого поведения

Также следует отметить, что в работе представлены результаты исследования среднестатистического подростка без разбиения исследуемой аудитории по поло-возрастным характеристикам, кроме того, не учитывается уровень образования и психофизиологические особенности испытуемых, тогда как Интернет-зависимое поведение в подростковой среде имеет свою специфику из-за возрастных особенностей формирования личности подростка (несоответствие между субъективной готовностью к взрослой жизни и объективной ограниченностью ее возможностей, гипертрофированная потребность в общении, неадекватное желание социального признания, юношеский максимализм).

Список литературы

1. Губанова А.Ю. Электронный контент для детей: риски или новые возможности // Вестник РГГУ. Серия «Философия. Социология. Искусствоведение». - 2016. - №2 (4). – С. 92-98. - EDN WFEQHP.
2. Каменская В.Г., Томанов Л.В. Цифровые технологии и их влияние на социальные и психологические характеристики детей и подростков // Экспериментальная психология. - 2022. - Том 15. - № 1. - С. 139–159. - EDN WNLUVZ.
3. Подлевских А.Н., Гусаков С.В., Мацкевич Е.С. Виртуальное общение подростков как педагогическая проблема // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2016. - №1. – С. 233-241. - EDN YICIQI.
4. Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Пусная О.П. Сравнительный анализ программно-инструментальных средств для построения прогнозов // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2020): сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции (г. Белгород, 24–25 сентября, 2020 г.): / отв. ред. Е.В. Болгова. – Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2020. С. 321-326. - EDN MKWFQG.
5. Ромашкина Г.Ф. Риски интернет-зависимости: структура и особенности восприятия // Образование и наука. - 2020. – Т. 22. - №8. – С. 108-134. – EDN RNZNMJ.

6. Салахова В.Б., Калинина Н.В. Безопасное поведение несовершеннолетних в сфере профилактики интернет-рисков и угроз жизни, включая вовлечение в экстремистские и иные опасные группы // POLITBOOK. - 2020. - № 2. - С.76-103.
7. Солдатова Г.У. Цифровая социализация в культурно-исторической парадигме: изменяющийся ребенок в изменяющемся мире // Социальная психология и общество. - 2018. - Том 9. - № 3. - С. 71-80. - EDN YQSMUX.
8. Солдатова Г.У., Рассказова Е.И. Итоги цифровой трансформации: от онлайн-реальности к смешанной реальности // Культурно-историческая психология. – 2020. – Т. 16. - № 4. – С. 87-97. - EDN GELTTZ.
9. Сорокина А.Б. Интернет в жизни современных подростков: проблема и ресурс // Современная зарубежная психология. - 2015. - Том 4. - № 1. - С. 45–64. - EDN TZJDYT.
10. Фортova Л.К., Матюхина О.С. Исследования проблемы виртуальных аддикций несовершеннолетних в Российской и зарубежной науке // Мир науки, культуры, образования. – 2018. - № 2(69). - С. 54-57. - EDN UORJCP.
11. Юрьева Л.Н., Большот Т.Ю. Компьютерная зависимость: формирование, диагностика, коррекция и профилактика. - Днепропетровск: Пороги, 2006, 196 с.
12. Internet addiction: the emergence of a new Young K. clinical disorder // Cyberpsychology and behavior. 1996. № 3. P. 237–244
13. Widyanto L., Griffiths M., Brunson V., McMurran M. The psychometric properties of the Internet Related Problem Scale: a pilot study // International Journ. of Mental Health Addiction. 2008. № 6. P. 205–213.
14. Young K.S. Caught in the net: how to recognize the signs of Internet addiction – and a winning strategy for recovery / by Kimberly S. Young, - Canada, 1998. – 248 p.

2.3.1.

¹К.Е.Сухоруков, ²О.И. Тулаев

МИРЭА — Российский технологический университет,

¹Институт информационных технологий и автоматизированного проектирования,²Институт искусственного интеллекта,

Кафедра технологий искусственного интеллекта,

Москва, sukhorukov.k.e@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В данной работе представлены результаты разработки программного модуля для интеграции информации из разнородных информационных систем. В ней рассматриваются уже предложенные варианты решения задачи интеграции информации. Затем описывается реализованный программный модуль, использующий один из недавно предложенных методов интеграции информации

Ключевые слова: *интеграция информации, реляционная база данных, реализация, программный модуль.*

Введение. Интеграция данных из различных источников, получившая название «интеграция информации», позволяет получать новые знания и выводы для составления прогнозов и управления комплексными процессами и системами. В следствие этого, в интеграции информации из внешних и внутренних источников заинтересованы как коммерческие, так и государственные организации.

Внешние информационной системе источники могут предоставлять данные в различных форматах: структурированных таблицах, полу-структурированных документах, таких как JSON и XML, и неструктурированных данных. Данный формат в первую очередь зависит от основного сценария получения информации из источника, которым руководствуются разработчики в ходе реализации внешней информационной системы.

Целью данной работы является создание набора инструментов для высококачественной интеграции информации из источников различных форматов в целевую реляционную базу данных.

В соответствии с этой целью, поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать существующие способы интеграции информации;
2. Разработать программный модуль, позволяющий выполнять физическую интеграцию информации из различных источников в реляционную базу данных;
3. Рассмотреть практическое применение программного модуля.

Работы по поиску путей решения задачи интеграции информации из различных систем в другие ведутся уже на протяжении более 40 лет, и одними из их результатов стала технология складов данных DW (Data warehouses) и технология виртуальной интеграции данных, отличающиеся подходом к хранению интегрированных данных.

В статьях Шета и Ларсона [1] содержится введение в федеративные базы данных. Затем в труде Ёсу и Вальдуриса [2] были описаны различные методы интеграции и представлены общие подходы для сопоставления и отображения схем. Помимо этого, опыт и соображения Бернштейна и Хаас [3] и Халеви и др. [4] с реальными проектами представляют высокую ценность для достижения высококачественной интеграции. Обе статьи подчеркивают необходимость интеграции разнородных источников данных, включая электронную почту, документы заказов, гарантии и другие неструктурированные или полу-структурированные данные.

Лаура Хаас утверждает в своей статье [5], что «несмотря на значительное количество литературы, задача интеграции информации далека от решения, особенно в корпоративном контексте». В качестве главных её вызовов она выделяет определение сущностей и отсутствие теоретического и практического руководства в выборе схемы интеграции, отмечая отсутствие «более широкого набора инструментов» с контролем качества, которые «рассматривают весь процесс интеграции от начала до конца». Это заявление подтверждается многими статьями, которые рассматривают интеграцию веб-данных [6-8], XML-данных [8] или RDF-данных [9, 10] декларативным способом, но не давая при этом представления о практическом применении.

Некоторые авторы использовали графовую модель данных (GDM, Graph Data Model) с целью анализа и преобразования данных. GRADOOP [11] и Pregel [12] — это примеры прототипов для этого подхода. Большинство интеграций графических баз данных основано на уровне экземпляра и использует преобразования графов [13, 14], но вопрос о том, насколько хорошо интеграция соответствует исходной семантике и схемам источников, не рассматривается.

Но ни в одной из работ упомянутых выше не рассматривается вопрос о том, как сопоставлять и отображать различные структурированные элементы данных, сохраняя при этом семантику источников. Практическое руководство у де Соуса и дель Валь Куры [15] подходит только для отображения из расширенной бинарной модели сущность-связь (EB-ER, Extended Binary Entity Relationship) в модель графа свойств (PGM, Property Graph Model).

Единственная публикация, о которой известно авторам, содержащая попытки улучшения качества интеграции данных, — это Гельман [16]. В своей статье он разрабатывает теорию, которая помогает производить точный результат интеграции данных из множественных перекрывающихся и неточных источников. Он предполагает, что ошибки не случайны, и что «дополнительная» информация помогает выбрать наиболее точные данные. Этот подход также может помочь с проблемой разрешения сущностей.

Одна из проблем с виртуальной интеграцией данных заключается в том, что глобальная база данных может не быть согласованной с ограничениями целостности. Бертосси и Браво [17] рекомендуют делать запросы только к согласованной части глобальной базы данных. Они определяют согласованный ответ на запрос, когда результат является ответом на каждое «восстановление» глобальной базы данных, то есть максимальное подмножество глобальной базы данных, которое удовлетворяет ограничениям целостности. Решение проблемы довольно общее и концептуально понятное, однако реализация все еще отсутствует. Авторы утверждают, что эти проблемы должны быть «рассмотрены, чтобы использовать эти решения в реальных базах данных».

Недавно предложенный метод интеграции информации при помощи типизированных графовых моделей [18-20] пытается решить описанные выше проблемы. В данной работе представлена попытка реализации описанного в данных статьях метода при физической интеграции данных.

Результаты. В ходе работы на языке Python была разработана программная библиотека «exstruct» [21], предоставляющая инструменты для получения данных из внешних источников, их трансформации для соответствия целевой схеме в используемой базе данных, а также записи трансформированных данных в неё.

На рисунке 1 представлена структура разработанной библиотеки.

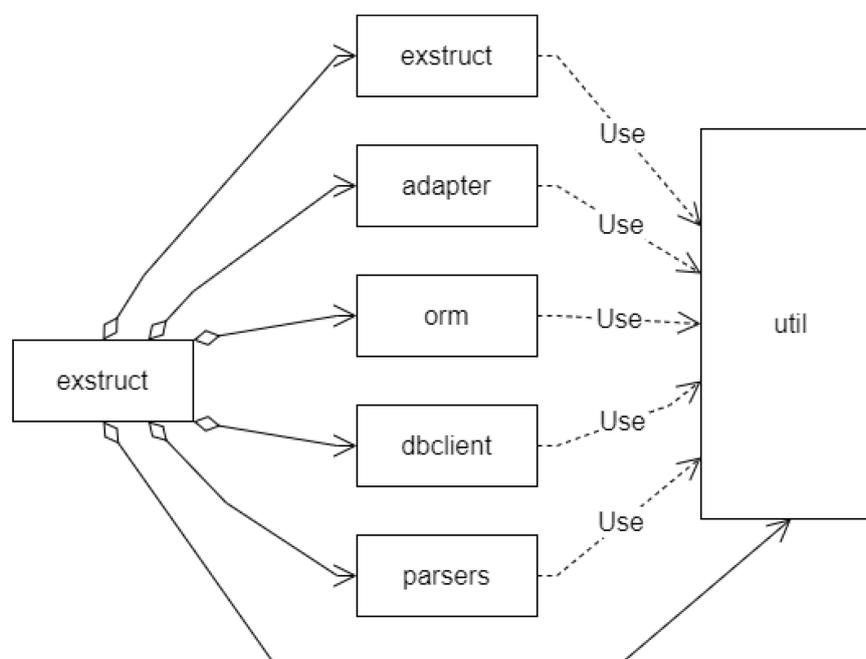


Рис. 5 – Структура разработанного программного модуля

Библиотека разбита на 6 подмодулей, отличающихся функционалом и назначением.

Подмодуль «adapter» предоставляет прототип класса для трансформации данных из внешней информационной системы в форму, позволяющую их программную обработку.

Подмодуль «dbclient» содержит прототип классов для взаимодействия с базами данных, а также классы для взаимодействия с базами данных, поддерживаемыми библиотекой SQLAlchemy, и документно-ориентированной СУБД MongoDB.

Данные классы предоставляют следующие возможности:

- выполнение запросов к базе данных;
- загрузка объектов объектно-реляционного отображения в базу данных;
- получение движка для взаимодействия с базой данных.

Подмодуль «exstruct» содержит прототип класса для построения модели данных используемой для предоставления данных во внешней информационной системе, а также готовые классы для построения модели данных на основе полу-структурированных документов (JSON и XML), описывающих их схем данных (JSON Schema и XSD) и табличных файлов с запятой-разделителем (CSV).

Данные классы предоставляют следующие возможности:

- создание модели данных на основе указанного файла;
- создание модели переданных данных;
- сохранение полученной модели данных в файл.

Подмодуль «extractor» содержит класс для извлечения из полученных из внешней информационной системы данных только указанные в модели данных данной системы.

Данный класс предоставляет следующие возможности:

- извлечение данных из файла, содержащего предварительно сериализованные данные внешней информационной системы;
- извлечение информации из переданных данных согласно модели данных.

Подмодуль «orm» содержит классы для работы данными как с объектно-реляционным отображением ORM (Object-Relational Mapping).

Данные классы предоставляют следующие возможности:

- автоматизированная генерация классов ORM на основе модели данных в виде отдельного подмодуля рабочего проекта;
- создание ORM объектов согласно созданным ORM классам;
- мемоизация созданных ORM объектов.

Подмодуль «parsers» содержит прототип класса для обращения к ресурсам для получения данных у внешних информационных систем, а также готовые классы для обращения к таким ресурсам, как API, FTP-сервера и веб-страницы.

Данные классы представляют следующие возможности:

- получение данных из API на основе переданных аргументов;
- получение данных из одного или нескольких каталогов FTP-сервера на основе маски названия файлов;
- получение данных с веб-страницы.

Эталонный сценарий использования разработанного программного модуля выглядит как:

1. Получить данные из источника;
2. Извлечь данные согласно схеме хранения в целевой базе данных;
3. Сгенерировать классы объектно-реляционного отображения ORM (Object-Relational Mapping) на основе схемы хранения;
4. Преобразовать извлеченные данные в экземпляры созданных ранее классов;
5. Сохранить полученные ORM-объекты в целевой базе данных.

В случае отсутствия схемы хранения на шаге 2, перед его выполнением можно воспользоваться средствами модуля для автоматизированного построения схемы хранения на основе структуры получаемых данных. Данную структуру можно затем редактировать для улучшения схемы хранения, которая будет использована в целевой базе данных.

В случае наличия классов в соответствии со схемой хранения, шаг 3 можно пропустить.

Заключение. В результате данной работы был создан набор инструментов, позволяющий облегчить и ускорить процесс интеграции информации из внешних информационных систем. Используемая в данном модуле модель описания данных создана согласно предложенным в работах [18-20] методу типизированных графовых моделей. Разработанная программная библиотека выложена в свободный доступ [21].

Список литературы

1. *Sheth A.P., Larson J.A.* Federated database systems for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases //ACM Computing Surveys (CSUR). – 1990. – Т. 22. – №. 3. – С. 183-236.
2. *Ёсу М.Т., Вальдурис П.* Принципы организации распределенных баз данных //М.: ДМК-пресс. – 2021.
3. *Bernstein P.A., Haas L.M.* Information integration in the enterprise //Communications of the ACM. – 2008. – Т. 51. – №. 9. – С. 72-79.
4. *Golshan B. et al.* Data integration: After the teenage years //Proceedings of the 36th ACM SIGMOD-SIGACT-SIGAI symposium on principles of database systems. – 2017. – С. 101-106.
5. *Haas L.* Beauty and the beast: The theory and practice of information integration //Database Theory–ICDT 2007: 11th International Conference, Barcelona, Spain, January 10-12, 2007. Proceedings 11. – Springer Berlin Heidelberg, 2006. – С. 28-43.
6. *Friedman M.T. et al.* Navigational plans for data integration //AAAI/IAAI. – 1999. – Т. 1999. – С. 67-73.
7. *Roman D. et al.* The linked data AppStore: A software-as-a-service platform prototype for data integration on the web //Mining Intelligence and Knowledge Exploration: Second International Conference, MIKE 2014, Cork, Ireland, December 10-12, 2014. Proceedings. – Springer International Publishing, 2014. – С. 382-396.
8. *Popa L. et al.* Translating web data //VLDB'02: Proceedings of the 28th International Conference on Very Large Databases. – Morgan Kaufmann, 2002. – С. 598-609.
9. *Langegger A.* Virtual data integration on the web: novel methods for accessing heterogeneous and distributed data with rich semantics //Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services. – 2008. – С. 559-562.
10. *Adamou A., d'Aquin M.* Relaxing global-as-view in mediated data integration from linked data //Proceedings of The International Workshop on Semantic Big Data. – 2020. – С. 1-6.

11. *Junghanns M. et al.* Gradoop: Scalable graph data management and analytics with hadoop //arXiv preprint arXiv:1506.00548. – 2015.
12. *Malewicz G. et al.* Pregel: a system for large-scale graph processing //Proceedings of the 2010 ACM SIGMOD International Conference on Management of data. – 2010. – С. 135-146.
13. *Melnik S., Garcia-Molina H., Rahm E.* Similarity flooding: A versatile graph matching algorithm and its application to schema matching //Proceedings 18th international conference on data engineering. – IEEE, 2002. – С. 117-128.
14. *Kricke M., Peukert E., Rahm E.* Graph data transformations in Gradoop //BTW 2019. – 2019.
15. *de Sousa V.M., Cura L.M.V.* Logical design of graph databases from an entity-relationship conceptual model //Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services. – 2018. – С. 183-189.
16. *Gelman I.A.* A Theory of Complementarity for Extracting Accurate Data from Inaccurate Sources through Integration //ICIQ. – 2005.
17. *Bertossi L., Bravo L.* Consistent query answers in virtual data integration systems //Inconsistency tolerance. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2005. – С. 42-83.
18. *Laux F.* The typed graph model //arXiv preprint arXiv:2110.00991. – 2021.
19. *Laux F., Crowe M.* Information Integration using the Typed Graph Model //arXiv preprint arXiv:2107.09592. – 2021.
20. *Crowe M., Laux F.* Graph Data Models and Relational Database Technology //arXiv preprint arXiv:2303.12376. – 2023.
21. exstruct // Github URL: <https://github.com/Deliowu/exstruct> (дата обращения: 20.06.2023).

2.3.1.

Е.Г. Царькова

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

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ СПЕЦТРАНСПОРТА УЧРЕЖДЕНИЙ И ОРГАНОВ УИС

В работе рассматривается модель управления техническим обслуживанием и ремонтами спецтранспорта ФСИН России. С использованием теории массового обслуживания построен граф состояний, получена описывающая динамику система дифференциальных уравнений. Предложена постановка задачи в форме задачи оптимального управления. Приведены результаты построения приближенного решения градиентным методом. Предложенная в работе модель может быть использована для построения автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР) в целях совершенствования материально-технического обеспечения ведомства.

Ключевые слова: надёжность, техническое обслуживание, система массового обслуживания, принцип максимума Понтрягина, метод проекции градиента, специальный транспорт уголовно-исполнительной системы.

Одним из важных факторов успешного выполнения ФСИН России возложенных на ведомство задач по обеспечению безопасности и правопорядка является исправность ведомственного специального транспорта. Потребность в поддержании высокого уровня надежности спецтранспорта за счет эффективного управления техническим обслуживанием и ремонтами техники в учреждениях УИС приводит к необходимости разработки методов, моделей, программного обеспечения, служащих выработке обоснованных управленческих решений в области управления ремонтными работами в территориальных органах и учреждениях ФСИН России [1, 2]. В статье рассматривается модель работы двух независимых ремонтных участков по обслуживанию и ремонту спецтранспорта с обеспечением возможности перенаправления заявок на ремонт с первого (основного) на второй (резервный), если первый участок занят. Для моделирования процесса ремонтов техники на рассматриваемых участках применена теория массового обслуживания (ТМО) [3]. Пусть на участки поступает поток заявок на ремонт (обслуживание) транспортного средства, который за счет диспетчеризации разделяется на два потока, соответствующих первому и второму ремонтным участкам (обслуживающим приборам). Применим для описания процесса работы рассматриваемой системы понятийный аппарат ТМО. Схема системы массового обслуживания (СМО) приведена на рис. 1.

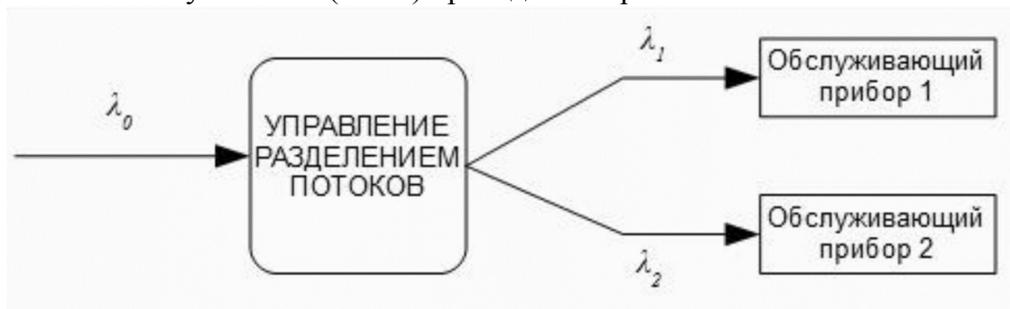


Рис. 1 – Структура СМО

Полагаем, что поток входящих заявок распределен по пуассоновскому закону и имеет интенсивность λ_0 . Рассматривая величины u_1, u_2 в качестве управляющих параметров распределения входящего потока, получаем соотношения:

$$\lambda_1 = u_1 \lambda_0, \lambda_2 = u_2 \lambda_0, u_1 + u_2 = 1, u_1 \geq 0, u_2 \geq 0. \quad (1)$$

Обозначим через μ_i интенсивность обслуживания заявок i -м прибором ($i=1,2$), при этом $\mu_i = \frac{1}{\tau_i}$. Здесь τ_i – среднее время выполнения ремонта на i -ом участке. Каждый из приборов обслуживания может находиться в состояниях: «занят» либо «свободен». Введем обозначения:

$P_{i,0}$ – вероятность нахождения i -го прибора в состоянии «свободен», $P_{i,1}$ – вероятность нахождения i -го прибора в состоянии «занят». Переходы между состояниями в каждом из приборов имеют интенсивности, равные, соответственно, λ_1, λ_2 . Граф состояний системы имеет вид, представленный на рис. 2.

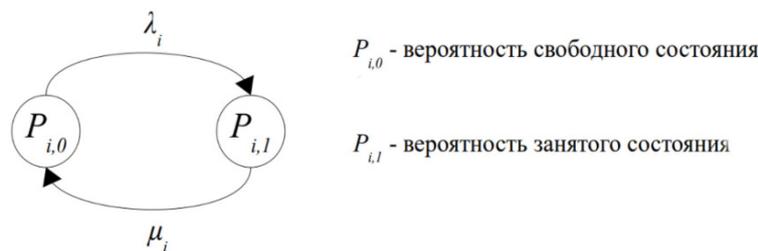


Рис. 2 – Граф состояний системы

Используя теорему Колмогорова для системы с непрерывным временем и дискретным набором состояний [3], приходим к следующей системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dP_{1,0}}{dt} &= -\lambda_1 P_{1,0} + \mu_1 P_{1,1}, & \frac{dP_{1,1}}{dt} &= \lambda_1 P_{1,0} - \mu_1 P_{1,1}, \\ \frac{dP_{2,0}}{dt} &= -\lambda_2 P_{2,0} + \mu_2 P_{2,1}, & \frac{dP_{2,1}}{dt} &= \lambda_2 P_{2,0} - \mu_2 P_{2,1}. \end{aligned} \quad (2)$$

В качестве критерия качества функционирования системы принимаем общее количество необслуженных заявок в двух приборах на заданном промежутке времени $[0, T]$, определяемое интегралом:

$$J = \int_0^T (\lambda_1 P_{1,1} + \lambda_2 P_{2,1}) dt. \quad (3)$$

Получаем задачу оптимального управления ремонтами спецтранспорта в следующей постановке. Требуется минимизировать функционал

$$J = \int_0^T (\lambda_1 P_{1,1} + \lambda_2 P_{2,1}) dt$$

при динамических ограничениях:

$$\begin{aligned} \frac{dP_{1,0}}{dt} &= -\lambda_1 P_{1,0} + \mu_1 P_{1,1}, & \frac{dP_{1,1}}{dt} &= \lambda_1 P_{1,0} - \mu_1 P_{1,1}, \\ \frac{dP_{2,0}}{dt} &= -\lambda_2 P_{2,0} + \mu_2 P_{2,1}, & \frac{dP_{2,1}}{dt} &= \lambda_2 P_{2,0} - \mu_2 P_{2,1}, \end{aligned}$$

начальных условиях:

$$P_{i,0}(0) = 1, P_{i,1}(0) = 0, i = 1, 2,$$

ограничения на управления:

$$0 \leq u_i \leq 1, i = 1, 2, u_1 + u_2 = 1.$$

Для решения полученной задачи могут быть применены аналитические и численные методы. Рассмотрим необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума

Понтрягина. Введем в рассмотрение сопряженные функции $p_j, j = \overline{1,4}$. Тогда функция Понтрягина для рассматриваемой задачи запишется в виде:

$$H = (-\lambda_0 P_{1,1} - \lambda_0 P_{1,0} p_1 + \lambda_0 P_{1,0} p_2) u_1 + (-\lambda_0 P_{2,1} - \lambda_0 P_{2,0} p_3 + \lambda_0 P_{2,0} p_4) u_2 + \frac{1}{\tau_1} (P_{1,1} p_1 - P_{1,1} p_2) + \frac{1}{\tau_2} (P_{2,1} p_3 - P_{2,1} p_4).$$

Сопряженная система имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{p}_1 &= -\frac{\partial H}{\partial P_{1,0}} = \lambda_1 p_1 - \lambda_1 p_2, & \dot{p}_2 &= -\frac{\partial H}{\partial P_{1,1}} = \lambda_1 - \mu_1 p_1 + \mu_1 p_2, \\ \dot{p}_3 &= -\frac{\partial H}{\partial P_{2,0}} = \lambda_2 p_3 - \lambda_2 p_4, & \dot{p}_4 &= -\frac{\partial H}{\partial P_{2,1}} = \lambda_2 - \mu_2 p_3 + \mu_2 p_4. \end{aligned} \tag{4}$$

Согласно принципу максимума Понтрягина [4] оптимальное управление удовлетворяет условию максимума:

$$H(t, \overline{P}, \overline{p}, \overline{u}) = \max_{u \in U} H(t, \overline{P}, \overline{p}, u).$$

С учетом вида функции Понтрягина получаем следующую структуру оптимального управления:

$$\begin{aligned} \overline{u}_1 &= 1, \overline{u}_2 = 0, & \text{если } -\lambda_0 P_{1,1} - \lambda_0 P_{1,0} p_1 + \lambda_0 P_{1,0} p_2 < -\lambda_0 P_{2,1} - \lambda_0 P_{2,0} p_3 + \lambda_0 P_{2,0} p_4, \\ \overline{u}_1 &= 0, \overline{u}_2 = 1, & \text{если } -\lambda_0 P_{1,1} - \lambda_0 P_{1,0} p_1 + \lambda_0 P_{1,0} p_2 \geq -\lambda_0 P_{2,1} - \lambda_0 P_{2,0} p_3 + \lambda_0 P_{2,0} p_4. \end{aligned}$$

Для построения численного приближенного решения применен метод проекции градиента. Разработан вычислительный алгоритм, реализованный в программном средстве в IDE Lazarus. Графики управлений и функций распределения потока заявок приведены на рис. 3, 4.

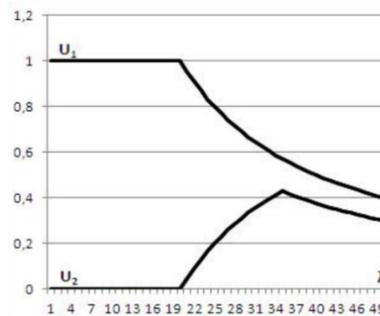


Рис. 3 – Графики управлений $\overline{u}_1(t), \overline{u}_2(t)$

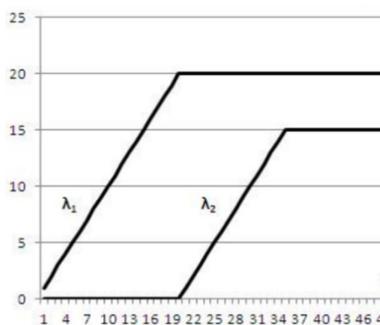


Рис. 4 – Графики распределений потоков λ_1, λ_2

Рассмотренная в работе динамическая модель управления ремонтами спецтранспорта, алгоритм построения численного решения могут быть использованы при создании АСПР специального назначения, применимых в деятельности органов УИС по управлению техническим обслуживанием и ремонтами спецтранспорта, а также при расчете необходимого количества ремонтных участков и оптимизации их работы в целях совершенствования материально-технического обеспечения учреждений и органов пенитенциарного ведомства [5].

Список литературы

1. *Омельченко В.В.* Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // *Правовая информатика*, 2019, № 1. С. 4-17.
2. *Сумин В.И., Чураков Д.Ю., Царькова Е.Г.* Разработка моделей и алгоритмов информационных структур и процессов объектов особой важности // *Промышленные АСУ и контроллеры*, 2019, № 4. С. 30-39.
3. *Душкин А.В., Цветков В.В.* Вопросы моделирования состояний инженерно-технических средств охраны и надзора // *Вестник Воронежского института ФСИН России*, 2014, №3, с. 28-31.
4. *Царькова Е.Г.* Методы автоматизированного построения решения задачи оптимального управления ресурсом при обеспечении безопасности объектов // *Научно-технический вестник Поволжья*, 2022, № 3. С. 67-69.
5. *Dushkin A.V., Kasatkina T.I., Novoseltsev V.I., Ivanov S.V.* An improved method for predicting the evolution of the characteristic parameters of an information system. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018;973(1):012031.

2.3.1.

Е.С. Шичавин, А.А. Ашрятов д-р техн. наук

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
кафедра «Источников света»,
shichavin2012@yandex.ru, ashryatov@rambler.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Данная статья освещает современное состояние и перспективы развития автоматизированных систем управления уличным освещением. Статья описывает основные принципы работы автоматизированных систем управления, такие как использование датчиков движения, датчиков освещенности и технологии связи для оптимизации работы уличного освещения. В статье анализируется современное состояние автоматизированных систем управления уличным освещением: преимущества и недостатки, проблемы, с которыми сталкиваются производители и операторы таких систем. Так же в статье рассматриваются перспективы развития автоматизированных систем управления уличным освещением.

Ключевые слова: *уличное освещение, безопасность, датчики, управление, энергосбережение, эффективность.*

Введение

Современный город, активно развивающийся и населенный миллионами людей, невозможно представить без уличного освещения. Качественное и эффективное освещение улиц является одним из основных факторов, обеспечивающих безопасность, комфорт и привлекательность городской среды как для жителей, так и для посетителей. В настоящее время автоматизированные системы управления уличным освещением становятся все более популярными и востребованными. Они играют важную роль в обеспечении безопасности и комфорта горожан, а также энергоэффективности освещения на улицах. В данной статье мы рассмотрим современное состояние автоматизированных систем управления уличным освещением, исследуем их основные характеристики и функциональные возможности. Также будут рассмотрены перспективы развития таких систем, включая новейшие технологии и тенденции, которые могут повлиять на будущее уличного освещения. Погружаясь в эту тему, мы сможем более глубоко понять, как автоматизированные системы управления уличным освещением могут улучшить нашу жизнь и сделать нашу городскую среду более умной и устойчивой.

Анализ современного состояния автоматизированных систем управления уличным освещением

Автоматизированные системы управления уличным освещением работают на основе принципа действия датчиков и контроллеров, которые связаны с физическими светильниками.

Основные компоненты такой системы включают в себя:

1. Датчики движения: они обнаруживают наличие людей или транспорта на улице. Когда датчик движения регистрирует активность, он отправляет сигнал контроллеру системы [1].
2. Датчики освещенности: они измеряют уровень освещенности вокруг светильников. Если уровень освещенности ниже предварительно установленного порога, то датчик освещенности передаст информацию контроллеру системы [2].
3. Контроллеры: они представляют собой центральный элемент системы. Контроллеры принимают информацию от датчиков и на основе программного обеспечения принимают решение о включении или выключении освещения [3].

4. Светильники: они физически осуществляют освещение улиц и управляются контроллерами. При получении сигнала от контроллера, светильники включаются или выключаются. В случае использования современных систем управления, также может регулироваться световой поток путем диммирования [4].

Принцип работы автоматизированных систем управления уличным освещением основан на интеллектуальных алгоритмах, которые позволяют оптимизировать эффективность освещения и энергопотребление. Например, при отсутствии движения на улице в течение определенного времени, система может автоматически выключить светильники, чтобы экономить энергию. Когда датчики движения обнаруживают активность, система может автоматически включить только те светильники, которые наиболее необходимы в данном месте [5].

Одной из главных особенностей автоматизированной системы управления уличным освещением является возможность точно контролировать расход электроэнергии. При использовании традиционных методов управления, уличное освещение может быть включено на определенное время, независимо от того, нужно ли это в данный момент. Автоматизированные системы оснащены датчиками, которые могут контролировать окружающие условия, такие как уровень освещенности и интенсивность движения, и включать освещение только при необходимости. Это позволяет существенно снизить энергопотребление и соответственно сократить затраты [6, 7].

Еще одним преимуществом автоматизированных систем управления уличным освещением является возможность мониторинга и диагностики. Системы имеют функцию передачи информации о состоянии осветительных приборов и их работоспособности на центральный сервер. Таким образом, можно оперативно определить и устранить возникающие неисправности, минимизировав время и затраты на обслуживание. Кроме того, системы автоматически фиксируют сбои в работе освещения, что повышает безопасность горожан и облегчает задачи обслуживающего персонала [8].

Однако, текущее состояние автоматизированных систем управления уличным освещением - лишь начало.

Перспективы развития автоматизированных систем управления уличным освещением обещают быть еще более инновационными и эффективными. Существует огромный потенциал для их развития и совершенствования. Новые технологии, такие как беспроводное управление, использование искусственного интеллекта и сетей Интернет вещей (IoT), могут значительно расширить возможности этих систем [9].

В будущем, автоматизированные системы управления уличным освещением могут стать важной составляющей умного города. Их интеграция с другими умными системами, такими как системы безопасности, транспорта и управления трафиком, позволит создать единое управление всей городской инфраструктурой. Благодаря взаимодействию всех компонентов, городская среда будет более безопасной, экологически чистой и комфортной для жителей [3].

Однако, помимо возможностей, существуют и вызовы, которые необходимо преодолеть. Расширение сетей связи, обеспечение высокой степени надежности и безопасности передачи данных, а также интеграция различных систем — все это требует серьезных усилий и инвестиций. Однако, преимущества автоматизированных систем управления уличным освещением значительно превосходят потенциальные сложности.

Заключение

В заключение, автоматизированные системы управления уличным освещением представляют собой современную и перспективную технологию, способную сделать городскую среду более эффективной, безопасной и комфортной. С использованием передовых технологий, таких как датчики движения и освещенности, эти системы способны снизить энергопотребление и повысить эффективность освещения на улицах. Более того, возможности развития этих систем не ограничиваются текущими достижениями, а открывают новые горизонты для создания умных городов будущего.

Список литературы

1. "PIR Motion Sensor" in Adafruit Industries New York, 2016. URL: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Алистратов Р.А. Анализ существующих автоматизированных систем управления наружным освещением // Молодой ученый. — 2020. — № 24 (314). — С. 83-84. — URL: <https://moluch.ru/archive/314/71717/> (дата обращения: 19.04.2023).
3. *Ansis Avotiņš*. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SMART LED LIGHTING SYSTEM. Riga, 2022 — URL: <https://ebooks.rtu.lv/product/research-and-development-of-smart-led-lighting-system-doctoral-thesis/?lang=en> (дата обращения: 10.05.2023).
4. *Jayesh Patil, Sumit Tayade, Manjusha Pattadkal, Neelambari Nawale, Prof. Harsha Bhute*. «SMART STREET LIGHT CONTROL SYSTEM» INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED COMPUTING AND ELECTRONICS TECHNOLOGY (IJACET) pp.14-18 Vol.4, 2017.
5. *T. Santhi Sri, Rajesh Varma, V VS. Hari Krishna, K. Varun Chowdary*. «Automated Street Lighting System». International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). pp. Vol.8, 2019.
6. *Gul Shahzad, Heekwon Yang, Arbab Waheed Ahmad and Chankil Lee*, "Energy-Efficient Intelligent Street Lighting System using Traffic-Adaptive Control", IEEE Sensors Journal, vol. 16, no. 13, July 2016.
7. *Liuyi Ling, Xiaoliang Wu, Mengyuan Liu, Zhiqiang Zhu, Yan Li and Benben Shang*, "Hybrid LED Street Lighting System", Advanced Information Management Communicates Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), 3-5 Oct. 2016.
8. *Islam T., Sanjida Mazid Trisha, Tanjilur Rahman Abid, Md. Hasibul Hassan Siam*, AUTOMATED STREET LIGHT CONTROL SYSTEM WITH SERVER CONTROL. Brac University, 2021— URL: <https://clck.ru/34RWax> (дата обращения: 16.06.2023).
9. *Jeffrey Reinker* Energy efficient streetlight conversion: integrating LEDS and intelligent transportation systems. Rhode Island, 2019 — URL: <https://digitalcommons.uri.edu/theses/1470/> (дата обращения: 10.04.2023).

2.3.1.

М.С. Шишканов, А.А. Ашрятов д-р техн. наук

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
кафедра «Источников света»,
shishkanov.ms@gmail.com, ashryatov@rambler.ru,

ПРОБЛЕМАТИКА ОСВЕЩЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК

Данная статья рассматривает проблему отсутствия норм освещения для открытых спортивных площадок в действующей нормативной документации. Отсутствие требуемых норм освещения влечет за собой их несоблюдение, и как следствие приводит к снижению уровня комфорта и безопасности во время нахождения на данных объектах в темное время суток.

Ключевые слова: *анализ, нормы, освещение, площадка, спорт.*

Введение

На данный момент в России активно осуществляется государственная поддержка физической культуры и спорта. Один из главных факторов, влияющих на развитие спорта – это наличие достаточного количества спортивных объектов, сооружений и инвентаря для населения. Однако важно, чтобы эти объекты были доступными для использования с максимальной эффективностью и безопасностью. [1]

В связи с увеличением вовлеченности населения занятием спорта, растет число спортивных сооружений, согласно данным конференции на тему «Современные тенденции в строительстве уникальных спортивных сооружений» [2], только по итогам 2021 года в стране появилось более 150 спортивных объектов. Также участники конференции акцентировали внимание на том, что необходимо повышать качество разрабатываемой проектной документации для подобных сооружений.

Открытые спортивные площадки в настоящее время приобрели высокую популярность среди разных возрастных групп населения, как альтернатива спортивному залу.

Еще 10 лет назад на спортивных площадках в основном был статичный спортивный инвентарь для гимнастики (брусья, турники, различного вида скамьи и т.д.). В последние годы им на смену все чаще приходят современные тренажеры с различными подвижными элементами, при неправильном использовании которых увеличился риск получения травм, что говорит о повышении уровня опасности на спортивной площадке.

Достижения достаточного уровня освещения – ключ к повышению уровня комфорта и безопасности. Правильным уровнем освещения можно снизить уровень травмоопасности, так как будет улучшен обзор и видимость объектов. Достаточная освещенность позволит изучить инструкцию по эксплуатации, которая зачастую располагается на корпусе тренажера. А также при использовании современного светодиодного оборудования с низким коэффициентом пульсации, для модернизации существующих объектов, можно будет исключить возможность появления стробоскопического эффекта.

Кроме того, следует учитывать тот факт, что для каких-то объектов требуется больший уровень освещенности, а какие-то могут обойтись меньшей долей, например, более простые установки. Данный вопрос также требует изучения, так как может непосредственно повлиять на правила проектирования освещения данных объектов.

Анализ документации

Объектом исследования данной статьи является уличная спортивная площадка с установленными на ней тренажерами и прочим спортивным инвентарем. Данный вид объекта не указан ни в одном из действующих нормативных документов, регламентирующих

уровень освещенности для спортивных объектов. По этой причине на практике в качестве показателя освещенности на тренажёрной площадке используют показатель для детских площадок, что в корне не верно, так как данные объекты включают в себя разное оборудование. На тренажёрной площадке располагаются различные виды тренажеров с большим количеством подвижных механизмов, их более сложная конструкция требует повышенного уровня освещенности, чем детская площадка с простыми объектами (песочницей, горками, качелями).

В настоящее время нормы освещенности открытых, пешеходных пространств, а также спортивных объектов указаны в следующих нормативных документах: СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" ГОСТ Р 55706—2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы»; СП 440.1325800.2018 «Спортивные сооружения Проектирование естественного и искусственного освещения».

Рассмотрим данные документы по порядку.

СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" введен 8 мая 2017 года [3]. Свод правил устанавливает нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, а также нормы искусственного освещения селитебных территорий, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий.

В данном своде правил имеется пункт 7.5.4 Освещение пешеходных пространств, в котором представлена таблица 7.21 – Классификация и нормируемые показатели для пешеходных пространств. Данная таблица приложена на рисунке 1.

Исходя из данных представленных на рисунке 1, следует, что ни один из представленных классов не включает в себя рассматриваемый объект. В связи с чем при выборе норм освещения тренажёрных площадок за основу используют нормируемые показатели для «детских площадок и мест отдыха во дворах» из класса П2, как наиболее схожих объектов.

Класс объекта по освещению	Освещаемые объекты	Нормируемые показатели	
		$E_{ср}$, лк, не менее	E_0 , не менее
П1	Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов	20,0	0,30
П2	Главные пешеходные улицы исторической части города и основных общественных центров административных округов, непроезжие и предзаводские площади, посадочные площадки общественного транспорта, детские площадки и места отдыха во дворах	10,0	0,30
П3	Пешеходные улицы; главные и вспомогательные входы парков, санаториев, выставок и стадионов	6,0	0,20
П4	Тротуары, отделенные от проезжей части дорог и улиц; основные проезды микрорайонов, подъезды, подходы и центральные аллеи детских, учебных и лечебно-оздоровительных учреждений	4,0	0,20
П5	Второстепенные проезды, дворы и хозяйственные площадки на территориях микрорайонов, боковые аллеи и вспомогательные входы общегородских парков и центральные аллеи парков административных округов	2,0	0,10
П6	Боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов	1,0	0,10

Рис. 1 – Классификация и нормируемые показатели для пешеходных пространств

ГОСТ Р 55706—2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы» введен 1 июля 2014 года [4]. Настоящий стандарт распространяется на утилитарное наружное освещение и устанавливает классификацию и нормы освещения объектов улично-дорожной сети в пределах территорий городских и сельских населенных пунктов. В пункте 4.2 «Классы по освещению пешеходных пространств» представлена таблица распределения пешеходных пространств по классам освещения. Ниже в данном ГОСТе в пункте 5.2.1 «Нормы освещения пешеходных пространств в зависимости от класса объекта по освещению» указаны нормы освещения для классов из пункта 4.2. Данные из этих пунктов указаны на рисунках 2, 3 соответственно.

Класс объекта по освещению	Характеристика объекта
П1	Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов
П2	Главные пешеходные улицы исторической части города и основных общественных центров административных округов, непроезжие и предзаводские площади, площадки посадочные, детские и отдыха
П3	Пешеходные улицы; главные и вспомогательные входы городских парков, санаториев, выставок и стадионов
П4	Тротуары, отделенные от проезжей части дорог и улиц; основные проезды микрорайонов, подъезды, подходы и центральные аллеи детских, учебных и лечебно-оздоровительных учреждений
П5	Второстепенные проезды и проходы на территориях микрорайонов, хозяйственные площадки на территориях микрорайонов, боковые аллеи и вспомогательные входы общегородских парков, центральные аллеи парков административных округов
П6	Боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов

Рис. 2 – Классы по освещению пешеходных пространств

Класс объекта по освещению	\bar{E}_h , лк, не менее	U_h , не менее
П1	20	0,3
П2	10	0,3
П3	6	0,2
П4	4	0,2
П5	2	0,1
П6	1	0,1

Рис. 3 – Нормы освещения пешеходных пространств в зависимости от класса объекта по освещению

Из представленных рисунков видно, что данные нормируемые показатели идентичны тем, что были указаны в СП 52.13330.2016 и также не содержат необходимого определения.

СП 440.1325800.2018 «Спортивные сооружения Проектирование естественного и искусственного освещения» [5]. Свод правил устанавливает правила проектирования естественного и искусственного освещения спортивных сооружений.

В данном своде правил содержатся нормы освещенности и равномерности крытых и открытых спортивных объектов для различных видов спорта в зависимости от их категории.

В случае тренажерной площадки следует рассматривать нормы для открытых объектов, представленных в пункте 5.13 «Нормативные показатели искусственного освещения открытых спортивных сооружений», в таблице 5.4. Анализируя данные таблицы, было выявлено, что в ней не содержится упоминания о таком виде объекта как тренажерная площадка.

Заключение

В данной статье были рассмотрены действующие документы в области нормирования показателей освещенности открытых пространств и спортивных объектов, выявлены актуальные проблемы в сфере освещения открытых спортивных площадок. Нормативная документация, посвященная нормам освещения спортивных объектов, не обновлялась с 2018 года и имеет пробел в виде отсутствие пункта с нормативными параметрами для открытых спортивных площадок с тренажерами, а также возможного разделения по уровню освещенности в зависимости от установленного на ней вида спортивного инвентаря.

Список литературы

1. Вертушкина Е.В., Кормилицын Ю.В. К вопросу о государственном финансировании спорта // В сборнике XIII Державинские чтения в республике Мордовия. 2017. С.271-273.
2. Современные тенденции в строительстве уникальных спортивных сооружений. URL: <https://anton-moroz.ru/news/fkhtr/sovremennye-tendentsii-v-stroitelstve-unikalnykh-sportivnykh-sooruzheniy-obsudili-na-konferentsii-v/> (дата обращения 02.07.2023).
3. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Термины и определения. – Введ. 08.05.2017. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 "Строительство": Изд-во стандартов, 1996. – III, 135 с.
4. ГОСТ Р 55706—2013. Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы. Введ. 01.07.2014. - Техническим комитетом по стандартизации ТК 332 «Светотехнические изделия»: Изд-во стандартов, 1996. – III, 12 с.
5. СП 440.1325800.2018. Спортивные сооружения Проектирование естественного и искусственного освещения. Термины и определения. – Введ. 19.12.2018. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 "Строительство": Изд-во стандартов, 1996. – III, 57 с.

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

2.3.3.

Н.В. Андриевская, М.Е. Санникова, С.А. Сторожев

Пермский национальный исследовательский университет,
Электротехнический факультет,
кафедра Микропроцессорных средств автоматизации,
кафедра Автоматик и телемеханики,
Пермь, nataly-anv@mail.ru

МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

В статье рассмотрен алгоритм синтеза нечеткого регулятора. Предложена методика настройки функций принадлежности в зависимости от желаемых показателей качества. Приведены результаты исследований

Ключевые слова: нечеткий регулятор, функция принадлежности, система вывода, показатели качества, параметры, настройка нечеткого регулятора.

На сегодняшний момент нечеткая логика широко применяется в системах автоматического управления [1, 2, 3]. Но в большинстве случаев авторы опускают моменты, связанные с настройкой нечеткого регулятора, переходя сразу к полученным результатам, что вызывает множество вопросов. Таким образом, настройка происходит путем подбора и многократного моделирования. В связи с этим принято решение разработать рекомендации к настройке нечеткого регулятора.

Структурная схема системы с нечетким регулятором представлена в соответствии с рисунком 1. [3, 4]

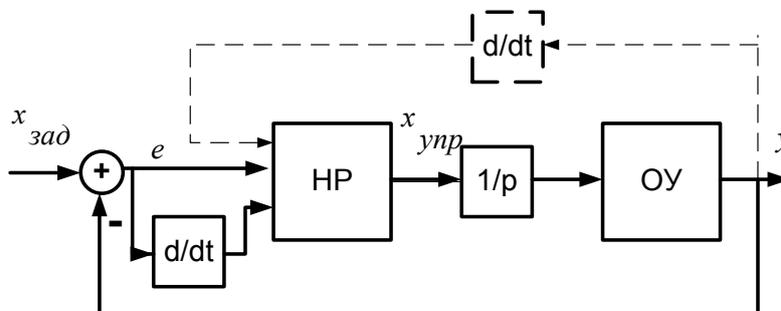


Рис 1 – Схема системы управления с нечетким регулятором

В данной статье рассматривается настройка параметров нечеткого регулятора в зависимости от желаемых показателей качества управления, а именно: $t_{ППЖ}$ - желаемого времени переходного процесса; $\sigma\%_{Ж}$ - желаемая величина перерегулирования; $e(\infty)$ - статическая ошибка.

Астатизм системы достигается за счет введения интегратора $\frac{1}{p}$ после нечеткого регулятора (НР) (рис. 1). Стоит отметить, что если объект управления носит астатический характер, то интегратор можно не вводить.

При настройке нечеткого регулятора необходимо решить следующие задачи:

- выбор входных переменных нечеткого регулятора;
- выбор количества терм-множеств входного сигнала;

- выбор количества терм-множеств выходного – управляющего воздействия регулятора:
- определения вида и параметров функций принадлежности входных и выходного сигналов нечеткого регулятора.

Выбор входных переменных нечеткого регулятора

Входами нечеткого регулятора обычно выбирают отклонение управляемой величины от задающего воздействия (ошибка управления) $e = x_{зад} - y$ и скорость изменения ошибки [3, 4]. Однако на практике лучше использовать не $\frac{de}{dt}$, а скорость изменения управляемого

сигнала скорость $\frac{dy}{dt}$ (на рис. 1 данная переменная представлена пунктирной линией). Такой выбор обусловлен наглядностью, так как удобнее рассматривать, как быстро изменяется управляемая величина, и настраивать функции принадлежности данной переменной.

Выбор количества терм-множеств входных сигналов нечеткого регулятора

Каждому входному сигналу ставятся в соответствие лингвистические переменные с определенным количеством терм-множеств. Для входных переменных рекомендуется выбирать не менее 5-ти терм-множеств на ошибку и не менее 3-х терм-множеств на скорость изменения управляемого сигнала.

Выбор количества терм-множеств выхода нечеткого регулятора

Для обеспечения эффективного управления для управляющего сигнала необходимо выбирать не менее 5-ти терм множеств.

Терм-множества принято обозначать следующим образом: NL – «отрицательное большое»; NM – «отрицательное среднее»; Z – «нулевое»; PM – «положительное среднее»; PN – «положительное большое» [3, 4].

Определение вида и параметров функций принадлежности входных сигналов нечеткого регулятора.

Функции принадлежности выбираются треугольные для «внутренних» термов, z-образная и s-образная для «граничных» термов.

Настройка регулятора начинается с определения диапазонов входных сигналов. Для 3-х терм функции принадлежности имеют вид (рис. 2)

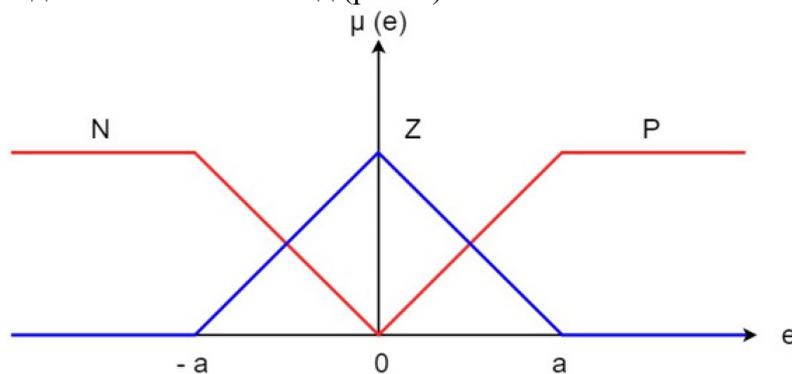


Рис. 2 – Графики функций принадлежности ошибки управления

Настройка диапазонов означает выбор значения a . Численное значение данного параметра определяется из допустимой зоны управляемого сигнала (5-15%), а точнее диапазон $[0.95(0.85) y(\infty); 1.05(1.15) y(\infty)]$. Изменение данной зоны осуществляется, исходя из желаемых динамических показателей качества ($t_{ППЖ}$, $\sigma\%_{ж}$). При настройке диапазона $[-a, a]$ управляемый сигнал отслеживается соответствие переходного процесса желаемому. Следует иметь в виду, что увеличение параметра a приводит к увеличению времени переходного процесса, но уменьшению перерегулирования.

Если качество управления не достигает заданных показателей, то можно увеличить количество термов до 5-ти термов, при этом диапазон функции принадлежности будут определяться следующим образом: NL («отрицательное большое») (изменяющаяся часть

функции принадлежности) - $[-a; -a/2]$; NM («отрицательное среднее») - $[-a; 0]$; Z («нулевое») - $[-a/2; a/2]$; PM («положительное среднее») - $[0; a]$; PN («положительное большое») (изменяющаяся часть функции принадлежности) - $[a/2; a]$

Определение вида и параметров функций принадлежности выходного сигнала нечеткого регулятора.

Для определения выходного сигнала нечеткого регулятора, или управляющего воздействия, регулирующего воздействия используются пять терм-множеств треугольной формы. Графики функций принадлежности представлены на рис. 3.

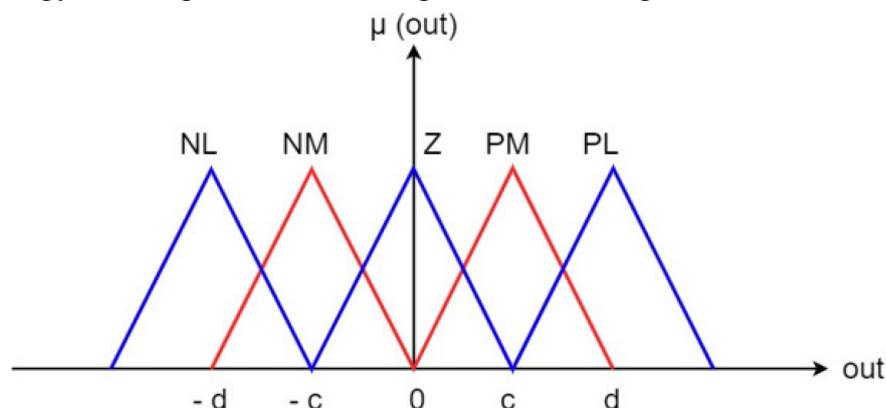


Рис. 3 – Графики функций принадлежности управляющего воздействия

Параметры c и $-c$ являются воздействиями равными по величине PM и NM, то есть «положительно средний» и «отрицательно средний». Данные параметры отвечают за изменение параметра внутри зоны с желаемой установившейся ошибкой. Параметры d и $-d$ отвечают за воздействия вне желаемой зоны и могут быть достаточно большие по величине. Как правило, они должны быть больше параметров c и $-c$ в 2-4 раза (рис. 4). Следует отметить, что на графике представлен «идеальный» переходный процесс управляющего воздействия, который может быть задан теоретически или «отредактировать» (изменить по желаемым показателям качества) управляющий сигнал, полученный другим методом синтеза, например, с использованием типовых регуляторов.

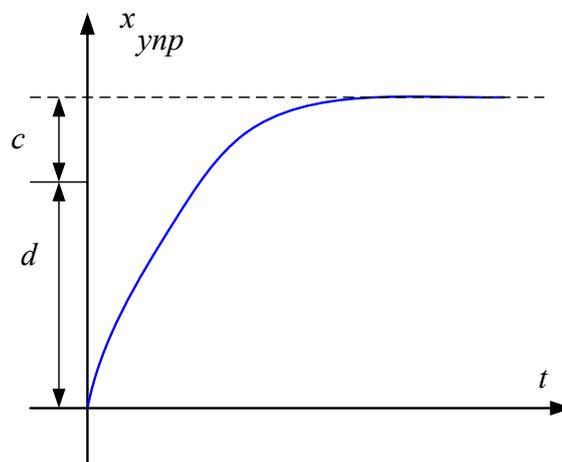


Рис. 4 – График идеального управляющего воздействия

При недостаточном быстродействии системы можно значительно увеличить параметры d и $-d$, а при возникновении колебаний расширить желаемую зону установившейся ошибки, увеличивая параметры a и $-a$.

База правил строится стандартно. В качестве процедуры дефаззификации метод средневзвешенного [3, 4].

Данная методика апробирована на нестационарных объектах: двигатель постоянного тока, элемент Пельтье, аппарат воздушного охлаждения [5, 6]. На рис. 5. представлены результаты моделирования системы управления двигателем постоянного тока методом подчиненного

регулирования (1) и на основе нечеткого регулятора, построенного по вышеприведенной методике (2).

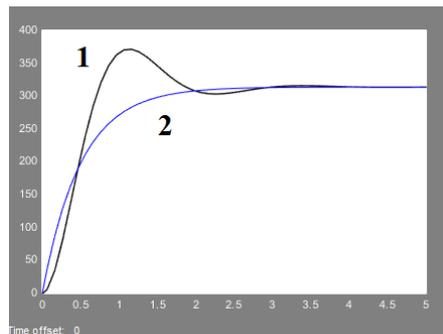


Рис. 5 – Графики переходных процессов систем управления двигателем постоянного тока

Список литературы

1. Богачев И.С., Коломыцев В.Г. Методика настройки нечёткого регулятора с нелинейной характеристикой Р-типа средствами Matlab. Современные наукоемкие технологии. - 2020. - № 11, ч. 1. - С. 9-14.
2. Кузнецов А.В., Макарьянц Г.М. Синтез нечёткого регулятора при помощи пакета прикладных программ системы Matlab: учебное пособие/ Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2016. – 59 с.
3. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления: учеб. пособие. - Киев: Радиомотор, 2008. - 973 с.
4. Хижняков Ю.Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление: учеб. пособие– Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 303 с.
5. Самойлова Н.Д., Андриевская Н.В. Современные методы управления двигателем постоянного тока. В сборнике Автоматизированные системы управления и информационные технологии, Материалы всероссийской научно-технической конференции, 2019. С. 269-275
6. Андриевская Н.В., Андриевский О.А. Исследование методов синтеза системы управления температурой в аппарате воздушного охлаждения газа. Научно-технический вестник Поволжья. - 2021. - № 1. - С. 42-45.

2.3.3.

Н.В. Андриевская, Д.А. Соколов, С.А. Сторожев

Пермский национальный исследовательский университет
 Электротехнический факультет,
 кафедра Микропроцессорных средств автоматизации,
 кафедра Автоматик и телемеханики,
 Пермь, nataly-anv@mail.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОМ ПЕЛЬТЬЕ

В статье представлена постановка задачи синтеза системы автоматического управления элементом Пельтье. Рассмотрена математическая модель элемента Пельтье. Разработан алгоритм нечеткого управления. Приведены результаты исследований

Ключевые слова: элемент Пельтье, математическая модель, система автоматического управления, аппроксимация нелинейных зависимостей, нечеткий регулятор.

Современные промышленные системы охлаждения используют в своем составе элемент Пельтье, который является термоэлектрическим преобразователем, работающий по принципу Пельтье: образования. В данной статье рассмотрен элемент Пельтье, встроенный в лазерный диодный модуль посредством блока управления цифрового усилителя спонтанной эмиссии, который широко применяется в волоконно-оптических линиях передачи. Точность измерения сигналов зависит от быстродействия работы элемента Пельтье. Поэтому синтез систем автоматического управления элементом Пельтье является актуальной задачей.

Математическая модель элемента Пельтье имеет вид [1]:

$$\frac{dT_1}{dt} = \frac{1}{C_1} \left(\alpha IT_1 + 0.5I^2 R_{II} + \gamma (T_2 - T_1) + P_n + k_1 (T_{oc} - T_1) \right) \quad (1)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = -\frac{\alpha IT_2}{C_2} + \frac{1}{C_1} \left(0.5I^2 R_{II} - \gamma (T_2 - T_1) + k_2 (T_{oc} - T_2) \right) \quad (2)$$

где T_1 , T_2 – температуры внутренней и внешней части термостата; T_{oc} – температура окружающей среды; I – сила тока, протекающего через элемент Пельтье; P_n – мощность тепловой нагрузки термостата; R_{II} – электрическое сопротивление элемента Пельтье; γ – термическая проводимость элемента Пельтье; k_1 , k_2 – параметры теплообмена внутренней и внешней части термостата с окружающей средой; α – коэффициент Зеебека; C_1 , C_2 – теплоемкости внутренней и внешней частей термостата.

Входным сигналом в модели является ток I . От направления тока зависит будет происходить нагревание внутренней части термостата или охлаждение. Положительное значение тока означает нагревание внутренней стороны, отрицательное – охлаждение.

Очевидно, что теоретическая математическая модель является сложной, параметры модели непостоянными, поэтому для описания элемента Пельтье удобнее применить более простой вид модели, полученный по результатам эксперимента [2]. Для построения идентификационной модели были использованы результаты эксперимента, полученных на производстве лазерного диодного модуля, в котором используется элемент Пельтье [3].

Эксперимент был проведен следующим образом, были выбраны пять температурных диапазонов: от 0 до 10°C; от 10 до 20°C; от 20 до 30°C; от 30 до 40°C; от 40 до 50°C. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.

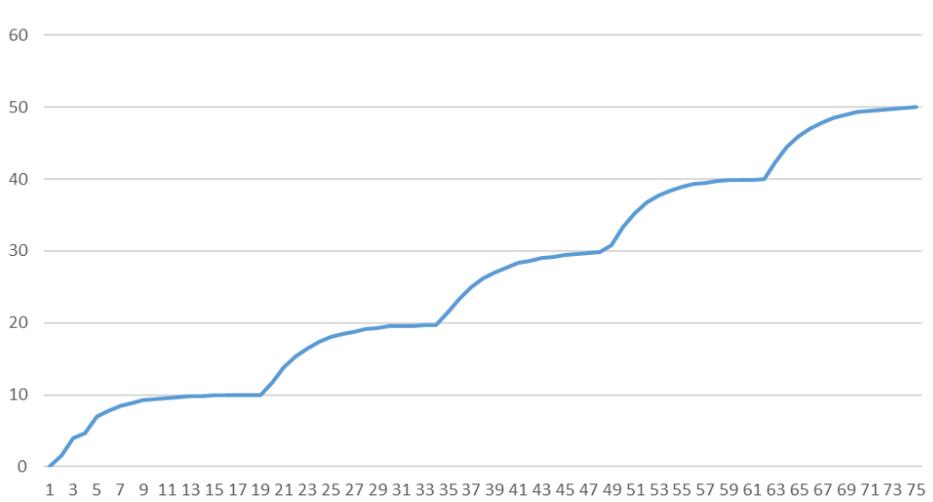


Рис. 1 – График переходного процесса по результатам эксперимента

По виду переходного процесса можно определить, что в качестве модели может быть выбрана передаточная функция апериодического звена первого порядка $W(p) = \frac{K}{Tp+1}$.

Очевидно, что параметры модели (коэффициент усиления K и постоянная времени T) являются непостоянными и зависят от величины подаваемого тока. Зависимость параметров модели приведена в таблице 1.

Таблица – Зависимость параметров модели от величины тока

I, A	-149	-139	-115	-50	100	142
K	-0.33557	-0.28777	-0.26087	-0.40000	0.10000	0.00000
T	3.00	3.00	4.00	3.67	3.33	3.33

Анализ зависимостей (табл. 1) показал, что при смене знака тока функциональная зависимость коэффициента усиления претерпевает разрыв, при этом значение тока, равное 0, в технологическом процессе никогда не достигается. Для игнорирования точки разрыва к экспериментальным данным применено нормирование по формуле:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \tag{3}$$

Нормализованные данные аппроксимированы с помощью кубических сплайнов [4]. Схема модели элемента Пельтье, реализованной в Simulink представлена на рис. 2.

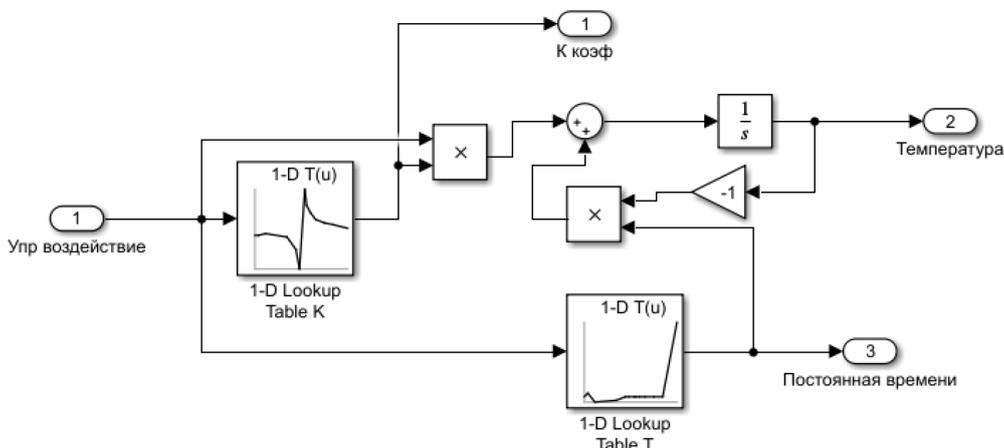


Рис. 2 – Схема моделирования элемента Пельтье в Simulink

Так как элемент Пельтье является нелинейным и нестационарным объектом, то для синтеза системы управления необходимо выбирать методы, ориентированные именно на эти свойства объекта управления. Поэтому в качестве алгоритма управления был выбран

нечеткий регулятор. В качестве модели нечеткого регулятора были рассмотрены нечеткий П-регулятор и нечеткий ПД-регулятор.

Для нечеткого П-регулятора в качестве входа выбрана ошибка отклонения « e », для которой выбраны пять терм-множеств, характеризующихся функциями принадлежности, представленных на рис. 3 [5, 6] («ОБ» - отрицательная большая ошибка; «ОМ» - отрицательная малая ошибка; «Н» - нулевая ошибка; «ПМ» - положительная малая ошибка; «ПБ» - положительная большая ошибка).

Выходной сигнал нечеткого П-регулятора представлен в виде 5 терм-множеств: «быстрое охлаждение», «охлаждение», «температура без изменений», «нагрев», «быстрый нагрев».

База правил нечеткого П-регулятора имеет вид:

- 1) Если e есть «ОБ», то «быстрый нагрев»;
- 2) Если e есть «ОМ», то «нагрев»;
- 3) Если e есть «Н», то «температура без изменений»;
- 4) Если e есть «ПМ», то «охлаждение»;
- 5) Если e есть «ПБ», то «быстрое охлаждение».

Для нечеткого ПД-регулятора в качестве входных переменных выбраны величина ошибки « e » (3 терм-множества: «О» - отрицательная ошибка; «Не» - нулевая ошибка; «П» - положительная ошибка) и скорость изменения ошибка « de » («У» - ошибка убывает; «Нде» - нет изменения ошибки; «Р» - ошибка растет)

Выходной сигнал нечеткого регулятора имеет пять термов, как и нечетком П-регуляторе. База правил имеет вид:

- 1) Если e есть «О» и de есть «У», то «быстрый нагрев»;
- 2) Если e есть «О» и de есть «Нде», то «нагрев»;
- 3) Если e есть «О» и de есть «Р», то «температура без изменений»;
- 4) Если e есть «Не» и de есть «У», то «нагрев»;
- 5) Если e есть «Не» и de есть «Нде», то «температура без изменений»;
- 6) Если e есть «Не» и de есть «Р», то «охлаждение»;
- 7) Если e есть «П» и de есть «У», то «температура без изменений»;
- 8) Если e есть «П» и de есть «Нде», то «охлаждение»;
- 9) Если e есть «П» и de есть «Р», то «быстрое охлаждение»

Результаты моделирования САУ с нечеткими регуляторами представлены на рис 3.

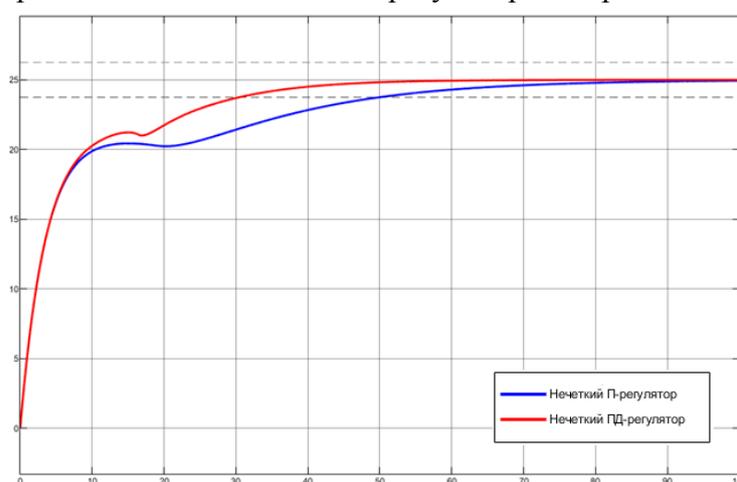


Рис. 3 – Переходные процессы систем с нечеткими регуляторами

Показатели качества нечеткого П-регулятора: $t_{III} = 49.98 \text{ c}$, $\sigma\% = 0\%$; показатели качества нечеткого ПД-регулятора: $t_{III} = 30.47 \text{ c}$, $\sigma\% = 0\%$.

Таким образом, можно сделать вывод о предпочтительности использования нечеткого ПД-регулятора.

Список литературы

1. *Гринкевич В.А.* Исследование математической модели Термостата на основе элемента Пельтье. Сборник научных трудов НГТУ. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2017. – С 62-77.
2. *Андриевская Н.В.* Идентификация систем управления: учеб.пособие №2 / Н.В. Андриевская, Н.Н. Матушкин, А.А. Южаков.- Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012- с. 87.
3. *Соколов Д.А., Нацанов М.А., Загвозкин В.Д., Хижняков Ю.Н.* Выбор и оптимизация параметров регулятора элемента Пельтье блока БУЦ, разработанного на отечественной элементной базе. - Сборник статей по материалам Восьмой всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века»/ Пермь, ПГНИУ, 2022. – С. 320-326.
4. *Андриевская Н.В.* Статистические и интеллектуальные методы прогнозирования: учеб. пособие. – Пермь, Изд-во Перм. нац. исслед. политехг. ун-та, 2022 – 222с.
5. *Гостев В.И.* Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. – К.: Радиомотор, 2008. – 972с.
6. *Хижняков Ю.Н.* Нечеткое, нейронное и гибридное управление: учеб. пособие / Ю.Н. Хижняков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 303 с.

2.3.3.

**М.С. Аносов канд. техн. наук, А.М. Михайлов,
А.Г. Казаков, В.А. Белянина, В.В. Варцов**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ WAAM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В работе проведено исследование изменения предложенных количественных показателей микроструктуры конструкционного сплава в процессе усталостного нагружения и установлены показатели предразрушения материала. Проведена разработка и апробация нейросетевой модели оценки остаточного ресурса материала на основе разработанных показателей.

Ключевые слова: *WAAM, неразрушающий контроль, нейросетевое моделирование.*

Введение

В настоящее время развитие аддитивных технологий стало актуальной темой в области машиностроения. Аддитивные технологии, такие как 3D-печать, представляют собой инновационный подход к производству, позволяющий создавать сложные детали из различных материалов. В тоже время, особой популярностью пользуются нейросети, скорость развития которых показала небывалый рост за последний год.

В данной статье предлагается рассмотреть метод прогнозирования остаточного ресурса и усталостной прочности стали на примере марки 09Г2С, которая применялась для наплавки изделий и образцов методом WAAM. Данная задача крайне актуальна, ведь усталостное разрушение является одним из самых опасных, поскольку изменения в микроструктуре материала в зоне нагружения практически невозможно заметить без специального оборудования. Кроме того, исследование именно напечатанного объекта также имеет дополнительный интерес.

Описание хода исследований

Для проведения исследования и разработки метода прогнозирования остаточной усталостной прочности применялись образцы, изготовленные с применением технологии WAAM. Суть данного метода заключается в том, что материал в виде проволоки, подается в зону печати через сопло. Между проволокой и предыдущим слоем (или подложкой) поджигается дуга, расплавляющая материал. Расплавленная проволока переносится и формирует слой. Процесс печати происходит в среде защитного газа [1].

Таким образом, были наплавлены стенки и в дальнейшем, после механической обработки, получены образцы для испытаний на усталость. Задача усталостных испытаний – дать количественную оценку способности материала работать в условиях циклического нагружения без разрушения.

Испытания проводились на специальном стенде, на котором образцы подвергались циклическому нагружению при различной амплитуде напряжений в цикле. Ход эксперимента подразумевал, что через определенные промежутки времени образец будет сниматься со стенда для изучения изменений микроструктуры образца в области нагружения. В качестве образцов для сравнения применялись образцы, изготовленные из проката.

По результатам микроструктурных исследований установлено, что в процессе усталостного нагружения уже на начальном этапе наблюдается появление большого количества устойчивых полос скольжения в отдельных зернах феррита в виде тонких линий

(рис. 1). В процессе дальнейшего усталостного нагружения наблюдается увеличение концентрации полос скольжения и их ширины, а образование магистральной трещины наблюдалось в местах их наибольшей концентрации.

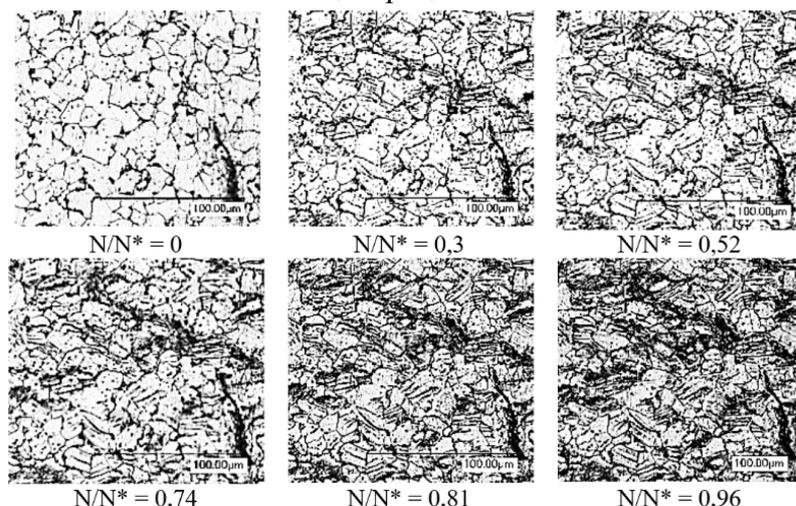


Рис. 1 – Изменения микроструктуры при различной наработке образца (N/N*)

По результатам испытаний образцов была построена кривая усталости: получена зависимость количества циклов нагружения до разрушения образца (N*) от амплитуды напряжений (σ_{max}).

На основе цифровой обработки изображений определена относительная площадь $F_{отн}$ образовавшихся в процессе усталостного нагружения дефектов микроструктуры и полос скольжения. Зависимость $F_{отн}$ от относительного количества циклов нагружения показана на рис. 2а.

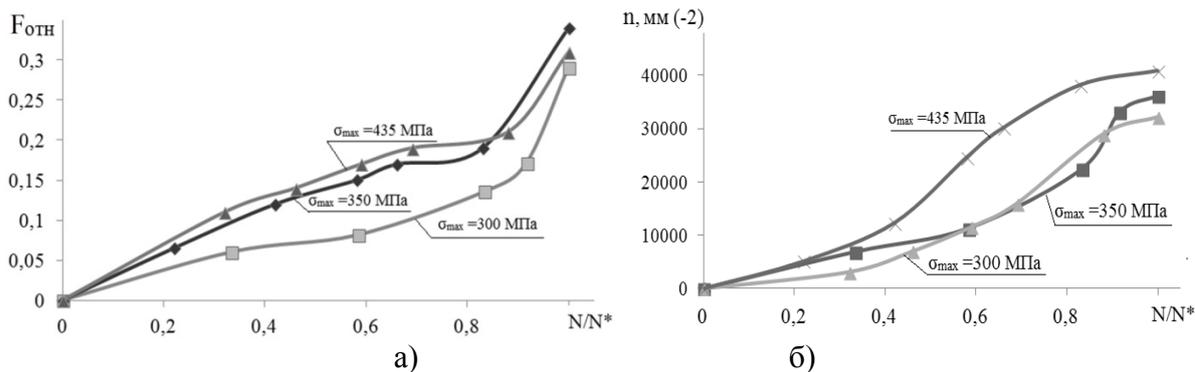


Рис.2 – Зависимости относительной площади ($F_{отн}$) и концентрации полос скольжения и дефектов в структуре материала (n) образовавшихся в процессе усталостного нагружения от наработки (N/N*) для стали 09Г2С, полученной на основе 3D-печати электродуговой наплавкой при различных амплитудах напряжений

Полученная зависимость $F_{отн}$ может служить мерой накопления структурных повреждений в материале в процессе усталостного нагружения. Относительная площадь образовавшихся в процессе усталостного нагружения дефектов микроструктуры и полос скольжения монотонно возрастают, практически по линейной зависимости, вплоть до момента образования магистральной трещины, после чего наблюдается более интенсивный рост данного показателя, что связано с появлением большого количества микротрещин в рабочей зоне образца и увеличением площади, занимаемой магистральной трещиной в анализируемой зоне. Критерием предразрушения может служить величина $F_{отн}=0,2\pm 0,014$, соответствующая величине структурной поврежденности, при которой наблюдается появление магистральной трещины.

Также определена концентрация полос скольжения и дефектов в структуре материала (n) на различных стадиях нагружения (рис. 2б).

Подобные исследования ранее проводились и для сплава из группы неражавеющих сталей [2].

Разработка нейронной сети оценки остаточного ресурса материала

Для прогнозирования остаточной усталостной прочности материала возможно разработать программу, проводящую симуляцию процесса разрушения материала. Однако необходимо производить много сложных расчетов, что растянет время обработки результата.

Для упрощения и сокращения времени расчетов возможно применение машинного обучения и нейронной сети. Их развитие позволило интегрировать программы с ИНС в различные сферы жизни.

Исходными данными для обучения будут служить результаты испытаний. Их программа прочитает из заранее подготовленной таблицы MS Excel. После машинного обучения, возможно проверить работоспособность программы и оценить точность. Точность модели, полученной с помощью машинного обучения, определяется корнем из среднеквадратической ошибки (RMSE, в нашем случае она равна 2,9918), которая получилась равной 1,7.

Для повышения точности предлагается использовать нейросеть для оценки долговечности материала, учитывающая на входе выделенные информативные показатели, а также амплитуду напряжений в цикле (σ_{\max}) и температуру испытаний t . Архитектура построенной нейронной сети показана на рис. 3.

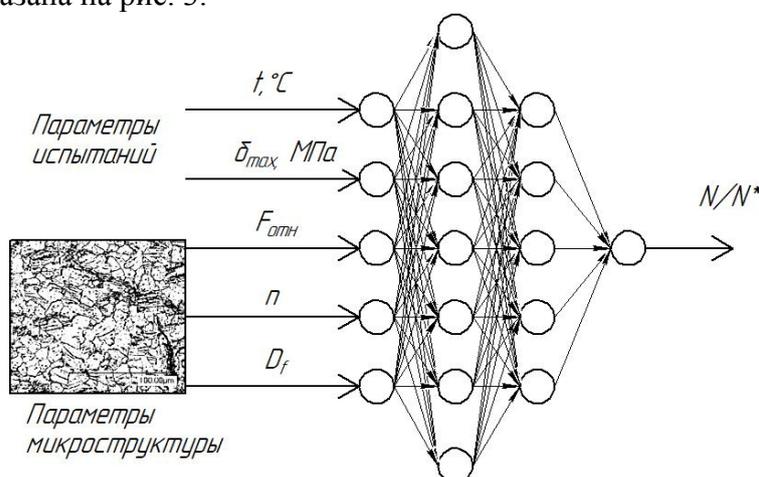


Рис. 3 – Архитектура ИНС для оценки долговечности и остаточного ресурса материала по данным изображения микроструктуры

На выходе ИНС выступает показатель наработки N/N^* , изменяющийся от 0 до 1. При этом значение 0 соответствует начальному состоянию материала, а значение $N/N^*=1$, моменту появления магистральной трещины. После обучения нейронной сети по гистограмме ошибок определяем точность. Точность нейросетевой модели определяется среднеквадратической ошибкой (MSE), которая в нашем случае получилась равной 0,9

Программа для расчета количественных показателей микроструктуры и прогнозирования поврежденности на основе разработанной нейронной сети разработана в среде LabView [3].

Проводилось прогнозирование наработки образца с использованием обученной ИНС и путем проведения эксперимента.

После проведения апробации предложенного способа прогнозирования наработки с использованием разработанного программного обеспечения было установлено, что погрешность прогнозирования не превышала 15%.

Таким образом, применение нейросетевого моделирования для предсказания остаточного усталостного ресурса материала деталей является вполне рабочим вариантом. Точность предсказания можно повысить, дополнительно обучив нейросеть.

Список литературы

1. Исследование процесса структурообразования стали 09Г2С, полученной методом аддитивного электродугового выращивания Аносов М.С., Шатагин Д.А., Рябов Д.А., Михайлов А.М. Технология металлов. 2023. № 5. С. 26-32.
2. Количественный анализ процесса деформации и разрушения сплава 04Х24Н13, полученного по технологии WAAM при испытании на усталость Аносов М.С., Аносова Е.С., Трофимова М.С., Подувальцев А.А. Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 2. С. 32-34.
3. Программа для оценки показателей микроструктуры и структурной поврежденности материалов/ Аносов М.С., Желонкин М.В., Шатагин Д.А., Михайлов А.М. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022666922, 12.09.2022. Заявка № 2022666306 от 07.09.2022.

2.3.3.

Е.А. Басуматорова, Н.В. Сашина

Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
инженерно-технологический институт,
кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,
Тюмень, basumatorovaea.21@mti.gausz.ru, sashinanv@gausz.ru

РАЗРАБОТКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ГОРОД НЕФТЕЮГАНСК, ХМАО

В статье представлены расчеты для защиты силовых трансформаторов подстанции уставок кустовой площадки Приобского месторождения города Нефтеюганска. Проблемы качества, долговечности и надежности электроснабжения актуальны на воздушной линии 6 кВ Приобского месторождения. В большинстве случаев такие проблемы возникают из-за физически и морально устаревшего оборудования организации. Коррозия высоковольтного оборудования (воздушные, масляные выключатели, электромеханическая релейная защита, оперативный источник питания) является основной причиной сбоев в электроснабжении постоянно растущего производства. Основными недостатками вышеуказанного оборудования являются отсутствие запасных частей, низкая производительность и высокий уровень качества продукции, периодические простои из-за выхода из строя отдельных компонентов оборудования, высокая сложность устранения неполадок.

Ключевые слова: *разработка, релейная защита, автоматика, кустовая площадка, месторождение, надежность, электроснабжение, люорудование.*

Введение. ООО "РН - Юганскнефтегаз" входит в государственную нефтяную компанию «Роснефть», в структуре компании «Роснефть» ООО "РН-Юганскнефтегаз" является крупным предприятием нефтегазодобывающего профиля. Ведущее направление осуществляемой предприятием деятельности связано с разведкой месторождений углеводородного сырья, их последующей разработкой и эксплуатацией. Численность работников предприятия превышает семь тысяч. В ХМАО и западносибирском регионе число разрабатываемых предприятием месторождений составляет двадцать восемь штук[1].

Объем добычи в годовой оценке – немногим менее шестидесяти семи миллионов тонн (тринадцать процентов от добычи нефти по РФ и четверть от объемов нефти, добытых в ХМАО). Объектом повышенного внимания предприятия является снижение затрат энергии при добыче. В целях контроля потребления энергии реализуется проект обеспечения энергоэффективности месторождений, осуществляется установка современного оборудования и внедрение передовых технологических решений. Также значимое направление связано с сокращением рисков причинения ущерба природной среде, сокращения аварийности и повышением надежности трубопроводов. Разработан механизм, обеспечивающий оперативное устранение любых возможных ущербов природной среде от осуществляемой предприятием деятельности[2].

С 2010 года предприятие осуществляет программу, предусматривающую направление на переработку буровых отходов, нефтяных шламов, рекультивацию всех шламовых амбаров и земель, загрязненных нефтью. Программа, связанная с утилизацией попутного нефтяного газа, реализуемая предприятием, обеспечила возможность перерабатывать девяносто процентов указанного газа на Приобском месторождении города Нефтеюганска, ХМАО.

Предприятием на территории Нефтеюганского района, Нефтеюганска, активно осуществляются социальные проекты, программы, а также с 2005 года НК «Роснефть» заключает соглашения о сотрудничестве с правительством ХМАО.

Материалы и методы. Основными потребителями электрической энергии в Приобском месторождении являются кусты эксплуатационных скважин.

Каждая скважина оборудована насосом. При насосном способе нефть добывается из скважин с помощью бес штанговых погружных насосов либо плунжерных станков-качалок. Для привода станков-качалок чаще всего применяются асинхронные короткозамкнутые двигатели исполнения единой серии АОП2 на 380В мощностью от 4 до 100 кВт[3].

В настоящее время для привода станков-качалок применяют бесконтактные синхронные электродвигатели серии СДБ, причем питание обмотки возбуждения у этих двигателей от сети переменного тока через полупроводниковый выпрямитель.

Устье скважины после спуска кондуктора или промежуточной колонны оборудуется превенторной установкой. Обвязка превенторов должна выполняться по типовой схеме утвержденной нефтегазодобывающим управлением. Кроме того, каждая буровая установка должна быть обеспечена отпрессованным обратным клапаном, соответствующих размеру бурильного инструмента. Обвязка устья бурящихся, находящихся в эксплуатации скважин, должна обеспечивать надежную герметизацию устья скважины, осуществлении прямой и обратной промывки, замену газированной промывочной жидкости на свежую с необходимым продавливанием. Контроль за давлением в скважине при загерметизированном устье, при промывке с противодавлением, регулирование противодавления на пласт[4].

Результаты исследования. На базе кустовой площадки Приобского месторождения для защиты вводов 110 кВ предусматривается защита на базе ШЭ-МТ-081. ШЭ-МТ-081 предназначено для выполнения необходимых функций по защите, автоматике, управлению и сигнализации вводного выключателя[5].

Для силовых трансформаторов предусматриваются следующие виды: шкаф ШЭ-МТ-023, продольная дифференциальная токовая защита, газовая защита силовых трансформаторов. Данные о защищаемом присоединении, терминале и виде защит приведены в таблице 1

Таблица 1 – Терминалы защит

Защищаемый объект	Терминал защиты	Вид защиты
Ввод № 1, 110 кВ	ШЭ-МТ-081	МТЗ
Ввод № 2, 110 кВ	ШЭ-МТ-081	МТЗ
Секционный выключатель 110 кВ	ШЭ-МТ-081	МТЗ
Трансформатор Т1	ШЭ-МТ-023	ДТЗ, МТЗ
Трансформатор Т2	ШЭ-МТ-023	ДТЗ, МТЗ
Ввод 6 кВ, СВ-6кВ	БМРЗ-152 ВВ	МТЗ

Определим ток срабатывания МТЗ по условию отстройки от тока вместе установки защиты

$$I_{сз} = \frac{K_{отс} \cdot K_{сзп}}{K_{в}} \cdot I_{р.вн} \tag{1}$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки от 1,1 до 1,2;

$K_{сзп}$ – коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей, от 1,1 до 1,4;

$K_{в}$ – коэффициент возврата 0,95;

$I_{р.вн}$ – расчётный ток трансформатора 52,5 А,

$$I_{сз} = \frac{1,2 \cdot 1,4}{0,95} \cdot 52,5 = 92,8 \text{ А.}$$

Определим максимальное первичное значение тока на стороне ВН при КЗ на шинах НН:

$$I_{кз.внеш} = \frac{U_{н}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{т}^2 + X_{т}^2}} \tag{2}$$

где $U_{н}$ – напряжение ВН, кВ

$R_{т}$ и $X_{т}$ – активное и реактивное сопротивление трансформатора берем из расчета токов КЗ пункт 3.5.4 и 3.5.5

$$I_{кз.внеш} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{7,67^2 + 138,8^2}} = 478 \text{ А;}$$

Определим значение тока в реле при металлическом двухфазном КЗ за трансформатором[6]:

$$I_{р.кз} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз.мин}}{n_{тт}} \tag{3}$$

$$I_{p.кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot 478}{2 \cdot 30} = 13,8 \text{ А};$$

Определим коэффициент чувствительности МТЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{p.кз} \cdot n_{\text{ТТ}}}{I_{\text{сз}}} \quad (4)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{13,8 \cdot 30}{92,5} = 4,45;$$

Коэффициент чувствительности МТЗ согласно ПУЭ должен быть более 1,5.

$$4,45 \geq 1,5$$

Определим степень селективности :

$$\Delta t = t_{\text{рз}} + t_{\text{откл.выкл.}} + t_{\text{зап}} \quad (5)$$

где $t_{\text{рз}}$ - время срабатывания релейной защиты, для терминалов может быть принято 0,3-0,5 с;

$t_{\text{откл.выкл.}}$ - полное время отключения выключателя (интервал времени от момента подачи команды на отключение до момента погасания дуги во всех полюсах выключателя), 0,05 с;

$t_{\text{зап}}$ - необходимое время запаса, учитывающее время срабатывания промежуточных реле, 0,1 с.

$$\Delta t = 0,3 + 0,05 + 0,1 = 0,45 \text{ с};$$

Уставка максимальной токовой защиты для стороны 110 кВ принимаем 92,8 А.

Принцип действия продольной дифференциальной токовой защиты представлен на рисунке 1.

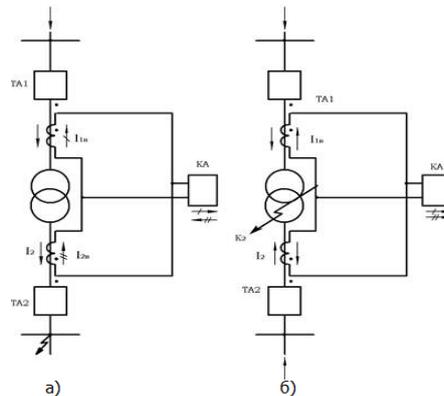


Рис. 1 – Принцип действия дифференциальной защиты
а) нормальный режим работы б) КЗ в зоне действия защиты

Определим коэффициент выравнивания на стороне 110 кВ

$$K_{\text{В}} = \frac{I_{\text{ТТ.ВН}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ТРВН}}} \quad (6)$$

где $I_{\text{тт.вн}}$ - номинальный ток трансформатора тока по стороне ВН;

$I_{\text{трвн}}$ - Номинальный ток трансформатора по ВН, А

$$K_{\text{ВВН}} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 131,4} = 3,29$$

Определим коэффициент выравнивания на стороне 10 кВ

$$K_{\text{ВНН}} = \frac{I_{\text{ТНВН}}}{I_{\text{ТРНН}}} \quad (7)$$

где $I_{\text{тт.нн}}$ - номинальный ток трансформатора тока по стороне НН;

$I_{\text{трнн}}$ - Номинальный ток трансформатора по ВН, А

Определим номинальный ток трансформатора по низкой стороне

$$I_p = \frac{S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}} \quad (8)$$

где S_p - расчётная полная нагрузка, кВА;

$U_{\text{НН}}$ - номинальное напряжение линии, кВ

$$I_p = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 917 \text{ А}$$

Определяем коэффициент выравнивания на стороне НН

$$K_{ННВ} = \frac{2500}{1187} = 2,1$$

Определим уставки по току

$$I_{уст.ВН} = \frac{I_{2ном} \cdot K_{сх}}{K_B} \tag{9}$$

где $I_{2ном}$ – номинальный ток вторичной обмотки ТТ;

$K_{сх}$ – коэффициент схемы;

$$I_{уст.ВН} = \frac{5 \cdot 1}{2,1} = 2,38 \text{ А}$$

$$I_{уст.НН} = \frac{5 \cdot 1}{2,1} = 2,38 \text{ А}$$

Определим дифференциальный ток срабатывания

$$I_{сз} = \frac{I_{уст.ВН} \cdot K_{ТТВН}}{K_{схВН}} = \frac{2,38 \cdot 30}{1} = 71,4 \text{ А} \tag{10}$$

Уставку ДТЗ трансформатора для стороны 110 кВ принимаем 71,4 А [7].

Расчётные данные уставок РЗиА заносим в таблицу 2 .

Таблица 2 – Уставки РЗиА

Защищаемый объект	Терминал защиты	Вид защиты		
		МТЗ	Δt	ДТЗ
Ввод № 1, №2 110 кВ	ШЭ-МТ-081	92,8	0,9	-
Секционный выключатель 110 кВ	ШЭ-МТ-081	92,8	1,2	-
Трансформатор Т1, Т2	ШЭ-МТ-023	-		71,4 А
Ввод 6 кВ, СВ-6 кВ	БМРЗ-152-ВВ	478	2	-

Таким образом были произведены расчеты для защиты силовых трансформаторов подстанции уставок для шкафа ШЭ-МТ-023 и ШЭ-МТ-081.

Вывод. В данной статье был произведен выбор микропроцессорных терминалов защиты и расчет уставок релейной защиты и автоматики кустовой площадки Приобского месторождения города Нефтеюганска, ХМАО.

Список литературы

1. Бушуев, В.В. Энергоинформационные основы устойчивого развития (на примере российских регионов) / В.В. Бушуев. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 58 с.
2. Жерве, Г. К. Промышленные испытания электрических машин / Г.К. Жерве. - М.: Государственное энергетическое издательство, 2016. - 352 с.
3. Зюзин А.Ф., Поконов Н.З. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. М.: Высшая школа., 2010. 367с.
4. Кизуров А.С., Басуматорова Е.А. Режимы работы оборудования в трехфазных четырехпроводных цепях переменного синусоидального тока// Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (66). С. 120-125.
5. Архипов Н.Г., Басуматорова Е.А. Способы обнаружения повреждений на воздушных линиях. В сборнике: Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти кандидата технических наук, доцента Виталия Александровича Носкова. Ижевск, 2022. С. 58-61.
6. Расчет токов короткого замыкания. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Переходные процессы в системах электроснабжения» для студентов специальности «Электроснабжение» / Сост. В.И. Мошкин. – Курган: Изд-во КГУ, 2005. – 31 с.
7. Релейная защита трансформаторов с использованием микропроцессорного устройства РС83-ДТ2. Методические указания для дипломного проектирования защит трансформаторов раздела «Релейная защита» для студентов специальности 140211 /Сост. Д.Н. Шестаков. – Курган: Изд-во КГУ, 2010. – 43 с

2.3.3.

¹Д.С. Грабовецкий, ^{2,3}С.В. Смирнов, ³О.Г. Морозов, ³А.Р. Насыбуллин,
³Г.А. Морозов, ³Р.В. Фархутдинов, ^{1,3}Т.Р. Шагвалиев

¹ПАО «Татнефть»,

²Казанский юридический институт МВД России,

³Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,

кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,

Казань, OGMorozov@kai.ru

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. МИКРОВОЛНОВЫЙ ПОДХОД

При освоении ресурсов полезных ископаемых приоритетным является их комплексное использование, достоверный учет извлекаемых запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов. Для ископаемых жидких углеводородов это означает наиболее полное использование содержащихся в тяжелых нефтях и отходах нефтепереработки полезных попутных компонент. К настоящему времени основным извлекаемым из нефтяного кокса элементом является ванадий, для чего применяется кислотное или щелочное выщелачивание. В большинстве рассмотренных исследований был достигнут высокий процент извлечения металлов из кокса в раствор. Однако из-за относительно низкого содержания ванадия, длительности выщелачивания и большого расхода реагентов процессы прямого извлечения ванадия из нефтяных коксов не нашли практического применения. В данной статье рассматриваются методика и экспериментальная установка микроволновой интенсификации процесса выщелачивания, основанная на разработках и опытной эксплуатации микроволновых технологий, выполненных в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева и внедренных на ряде предприятий.

Ключевые слова: *выщелачивание тяжелых нефтей и коксов; извлечение ванадия; микроволновые технологии; методика микроволновой интенсификации; экспериментальная установка.*

Введение и постановка задачи. Начиная с 1980-х годов выполняется множество исследований по процедурам микроволнового нагрева для интенсификации растворения и выщелачивания самых разных образцов тяжелых нефтей и нефтяных коксов [1]. Общий вывод, сделанный в результате таких исследований, заключается в том, что микроволновый нагрев обеспечивает более быстрое и экологически чистое выполнение указанных процессов, чем традиционные тепловые процедуры, с минимальным загрязнением образца и низкими требованиями к концентрации реагентов.

В [1] обрабатывали кокс, полученный из нефти Венесуэлы, в течение 15 минут смесью азотной и соляной кислот (5:2) в микроволновой печи. Извлечение ванадия в раствор составило 93.2-98.1%. В [2] использовался микроволновый нагрев для интенсификации растворения образцов угля для определения в них содержания железа, никеля и ванадия. Это исследование показало, что микроволновая обработка обеспечивает извлечение всего содержимого трех металлов из угольной матрицы, без необходимости полного растворения образца. Обработка по длительности процесса в отличие от традиционного метода (11-12 часов) составила всего 8-10 минут. Казалось бы, что возможность применения этого высокоэффективного метода, перенесенного на различные типы обрабатываемых образцов из разных мест добычи, могла бы оказаться полезной и обеспечила бы метод для уменьшения содержания металла в заданных образцах; извлечения ценного металла из них; упрощение и ускорение процедур обработки образцов для определения в них содержания металлов. Однако публикаций о промышленных применениях микроволновой интенсификации добычи ванадия найдено не было [3].

В НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ были разработаны [4-8] микроволновые технологии для интенсификации сепарации водонефтяных эмульсий из месторождений РТ, гликолиза полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с выходом на мономер, таяния снежно-ледяных масс с удалением тяжелых металлов и солей, брикетирования органических отходов с выделением влаги, содержащей растворенные попутные элементы.

Все указанные технологии доведены до уровня промышленных образцов и внедрены у заказчиков, что свидетельствует о высоком уровне их технической и технологической проработки.

Целью данной работы является разработка алгоритмов микроволновой интенсификации процесса выщелачивания и установки для их реализации.

Макет экспериментальной установки. Для создания экспериментальной установки нами за прототип взята установка для гликолиза ПЭТФ [5], как содержащая все необходимые компоненты для безопасной работы с химическими катализаторами в условиях микроволнового воздействия. Структурная схема установки показана на рис. 1.

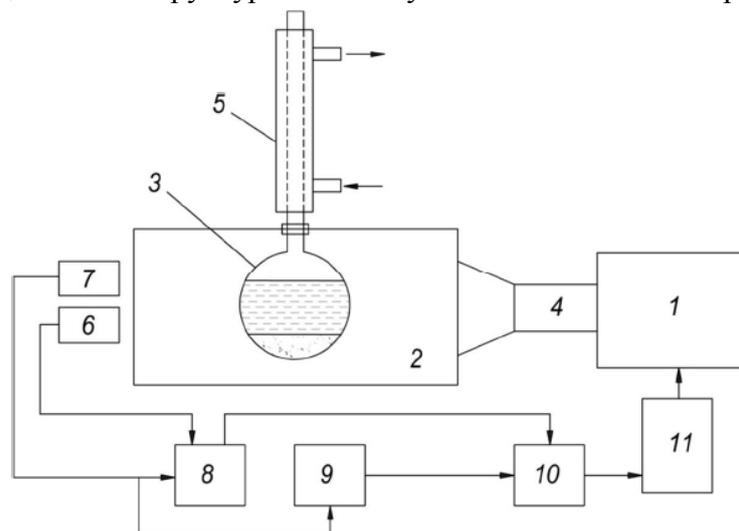


Рис. 1 – Структурная схема экспериментальной установки

Установка состоит из источника микроволнового излучения, магнетрона (1), генерирующего на частоте 2450 МГц с мощностью 700 Вт, и резонаторной камеры (2), соединенной с магнетроном посредством отрезка прямоугольного волновода (4). В камере располагается термостойкий стеклянный сосуд с реагирующими веществами объемом 500 мл (3), сопряженный с обратным холодильником (5) через отверстие в верхней стенке резонаторной камеры. Контроль протекания реакции выщелачивания производится с помощью видеокамеры (6) с записью на компьютер (8) и бесконтактного инфракрасного (ИК) датчика температуры (7). Данные о температуре с поверхности колбы подаются на ПИД-регулятор (9), функция которого – поддержание оптимальной температуры реакции путем образования канала обратной связи с формированием сигналов для системы управления (10) источника питания (11) магнетрона (1).

Конструкция многомодового резонатора определяет максимум напряженности электромагнитного поля в пространстве нахождения нагреваемого сосуда. Она представляет собой полость прямоугольной формы размером 180×110×320 мм. Сбоку от осевой линии корпуса на торцевой стенке к резонатору подсоединен *E*-секториальный рупор с размером раскрытия в *E*-плоскости 110 мм, а в *H*-плоскости 90 мм. Вход рупора оформлен волноводным фланцем под волновод сечением (90×45) мм с внешними размерами 100×150 мм, к которому подсоединяется микроволновый тракт от источника микроволнового излучения, реализованного на магнетроне М136.

Методика микроволновой интенсификации:

1) измельченный кокс и кислотные или щелочные реагенты в определенном молярном соотношении смешивались и помещались в колбу внутри резонаторной камеры;

- 2) включался генератор СВЧ на максимальную мощность $P=700$ Вт и заданный промежуток времени;
- 3) по истечении заданного промежутка времени в смесь добавляется кипящая дистиллированная вода, что способствует перемешиванию смеси реакции, которая после испарения через холодильник осажается в резервуаре; непрореагировавший кокс фильтруется и высушивается;
- 4) жидкая и твердая фазы отправляются для анализа на ванадий;
- 5) для анализа количества ванадия в жидкой фазе предполагается использовать фотометрический метод измерения ее оптической плотности, в том числе с использованием видеокамеры;
- 6) для анализа твердой фазы предполагается использовать дериватографию – метод исследования физико-химических процессов, происходящих в веществе в условиях изменения температурного режима, с использованием волоконно-оптических технологий контроля веса и температуры.

Заключение. В работе представлены методика и рекомендации по построению экспериментальной установки для микроволновой интенсификации щелочного и кислотного выщелачивания тяжелых нефтей и нефтяных коксов для извлечения ванадия. Используя опыт разработки промышленных систем микроволновой химии в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ объем реакционной смеси доведен до 500 мл, что на два порядка превышает известные лабораторные экспериментальные процедуры. Перспективность применения установки и методики оценивается положительно по аналогии подобного увеличения объема реакционной смеси в реализованных установках для гликолиза ПЭТФ. Данная работа явилась первым этапом подготовки экспериментов по извлечению ванадия из тяжелых нефтей РТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического академического лидерства Приоритет-2030.

Список литературы

1. *Alvarado J. et al.* Extraction of vanadium from petroleum coke samples by means of microwave wet acid digestion // *Fuel*. 1990. V. 69. P. 128-130.
2. *Watkins R.T. et al.* Determination of rare-earth elements in coal using microwave digestion and gradient ion chromatography // *Chemical Geology*. 1995. V. 121. P. 273-283.
3. *Салганский Е.А. и др.* Редкие и ценные металлы в нефтях и углях РФ: содержание и методы извлечения (обзор) // *Журнал прикладной химии*. 2019. Т. 92. Вып. 12. С. 1514-1533.
4. *Морозов Г.А. и др.* Оценка метрологических характеристик автоматизированных микроволновых модулей для анализа состава сырой нефти // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2004. Т. 7. № 1. С. 76.
5. *Даххам Д. и др.* Стенд для СВЧ-нагрева водонефтяных эмульсий с целью их обезвоживания и обессоливания // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2022. № 5. С. 109-112.
6. *Даххам Д. и др.* Модель СВЧ-нагрева водонефтяных эмульсий в установке для ее обезвоживания и обессоливания // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2022. № 5. С. 106-108.
7. *Морозов Г.А. и др.* Функционально адаптивные СВЧ-технологии в задачах переработки термопластичных полимерных материалов // *Вестник Марийского государственного технического университета*. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2011. № 3. С. 13-24.
8. *Лапочкин М.С., Морозов О.Г.* Исследование процесса микроволнового нагрева различных фаз воды в виде трехслойных структур: теория и эксперимент // *Вестник МарГТУ*. Серия радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2011. №.2. С. 24-29.

2.3.3.

¹Д.С. Грабовецкий, ^{2,3}С.В. Смирнов, ³Г.А. Морозов, ³А.Р. Насыбуллин,
³О.Г. Морозов, ³Р.В. Фархутдинов, ^{1,3}Т.Р. Шагвалиев

¹ПАО «Татнефть»,

²Казанский юридический институт МВД России,

³Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева-КАИ,

кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,

Казань, OGMorozov@kai.ru

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. КОМБИНИРОВАННЫЙ МИКРОВОЛНОВЫЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПОДХОД

Выщелачивание ванадия из нефтяных коксов в основном осуществляется либо в кислотном, либо в щелочном исполнении. Растворение окислов ванадия в щелочном растворе термодинамически более предпочтительно. В области металлургии микроволновая и ультразвуковая интенсификация выщелачивания широко применяются для повышения его эффективности. Повышение эффективности при нагреве микроволновым излучением может быть связано с тем, что твердые частицы кокса содержат более одной фазы, что приводит при разных параметрах нагрева к образованию трещин и пустот от термического напряжения, увеличивающих площадь реакции. Эффекты ультразвуковой кавитации могут значительно улучшить процесс реакции, снизить температуру реакции, уменьшить концентрацию катализаторов, ускорить скорость выщелачивания и, тем самым, повысить эффективность выщелачивания. В данной статье рассматриваются математические модели и экспериментальная установка для комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации процесса выщелачивания, основанная на разработках и опытной эксплуатации микроволновых технологий, выполненных в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева и внедренных на ряде предприятий.

Ключевые слова: выщелачивание тяжелых нефтей и коксов; извлечение ванадия; микроволновые технологии; ультразвуковые технологии; математические модели и методика комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации; экспериментальная установка.

Введение и цель работы. В НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ были разработаны микроволновые технологии для интенсификации сепарации водонефтяных эмульсий из месторождений РТ [1] и таяния снежно-ледяных масс с удалением тяжелых металлов и солей с помощью применения комбинированных микроволновых и ультразвуковых излучений [2].

Все указанные технологии доведены до уровня промышленных образцов и внедрены у заказчиков, что свидетельствует о высоком уровне их технической и технологической проработки.

Целью данной работы является разработка математических моделей комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации процесса выщелачивания и экспериментальной установки для ее реализации.

Так как, микроволновый нагрев и ультразвуковая кавитация имеют различную природу влияния на обрабатываемые реакционные смеси, что связано отличием частотного диапазона воздействия, то математические модели могут быть разделены и рассматриваться отдельно.

Математическая модель процесса микроволнового нагрева. Модель распределения мощности микроволнового излучения, примененная нами, показана на рис. 1. Реакционная смесь с диэлектрической проницаемостью ϵ_N и магнитной проницаемостью μ_N по слоям N , которые меняются в зависимости от температуры, размещается в свободном пространстве

резонатора в радиопрозрачной колбе, ε_0 – диэлектрическая проницаемость свободного пространства, μ_0 – магнитная проницаемость свободного пространства. Предполагая, что плоская, гармоническая во времени электромагнитная волна частоты ω падает нормально на изотропный в каждом слое материал, который заполняет область $0 < z < L$, поперечная электрическая (ТЕ) волна распространяется вдоль направления z , с перпендикулярной электрической составляющей (E_x) вдоль x -направления и магнитной (H_y) вдоль y -направления.

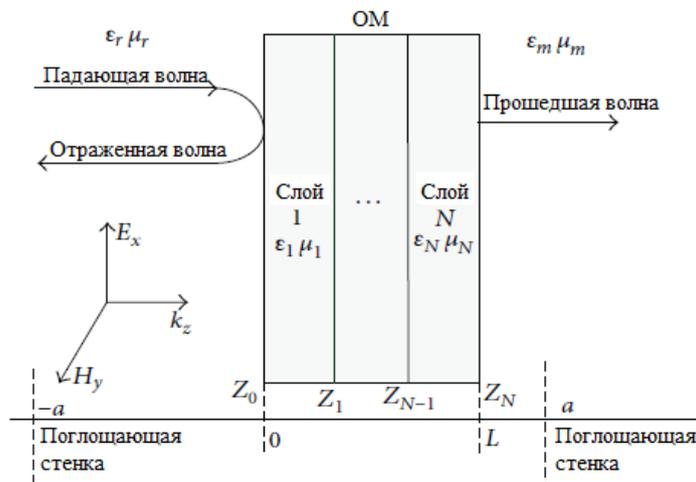


Рис. 1 – Модель распространения волн микроволнового излучения

Волна удовлетворяет условиям Мура первого порядка для поглощающей стенки. Электромагнитное поле удовлетворяет следующим формулам:

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = \mu_r \mu_0 \frac{\partial H_y}{\partial t}; \quad \frac{\partial H_y}{\partial z} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{\partial E_x}{\partial t}. \quad (1)$$

Для определения решения электрического поля внутри образца требуются решения связанных уравнений Максвелла. Поглощаемая мощность в N -ом слое, рассчитанная по векторной теореме Пойнтинга, равна

$$P(z) = \frac{1}{2} \omega \varepsilon_0 \varepsilon_n'' E_{x,n}(z) E_{x,n}^*(z), \quad (2)$$

где верхний индекс «*» обозначает комплексное сопряжение. Таким образом зная физико-химические свойства компонент, входящих в реакционную смесь, можно определить оптимальное значение мощности микроволн.

Постановка задачи создания математической модели процесса ультразвуковой кавитации. При кавитации происходит разрыв межфазной границы между коксом и щелочным раствором катализатора. Вследствие чего, осуществляется ускорение теплопередачи от источника нагрева - микроволнового электромагнитного поля к обрабатываемой реакционной смеси. Поэтому, необходимо определить оптимальную интенсивность ультразвукового излучения, при которой эффективность кавитационного воздействия будет максимальной при минимальных энергозатратах. При этом, решается задача создания максимального количества кавитационных пузырьков в обрабатываемой среде, способных запасти максимальное количество энергии и взорваться за один период колебания ультразвукового воздействия.

Для создания математической модели будут использованы результаты исследований, полученных в работе [3] в приложении к задаче кавитационного воздействия на пограничный слой. Интенсивность ультразвука определяется мощностью, а интенсивность ультразвука на одной и той же площади реактора увеличивается с увеличением мощности. Учитывая необходимость обеспечения времени реакции, равному времени протекания реакции под воздействием микроволнового излучения, можно определить мощность ультразвукового воздействия.

Структура экспериментальной установки. Экспериментальная верификация результатов моделирования выщелачивания ванадия посредством комбинированной энергетической обработки физическими полями микроволнового и ультразвукового диапазонов длин волн проводится в лабораторных условиях и осуществляется с помощью специально разработанной установкой (рис. 2).

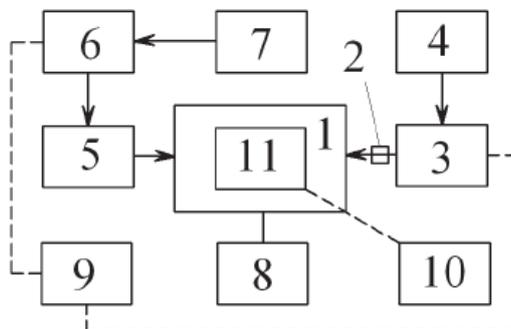


Рис. 2 – Структурная схема экспериментальной установки

Она состоит из: 1 – рабочая камера; 2 – волновод; 3 – микроволновый генератор; 4 – блок управления микроволновым генератором; 5 – ультразвуковая колебательная система; 6 – ультразвуковой генератор; 7 – блок управления ультразвуковым генератором; 8 – система видеонаблюдения; 9 – прибор учета активной электроэнергии; 10 – измеритель температуры; 11 – реакционная смесь.

Заключение. В работе представлены модели и рекомендации по построению экспериментальной установки для комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации щелочного выщелачивания тяжелых нефтей для извлечения ванадия. Используя опыт разработки промышленных систем микроволновой химии в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ [4-7] можно предположить сокращение времени реакции при комбинированной обработке в 1,17 и 1,4 раза по сравнению с только микроволновой интенсификацией и тепловым нагревом на водяной бане.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического академического лидерства Приоритет-2030.

Список литературы

1. Морозов Г.А. и др. Современные подходы к построению адаптивных СВЧ технологических комплексов обработки высоковязких водонефтяных смесей // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Т. 15. № 4. С. 59-66.
2. Лапочкин М.С., Морозов О.Г. Повышение эффективности таяния снежно-ледяной массы при комбинированном энергетическом воздействии микроволнового и ультразвукового полей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №1(3). С. 894-899.
3. Gogate P.R., Pandit A.B. Sonochemical reactors: scale up aspects // Ultrason. Sonochem. 2004. V. 11. P. 105-117.
4. Морозов Г.А. и др. Оценка метрологических характеристик автоматизированных микроволновых модулей для анализа состава сырой нефти // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2004. Т. 7. № 1. С. 76.
5. Даххам Д. и др. Стенд для СВЧ-нагрева водонефтяных эмульсий с целью их обезвоживания и обессоливания // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 5. С. 109-112.
6. Даххам Д. и др. Модель СВЧ-нагрева водонефтяных эмульсий в установке для ее обезвоживания и обессоливания // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 5. С. 106-108.
7. Морозов О.Г., Самигуллин Р.Р. Контроль качества обработки углеводородов и их производных в СВЧ технологических установках на основе оптоэлектронных информационных технологий // Инфокоммуникационные технологии. 2012. Т. 10. № 3. С. 54-60.

2.3.3.

**Ю.Г. Кабалдин д-р техн. наук, М.С. Аносов канд. техн. наук,
А.А. Галкин, Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, А.А. Подувальцев**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, anosov-maksim@list.ru

ДИАГНОСТИКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В последнее время активно развиваются аддитивные технологии, позволяющие на основе 3D-модели изготовить любое изделие послойно. Однако их механические свойства, особенно усталостные, определяющие остаточный ресурс материалов, плохо изучены. В связи с этим в данной работе представлены методика и результаты диагностики конструкционных сталей, полученных методом 3D-печати электродуговой наплавкой, с использованием неразрушающего контроля и нейросетевого моделирования.

Ключевые слова: *WAAM, неразрушающий контроль, нейросетевое моделирование.*

Введение

В последнее время активно развиваются аддитивные технологии производства, которые позволяют на основе 3D-модели изготовить любое изделие послойно. Несмотря на это, некоторые технологии, например, лазерное спекание металлических порошков, имеют ряд недостатков по механическим свойствам и структуре, энергоэффективности и т.д. Технологией 3D-печати, решающей данные недостатки, является технология печати электродуговой наплавкой WAAM, исследуемая в данной работе [1].

Среди важных свойств материалов, работающих тяжелых условиях, можно выделить механические характеристики, в частности усталостные, определяющие ресурс деталей в узлах механизмов и конструкций. [1]

Наиболее перспективным методом оценки остаточного ресурса изделий являются комбинированные методы неразрушающего контроля, в частности акустический и магнитный контроль.

Одним из наиболее перспективных методов обработки большого количества поступающей разнородной диагностической информации выступают нейронные сети. Методика, предложенная в данной статье, позволит с большой долей вероятности определять остаточный ресурс детали или конструкции ответственных узлов, что позволит проводить процедуру ее своевременной замены.

Исходные данные

Образцы для исследования и испытаний были получены на специальном стенде для 3D-печати электродуговой наплавкой на базе портального станка с ЧПУ [2] в среде защитного газа на ранее установленных режимах печати.

Для исследования были выбраны материалы: малоуглеродистая сталь 09Г2С и легированная сталь 07Х25Н13, так как данные сплавы наиболее распространены в качестве материалов для электродуговой наплавки.

Полученные образцы шлифовались и полировались в рабочей части для достижения соответствующей чистоты поверхности, а для выявления микроструктуры материала проходили процедуру травления (для стали 09Г2С применялся 4% водный раствор азотной кислоты, для стали 07Х25Н13 применялся 10% раствор щавелевой кислоты) с последующим обезжириванием.

Растяжение данных образцов с размерами и требованиями по ГОСТ 11150 (сечение 5x10 мм) проводилось на силовой машине Tinius Olsen H100KU при скорости нагружения 10 мм/с.

Испытания образцов на усталость проводили на образцах толщиной 3 мм и размером рабочей зоны 60x15 мм в соответствии с ГОСТ 25.502. Для проведения испытаний был разработан специализированный стенд.

Оценку микротвердости полученных образцов проводили с использованием микротвердомера ИТВ-1-АМ при нагрузке 1 кгс.

Оптические исследования образцов в рабочей зоне проводили на металлографическом микроскопе упрощенном ММУ-3.

Для акустических измерений образцов применялся измерительно-вычислительный акустический комплекс АИС НРК-3 [3]. Номинальная частота датчиков 5 МГц. В качестве информативного параметра в данном случае использовался безразмерный параметр D.

Для оценки магнитных характеристик образцов использовался магнитный анализатор металлов/коэрцитиметр МА-412ММ.

Результаты испытаний сплавов

Анализ изменения акустического параметра для сплава 09Г2С (рисунок 1а) показал, что при наработке стали наблюдается монотонное снижение акустического параметра, а потом незначительное его увеличение перед появлением трещины. Для сплава 07Х25Н13 наблюдается обратная зависимость (рисунок 1).

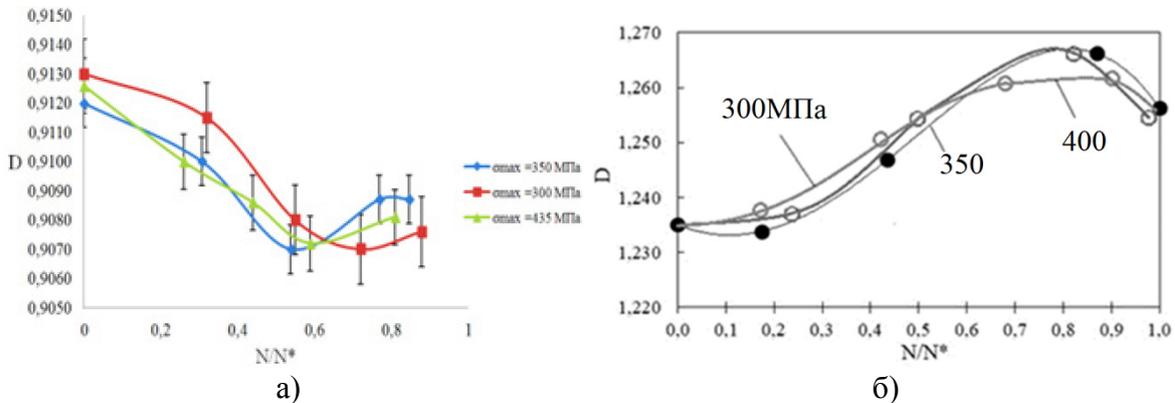


Рис.1 – Зависимость акустического параметра D от наработки образца для сплава 09Г2С (а) и 07Х25Н13 (б)

Анализ зависимости коэрцитивной силы и ее отношения к остаточной намагниченности показал (рисунок 2), что при наработке исследуемых конструкционных сталей наблюдается монотонное увеличение магнитных характеристик с последующим уменьшением до исходных значений на стадии перед образованием магистральной трещины.

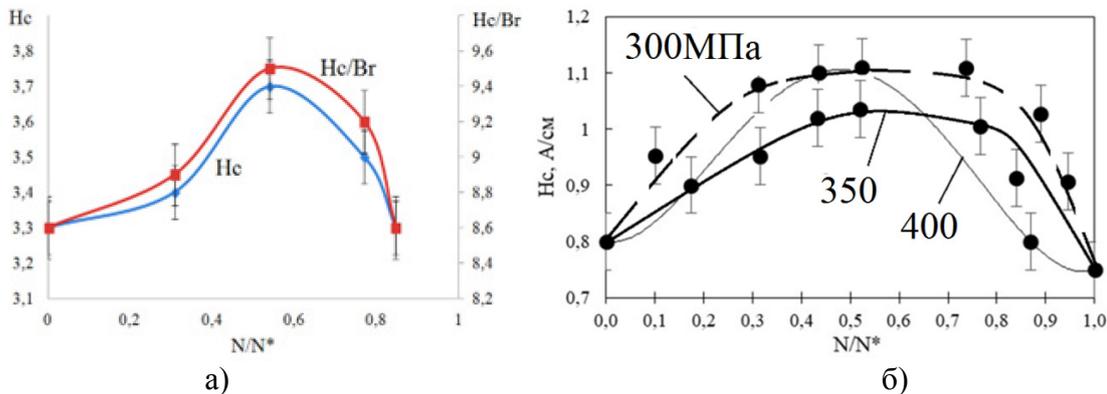


Рис. 2 – Зависимость изменения магнитных характеристик при различных амплитудах нагружения для сплава 09Г2С (а) и 07Х25Н13 (б)

Анализ микротвердости в рабочей зоне для сплава 09Г2С показал (рисунок 3), что на начальном этапе нагружения микротвердость практически не изменяется, затем наблюдается разупрочнение материала и снижение его твердости, однако после появления магистральной трещины в рабочей зоне наблюдается рост микротвердости, что связано с деформационным упрочнением. Для сплава 07Х25Н13 в связи с существенным различием механизмов

деформации по сравнению со сплавом 09Г2С наблюдается обратная тенденция зависимости микротвердости.

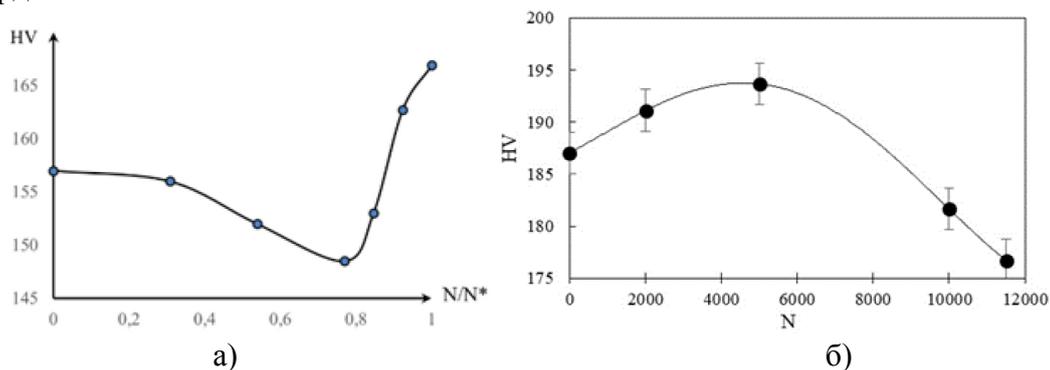


Рис.3 – Значения микротвердости в рабочей зоне образца при различной наработке для сплава 09Г2С (а) и 07Х25Н13 (б)

Создание нейросетевой модели и ее апробация

Для создания нейросетевой модели были определены входные и выходные параметры. Входными параметрами являются: амплитуда напряжений (σ_{max}), акустический параметр (D), коэрцитивная сила (Hc) и микротвердость (HV). Выходным параметром является наработка образца (N/N*).

На основе полученных после экспериментов данных, были обучены модель линейной регрессии и нейросетевая модель. Самой точной оказалась нейросетевая модель, точность которой составила 0,7.

После обучения нейронной сети была проведена апробация при параметрах, отличающихся от тех, на которых она обучалась. Рассматривая полученные данные по апробации предложенного способа прогнозирования поврежденности материала было установлено, что погрешность прогнозирования не превышала 13%. Стоит отметить, что наибольшая погрешность прогнозирования была замечена при амплитуде $\sigma_{max} = 250$ МПа и $\sigma_{max} = 500$ МПа, что связано с недостаточным количеством обучающих данных для искусственной нейронной сети при амплитудах ниже 300 МПа и выше 435 МПа. Эта проблема решается за счет дополнительного обучения нейронной сети на основе данных, полученных в результате дополнительных экспериментов.

Также стоит упомянуть, что проведена оценка значимости параметров, по результатам которой выявлено, что параметр микротвердости HV является наиболее значимым, после него следует акустический параметр, далее коэрцитивная сила.

Заключение

Благодаря проведенному исследованию и разработанной нейросетевой модели можно предсказывать остаточный ресурс того или иного изделия, тем самым определив необходимость замены его в конструкции, а также исключив различные неполадки в работе оборудования.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда
№ 22-79-00095*

Список литературы

1. Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и цифровые двойники в современном механообрабатывающем производстве Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Колчин П.В., Аносов М.С. Нижний Новгород, 2019.
2. Diagnostics of 3d printing on a CNC machine by machine learning/ Kabaldin Y.G., Shatagin D.A., Anosov M.S., Kolchin P.V., Kiselev A.V. Russian Engineering Research. 2021. Т. 41. № 4. С. 320-324.
3. Разработка автоматизированной измерительной системы неразрушающего контроля для измерения параметров упругих волн в металлических материалах. Хлыбов А.А., Кабалдин Ю.Г., Желонкин М.В., Аносов М.С., Шатагин Д.А., Рябов Д.А. Интеллектуальная электротехника. 2021. № 4 (16). С. 101-114.

2.3.3.

^{1,2}А.Г. Коробейников, ¹В.Л. Ткалич, ¹О.И. Пирожникова¹Университет ИТМО,
²СПбФ ИЗМИРАН

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Статья посвящена актуальной проблеме повышения надежности элементной базы объектов транспортной инфраструктуры, в частности анализа сварных швов в трубопроводах. Осуществлено выявление причин деформаций и остаточных напряжений в металлоконструкциях со сварными элементами после высокотемпературного воздействия на структуру металла объектов транспортной инфраструктуры. Предложены эффективные пути снижения вероятности наступления отказа сварных элементов в следствие дефектов металлоконструкций возникших под воздействием сварочных операций.

Ключевые слова: *Надежность, остаточные термические-механические напряжения, деформация, сварка, индукционные системы.*

В настоящее время, с переходом на выпуск конкурентоспособной отечественной элементной базы в целях импортозамещения, для объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ), возросла проблема контроля и диагностики дефектов металлоконструкций, процесс монтажа которых на ОТИ предусматривает наличие сварных соединений [1]. Эти зоны должны проходить тщательную дефектоскопию на предмет наличия в них дефектов, зародившихся и развивающихся в структуре металла под воздействием температурных нагрузок в ходе сварных операции [2,3]. Проблеме повышения надежности и снижения остаточных напряжений в металлоконструкциях после сварки и посвящена данная работа.

Анализ причин возникновения деформаций вследствие наличия напряжения при сварке в металлоконструкциях

Существует целый ряд причин ведущих к появлению термомеханических напряжений и деформаций в металлоструктуре элементной базы ОТИ [4]. Часть из них можно отнести к основным, другую - к побочным причинам. К основным причинам могут быть причислены те из них, которые возникают в ходе сварочных операции и являются поэтому объективно неизбежными. Тогда как побочные напряжения и деформации возможно предотвратить.

К основным причинам относятся:

А. Неравномерность прогрева структуры металла в процессе сварочных операций. Физика процесса заключается в том, что зоны с более высоким прогревом будут расширяться быстрее и больше, чем в местах меньшего нагрева. Соответственно на границе стыка зон различной температуры будут возникать термомеханические напряжения. Напряженность будет увеличиваться в зависимости от значения коэффициентов теплового расширения металла. С ростом напряженности увеличивается степень деформирования металлоконструкций после сварных операций [3].

Б. Усадка металла. Это явление проявляет себя при резком охлаждении металла в момент перехода его в твердое состояние. При таком охлаждении в прилегающих слоях металла возникают зоны растяжения (продольные и поперечные напряжения в структуре металла) относительно границы стыка. При наличии продольных напряжений наблюдается удлинение элемента, а при поперечных напряжениях возможно возникновение угловой деформации.

В. Изменения структуры металла в зоне сварки. При сварке элементов из высокоуглеродистой и легированной стали в зоне сварного шва выделяется большое

количество тепла и заготовки сильно разогреваются. Это ведет к закалке стали, что сопровождается как изменением объема, так и коэффициентов теплового расширения. Следствием этого процесса будут напряжения и появление растрескивания в наружной и внутренней областях шва. Для исключения этого негативного эффекта дефектообразования можно сваривать высокоуглеродистую сталь (содержание углерода в которой доходит до 0,35 %). Это позволит предельно минимизировать трещины и нивелировать их действие на качество шва.

Пути снижения напряжения сварочного шва

Анализ показал, что снизить побочные напряжения можно следующими путями.

1. Эффекта снижения напряжений и деформаций при сварочных операциях можно достичь, если осуществить предварительный прогрев зоны, непосредственно прилегающей к предполагаемому месту шва с последующим отпуском, что позволит уменьшить внутренние напряжения.

Трудности в реализации данной рекомендации могут возникнуть при больших габаритных размерах труб. Для решения этой проблемы можно использовать по два источника питания и индуктора по обе стороны от сварного шва (слева и справа).

2. Использование индукционного отпуска приводит к снижению твердости, прочности и росту вязкости металла в зоне сварки. Это позволяет уменьшать остаточные напряжения, что хорошо влияет на надежность сварного шва.

При использовании конфигурации сварочной системы с двумя индукторами, формируется термопрофиль, благоприятный для отпуска [5,6]. В этих условиях возможно проведение сразу двух операций: отпуска и термодиффузионного формирования защитных покрытий элементов металлоконструкций ОТИ. Такое совмещение двух технологических операций позволяет [7]:

- повысить надёжность сварного соединения за счет снятия напряжений;
- нанести на поверхность металлических элементов защитное покрытие.

Термопрофиль при индукционном отпуске сварных швов металлоконструкций представлен на Рис.1.

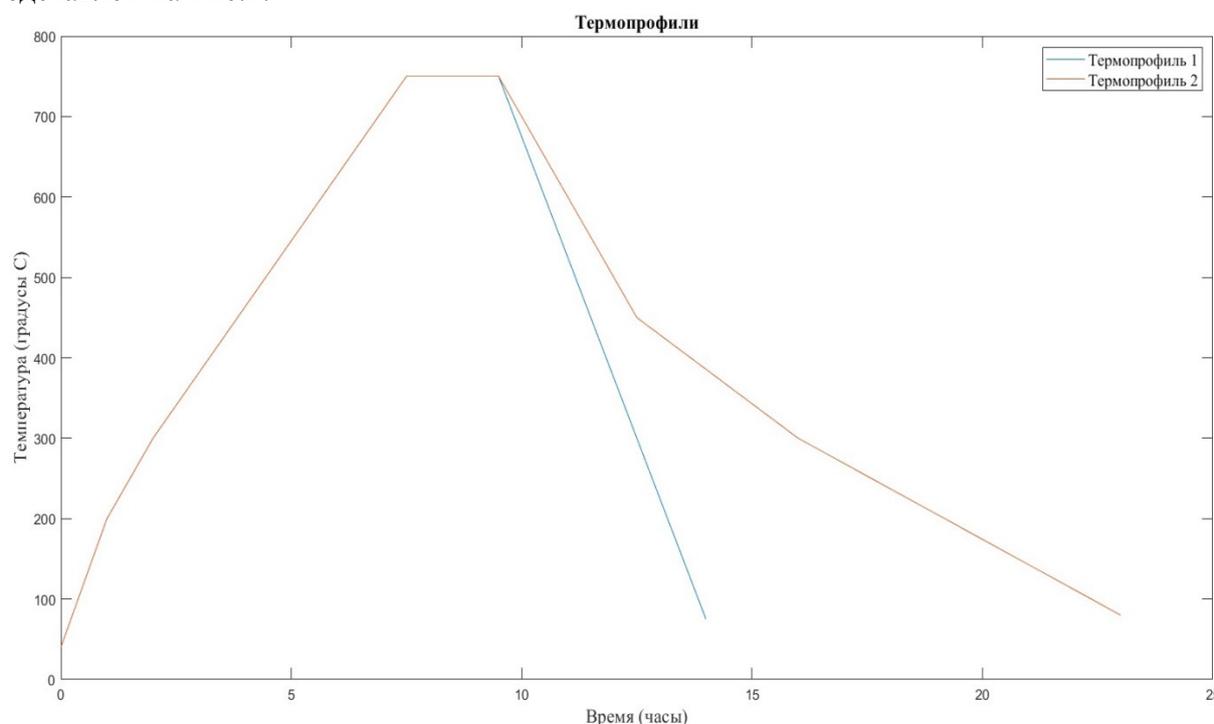


Рис 1 – Термопрофили при индукционном отпуске сварных швов

Температурный режим отпуска: $T_{\max} = 750^{\circ}\text{C}$. Скорость нагрева в ходе операции составляет $100^{\circ}\text{C}/\text{час}$, а время выдержки равно двум часам. Скорость отпуска (охлаждения) $150^{\circ}\text{C}/\text{час}$.

Обработка результатов производилась при помощи MATLAB, позволяющей решать разнообразные задачи в различных предметных областях, например [8].

Вывод. Можно повысить надежность и снизить термомеханические остаточные напряжения путем использования отпуска после операции сварки, температурный режим которого позволяет совместить две технологические операции: отпуск и создание термодиффузионного защитного покрытия на рабочей поверхности свариваемых элементов металлоконструкции ОТИ. Задачей индукционного отпуска при сварке является снятие остаточных термомеханических напряжений в результате операций сварки и улучшение физико-химических свойств материала металла в объеме шва (твердости, пластичности, ударной вязкости). Но необходимо отметить, что снятие остаточных сварочных напряжений для повышения прочности и долговечности сварных конструкций требует подтверждения необходимости этой операции, так как иногда на прочность сварных конструкций эти напряжения не влияют.

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

Список литературы

1. *Алешин Н.П.* Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2-е изд., перераб. И доп. – Машиностроение, 2013. – 576 с.: ил.
2. *Коробейников А.Г., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И., Калинин М.Е.* Экспериментальные исследования частотных спектров металлоконструкций, работающих в условиях транспортной инфраструктуры//Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 7. С. 21-24.
3. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
4. *Коробейников А.Г., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И., Потемина Н.С.* Анализ механизмов дефектообразования в процессе сборки и пайки компонент интегрированных систем безопасности//Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 4. С. 138-142.
5. *Базаров А.А., Данилушкин А.И., Данилушкин В.А.* Комплексное моделирование и управление процессом непрерывного индукционного нагрева ферромагнитных заготовок//Вестник Самарского гос. техн. ун-та. 2016. № 2. с. 128 – 137.
6. *Рапопорт Э.Я., Плешивцева Ю.Э.* Оптимальное управление температурными режимами индукционного нагрева. – М.: Наука, 2012. – 309 с.
7. *Язовских В.М.* Математическое моделирование и инженерные методы расчета в сварке: в 2 ч. Ч. 1. Статистическая обработка и планирование эксперимента: учеб, пособие - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. - 127 с.
8. *Korobeynikov A.G., Fedosovsky M.E., Maltseva N.K., Baranova O.V., Zharinov I.O., Gurjanov A.V., Zharinov O.O.* Use of information technologies in design and production activities of instrument-making plants//Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. № 44. С. 104708

2.3.3.

С.С. Кочковская, канд. техн. наук

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
кафедра машиностроения, энергетики и транспорта,
Орск, lana1905@mail.ru

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения подсистемы управления производственными ресурсами сталеплавильного производства. Представлена модель подсистемы управления, направленная на повышение эффективности управления процессами потребления сырьевых и энергетических ресурсов.

Ключевые слова: подсистема управления; сталеплавильное производство; алгоритмическое обеспечение; сырьевые и энергетические ресурсы.

На сегодняшний день одним из основных способов выплавки стали является электросталеплавильный. В общемировом производстве электродуговым способ получения стали непрерывно увеличивается.

В современной технологии сталеплавильного производства обеспечение требуемого количества полупродукта заданного химического состава достигается за счет введения дополнительной операции плавления. Процесс получения стали электродуговым способом является многоэтапным, а также ресурсо- и энергоемким. Согласно нормам технологического проектирования, для электродуговых печей расход электроэнергии на данном периоде плавки составляет 8 МВт·ч [1-2]. Таким образом, использование нового подхода, особенностью которого является прогнозирование химического состава получаемого полупродукта и сформированных механических характеристик стали без изменения технологии выплавки стали, позволит повысить эффективность управления процессами потребления сырьевых и энергетических ресурсов.

Для реализации данного подхода разработана модель подсистемы управления производственными ресурсами (рис. 1).

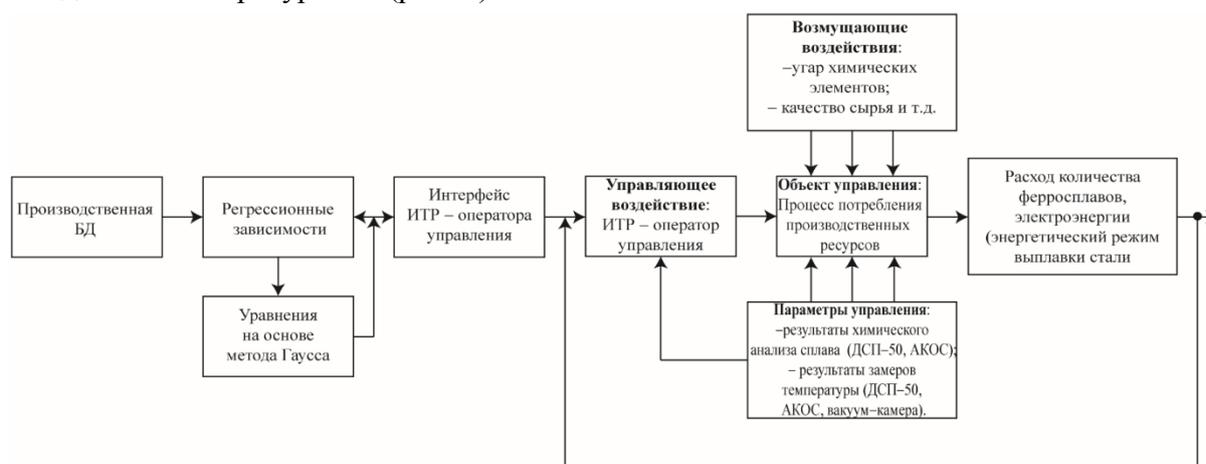


Рис. 1 – Модель подсистемы управления производственными ресурсами

Производственная база данных (БД) содержит информацию по технологическим плавкам, разработка которой рассмотрена при описании структуры информационного обеспечения подсистемы управления производственными ресурсами [3].

В качестве факторов выступают химические элементы: $x_1 - C$; $x_2 - Mn$; $x_3 - Si$; $x_4 - Cr$; $x_5 - V$; $x_6 - Mo$, диапазон изменения которых соответствует интервалу реального изменения каждого фактора. Проверка адекватности полученных уравнений регрессии проведена по концепции о «нулевой гипотезы».

Составлена система уравнений для описания математической модели:

$$\begin{cases} b_{11} \cdot X_1 + b_{12} \cdot X_2 \dots b_{1n} \cdot X_{1i} \cdot X_{1j} = Y_1; \\ b_{21} \cdot X_1 + b_{22} \cdot X_2 \dots b_{2n} \cdot X_{2i} \cdot X_{2j} = Y_2; \\ b_{31} \cdot X_1 + b_{32} \cdot X_2 \dots b_{3n} \cdot X_{3i} \cdot X_{3j} = Y_3; \\ b_{41} \cdot X_1 + b_{42} \cdot X_2 \dots b_{4n} \cdot X_{4i} \cdot X_{4j} = Y_4. \end{cases}$$

где b_n – коэффициент уравнений регрессии; Y_n – результаты механических испытаний.

Комплексное применение регрессионного анализа и метода Гаусса позволяет решить прямую и обратную задачи: построение эмпирической закономерности для определения функции отклика (прямая задача) и при задании значения функции отклика (механические характеристики) определить требуемый химический состав сплава (обратная задача). Разработанный алгоритм, реализованный в программном средстве (ПС) *OptimalSostav* [4], представлен на рисунке 2. Процесс моделирования построен с помощью уравнений регрессии, в состав которых входят парные взаимодействия, отражающие физическое взаимодействие основных химических элементов и их влияние на механические свойства.

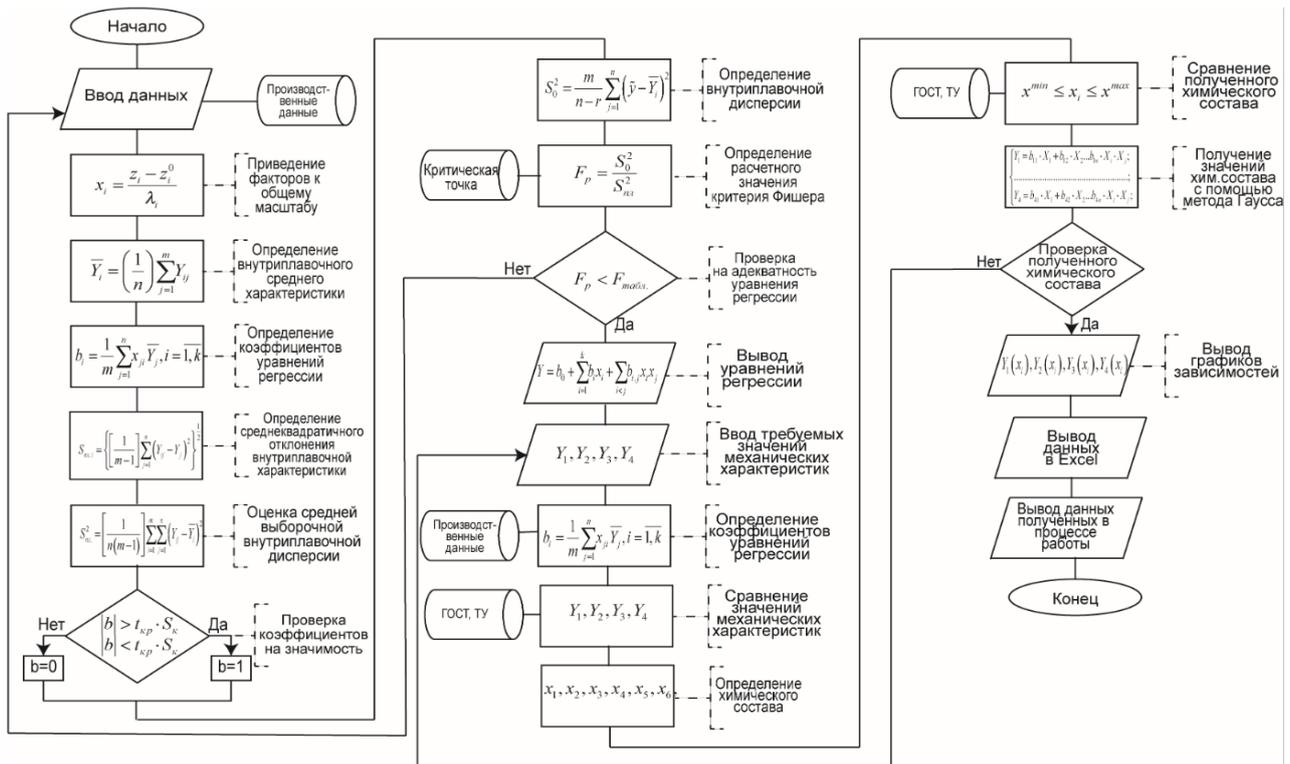
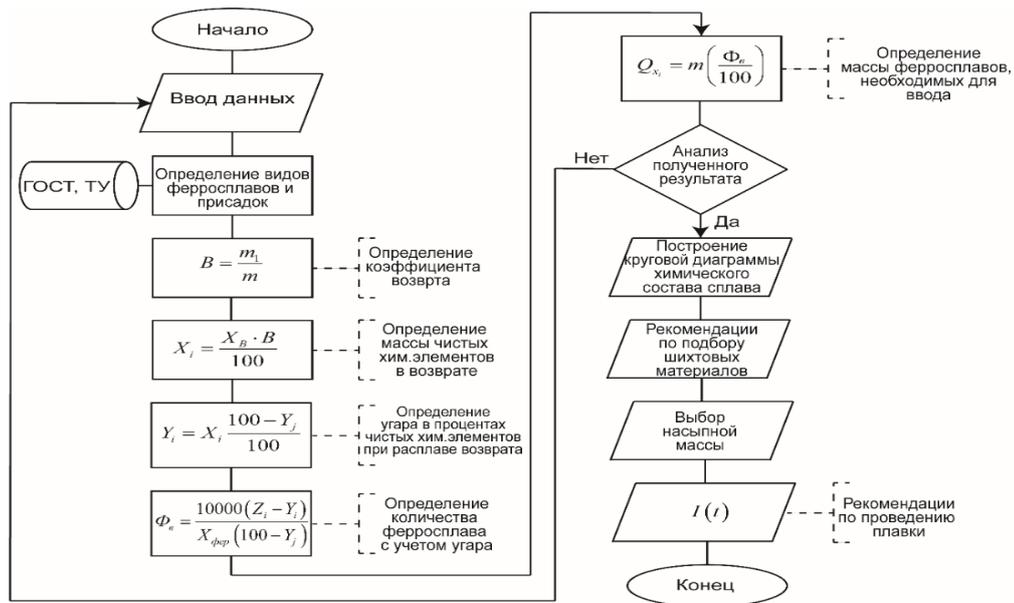


Рис. 2 – Алгоритм, реализованный в ПС *OptimalSostav*

При определении предварительного состава шихтовых и легирующих материалов учитывается тот факт, что количество химических элементов выгорает сильнее в периодах плавления и окисления, чем в процессе доводки и раскисления. Таким образом, при определении состава шихтовых и легирующих материалов устанавливается угар элементов из отдельных составляющих и рассчитываются их коэффициенты усвоения.

На рисунке 3 приведен алгоритм определения предварительного состава шихтового и легирующего материалов, реализованный в ПС *MaterialControl* [5].

Рис. 3 – Алгоритм, реализованный в ПС *MaterialControl*

Для обоснования точности разработанного алгоритмического обеспечения проведем исследование для валковой стали 75ХМФ с уровнем значимости – 0,05 и критической точкой – 2,037. Сформированные графики зависимостей исследуемой марки стали представлены на рисунках (4, а – б).

Исследуя графики функций, полученные методом аппроксимации функции, следует, что полученные значения коэффициентов детерминации достаточно высокие (рис. 4, в – г).

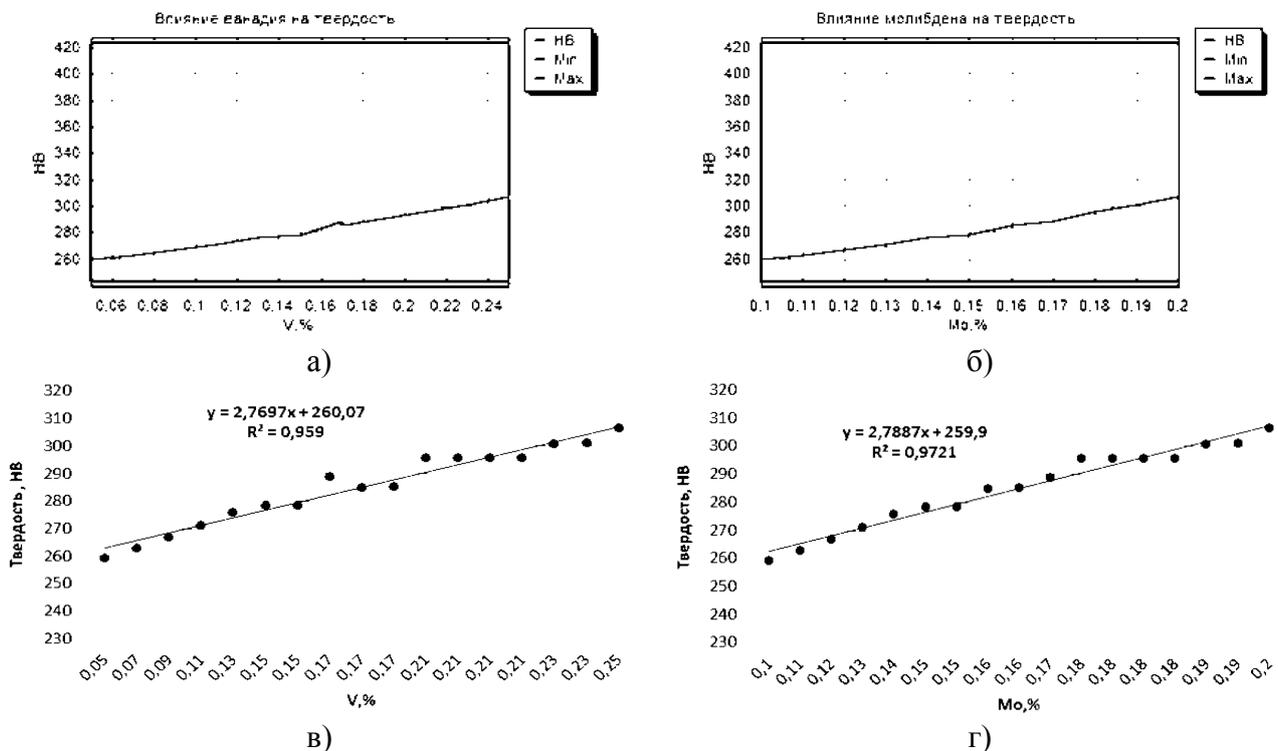


Рис. 4 – Графики исследуемой марки стали:

а-б – сформированные графики зависимостей; в-г – графики аппроксимирующих функций

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о вычислительной эффективности разработанного алгоритмического обеспечения, позволяющее скорректировать технологический процесс выплавки сталей в рамках заданного химического состава для достижения требуемого комплекса свойств.

Список литературы

1. Меркер Э.Э. Энергосбережение при выплавке стали в дуговых печах: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Металлургия» / Э.Э. Мерке, А.И. Кочетов, Д.А. Харламов. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 296 с.
2. Меркер Э.Э. Энергосбережение в промышленности и эксергический анализ технологических процессов: учебное пособие / Э.Э. Мерке. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 316 с.
3. Кочковская С.С. Информационное обеспечение подсистемы управления производственными ресурсами сталеплавильного производства / С.С. Кочковская, Е.С. Шелихов // Автоматизация в промышленности. – 2020. – № 2. – С. 5-8.
4. Свидетельство № 2018613600 Российская Федерация. Программа «Расчет оптимальных механических свойств по отношению к процентному содержанию легирующих элементов валковых марок сталей OptimalSostav»: свидетельство об официальной гос. регистрации программы для ЭВМ / С.С. Кочковская, А.И. Сердюк; заявитель и правообладатель Гос. образоват. учреждение Оренб. гос. ун-т. – № 2018610614; заявл. от 26.01.2018; зарегистр. 19.03.2018. – 1 с.
5. Свидетельство № 2019615170 Российская Федерация. Программа «Моделирование химического состава и оптимизация характеристик сталей и сплавов «Material Control»»: свидетельство об официальной гос. регистрации программы для ЭВМ / С.С. Кочковская; заявитель и правообладатель С.С. Кочковская. – № 219613540; заявл. от 02.04.2019; зарегистр. 19.04.2019. – 1 с.

2.3.3.

Т.Г. Орешенко канд. техн. наук, И.В. Назаров, А.В. Смирнов

Сибирский государственный университет науки и технологий им. ак. М. Ф. Решетнева,
Красноярск, veisver@mail.ru

МОНИТОРИНГ ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Статья посвящена системам мониторинга предотказного состояния рельсовых плетей с использованием наномодифицированных композиционных материалов. В данной работе описываются основные аспекты этой области, проблема контроля деформации путей и необходимость контроля, методы и способы контроля, используемые во всем мире, наиболее перспективный подход - китайская система, усовершенствованная система с использованием наномодифицированных композиционных материалов и принципиальная схема передающего устройства представленная в виде рисунка. Научная новизна заключается в универсальном подходе эффективного мониторинга критического предвыбросного состояния большого количества плетей с учетом их индивидуальных параметров закрепления, геометрии, материала, срока использования, режима нагрузки, режима освещенности, а также заключается в повышении точности мониторинга с учетом быстрых изменений напряженного состояния или технического состояния плетей при помощи калибровочной сенсорной системы.

Ключевые слова: сенсорная система, мониторинг, предотказное состояние, рельсовые плети, безопасность, сенсоры, диагностика железнодорожной инфраструктуры.

Современные железные дороги являются жизненно важной составляющей инфраструктуры во многих странах, обеспечивая эффективную транспортировку пассажиров и грузов. При этом безопасность железнодорожного движения остается одной из наиболее важных проблем. Одной из основных причин возникновения аварий на железнодорожном транспорте является деформация путей и рельсовых плетей. В связи с этим возникает необходимость в надежной системе контроля за предотказным состоянием рельсовых путей для обеспечения безопасности движения.

Деформация рельсовых путей и плетей может возникать из-за различных факторов, таких как износ материалов, температурные воздействия, статические и динамические нагрузки, а также другие внешние воздействия. Эти деформации могут привести к образованию трещин, снижению устойчивости путей и, в конечном итоге, к возникновению аварийных ситуаций. Поэтому контроль и раннее обнаружение деформаций важны для предотвращения возможных аварий и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте.

Актуальностью данного исследования, является следующее:

- использование бесстыкового пути имеет преимущества, но возникают проблемы с потерей устойчивости и образованием изгиба рельсовых плетей при значительных изменениях температуры;
- дальнейшее расширение бесстыкового пути требует разработки устройств мониторинга предотказного состояния пути;
- существующие устройства мониторинга имеют высокую стоимость и сложность применения для мониторинга большого количества плетей на многокилометровых дистанциях железнодорожных путей;
- разработка метода и автоматизированной системы мониторинга предотказного состояния пути является актуальной задачей железнодорожной промышленности для обеспечения безопасного движения поездов и увеличения протяженности бесстыкового пути.

Деформация рельсовых путей и плетей может возникать из-за различных факторов, таких как износ материалов, температурные воздействия, статические и динамические нагрузки, а также другие внешние воздействия. Эти деформации могут привести к образованию трещин, снижению устойчивости путей и, в конечном итоге, к возникновению аварийных ситуаций. Поэтому контроль и раннее обнаружение деформаций важны для предотвращения возможных аварий и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте.

В настоящее время существует несколько методов и способов контроля деформаций рельсовых путей. Один из распространенных подходов — это применение различных датчиков и сенсоров, установленных на путях и рельсовых плетях для постоянного мониторинга. Эти датчики обычно измеряют параметры, такие как температура, давление, деформация и напряжение. Полученные данные передаются на центральную станцию или систему, где происходит их анализ и принятие решений на основе полученных результатов.

В России наиболее известны следующие методы [1-7]:

1. Автоматизированная система измерения подвижек плетей в поперечном направлении СИ-1, разработанная Западно-Сибирской ДИ. Основана на измерении относительных перемещений магнитных меток при помощи сканирующего передающего устройства, установленного на вагоне-путеизмерителе.

2. Автоматизированная система СКБП, основанная на получении данных с датчиков, установленных на шейке рельса. Каждый датчик содержит тензометрический и температурный сенсоры, акселерометр и магнитометр. Измеренная информация поступает в передающий модуль, где преобразуется в силу напряжения рельса.

3. Расчетная методика проф. Новаковича В.И., (РГУПС), основанная на определении напряженной неровности в плане, которую можно установить по росту стрел изгиба рельсовых нитей. По измерению динамики годовых изменений размера стрел выполняется анализ скорости роста стрел и определяется опасное по устойчивости место в пути.

4. Система мониторинга напряженно-деформированного состояния бесстыковых плетей на основе измерений температуры, продольной и поперечной деформации рельса при помощи датчиков на основе оптических решеток Брэгга. В системе используется оптоволоконный канал связи.

5. Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ). Работа системы основана на сравнении координат поперечного положения рельса за счет считывания меток на рельсах, расположенных через каждые 100 м. В результате сравнения координат (исходных, предыдущих, текущих) определяется изменение длины или сдвигка плети.

6. Система КАПС БП УРРАН основана на использовании большого количества данных с нескольких измерительных систем (Комплексы КВЛ-П, СПЛ-ЧС200, РПИ и др.). Система оценивает путь по целому ряду показателей (угон плетей, рихтовка, состояние креплений, наличие отрясенных шпал и т.д.), определяет вероятность наступления выброса, ранжирует участки пути по степеням расстройств, что способствует принятию рациональных управленческих решений по текущему содержанию путевой инфраструктуры и планированию ремонтов.

7. Способ выявления опасных напряжений на основе метода магнитной памяти металла МПМ, разработанный в УрГУПС. Метод МПМ позволяет зафиксировать в плетях места магнитных аномалий, соответствующих зонам концентрации напряжений. Главное преимущество метода МПМ заключается в выявлении опасных напряжений в плетях до появления каких-либо внешних признаков.

Также в мировом научном пространстве упоминаются следующие системы [8-9]:

1. Plasser & Theurer (Австрия) производит путеизмерительный вагон EM100VT с двумя лазерными сканерами, которые регистрируют измерения профиля и положения рельс, изменение температуры рельс и воздуха. Данные обрабатываются в режиме реального времени для обнаружения любых отклонений, которые могут указывать на потенциальные проблемы на участке рельс.

2. Frauscher sensor technology (Австрия) разрабатывает интеллектуальные датчики InnoTrans, которые устанавливаются непосредственно на рельсы и используются акустические сигналы для оценки напряженно-деформированного состояния. Данные передаются по беспроводной сети в центральную систему мониторинга для обработки и анализа.

3. Компания Amber Technologies (Швеция) разработали систему Amberg GRP System FX, где используются лазерные, акселерометры и гироскопические датчики.

4. Pandrol (Франция) разработали передвижную систему Track Measurement and Analysis для измерения геометрических параметров и температуры рельсовых плетей.

5. RailWorks (США) предлагает систему мониторинга RailWorks Track System Monitoring (TSM). В системе мониторинга используются различные датчики, такие как акселерометры, тензометрические и датчик температуры. Датчики устанавливаются на транспортное средство, которое передвигается по рельсе и собирает данные в режиме реального времени.

6. China Academy of Railway Sciences (Китай) разработала робота для мониторинга бесстыковых путей, который может оценивать техническое состояние рельсовых плетей и производить ремонтные работы. Робот оснащен камерами, датчиками и другими измерительными устройствами. Кроме этого, роботом можно дистанционно управлять для выполнения регламентируемых работ по обслуживанию железнодорожных путей.

Анализ зарубежных литературных источников показывает соответствие уровня техники зарубежных мониторинговых систем отечественным. Также можно отметить, что в зарубежных системах основной упор делается на использование большого количества датчиков, в том числе лазерных, оптических, датчиков акустической эмиссии и датчиков, измеряющих напряженное состояние через магнитные характеристики металла.

Наиболее перспективным подходом к мониторингу деформации рельсовых путей является разработка, которая была представлена в Китае. Китайская система основывается на применении различных технологий, включая нанотехнологии и композиционные материалы, что позволяет достичь высокой точности и эффективности мониторинга.

Данная система представляет собой устройство для контроля температурных напряжений и нагрузок в стальных рельсах. Она включает датчики, размещенные на рельсах, которые непрерывно измеряют температурные данные. Эти данные передаются в центральный контроллер, где проводится анализ и обработка информации. Система позволяет регулировать температурные изменения в рельсах и предупреждать о возможных проблемах с напряжениями и нагрузками, что способствует безопасному и эффективному функционированию железнодорожного пути.

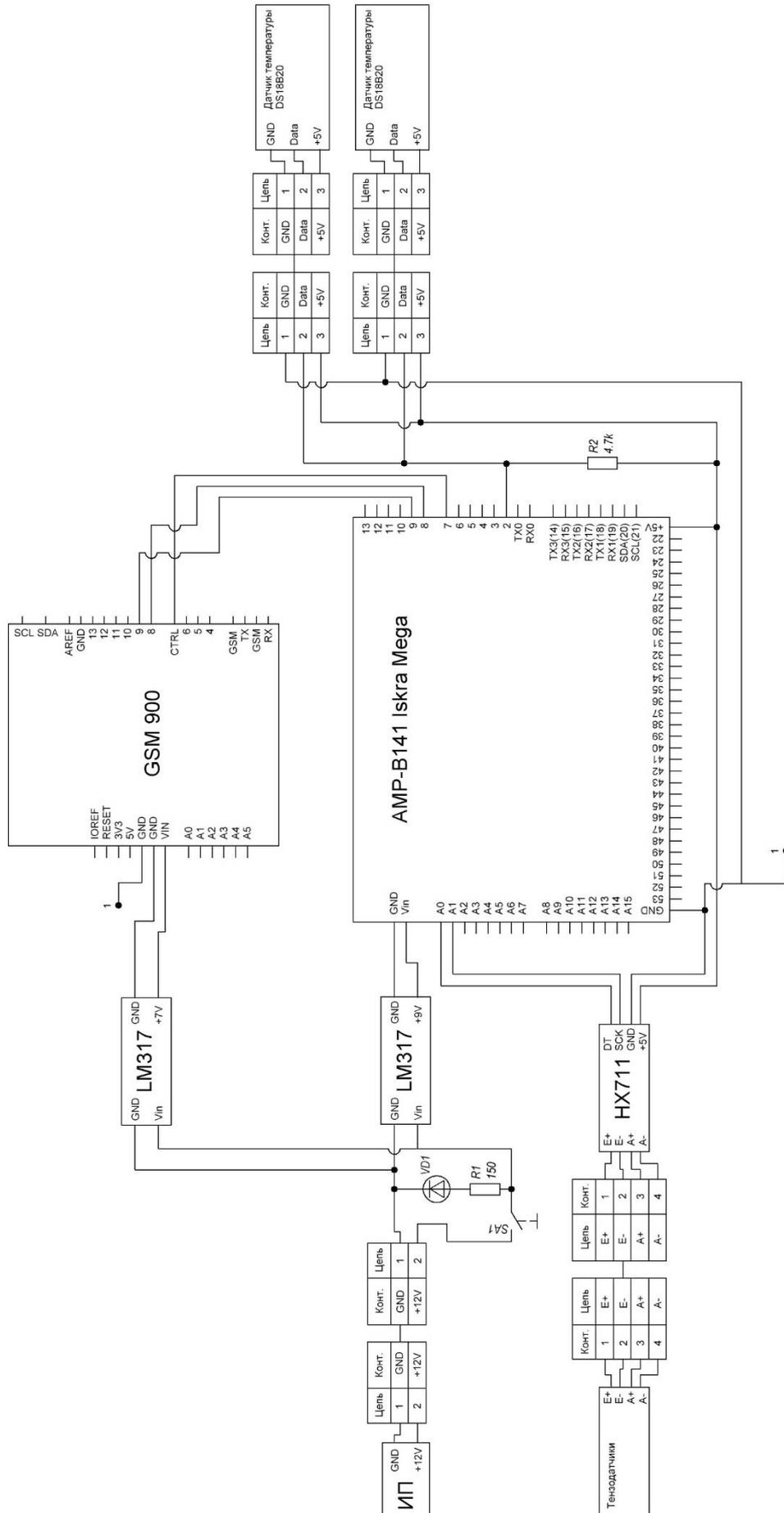


Рис 1 – Принципиальная схема передающего устройства

В отличие от китайской системы, исследователи из научной лаборатории «Интеллектуальные материалы и системы» СибГУ им. М.Ф. Решетнёва (СибГУ) разработали усовершенствованную систему контроля предотказного состояния рельсовых плетей. Основными компонентами этой системы являются два термодатчика и датчик из наномодифицированного композиционного материала.

Научно-техническая значимость создания предлагаемой системы заключается в повышении точности мониторинга с учетом быстрых изменений напряженного состояния плетей при помощи калибровочной сенсорной системы. Инновационная значимость предлагаемой системы состоит в её способности эффективно мониторить различные плети с учетом их индивидуальных характеристик и быстро реагировать на изменения состояния плетей, что позволяет обеспечить безопасное и надежное функционирование железной дороги.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема передающего устройства системы контроля предотказного состояния рельсовых плетей с использованием тензорезистивных датчиков.

Система работает следующим образом: тензодатчики, установленные на рельсовых плетях, реагируют на механическое напряжение при прохождении поездов. Это напряжение передается на термодатчики, которые отслеживают изменения температуры материалов плетей. Полученные данные обрабатываются цифровой сенсорной системой, которая анализирует уровень деформации путей и определяет их предотказное состояние. В случае обнаружения опасной деформации система автоматически по каналу GSM данные, позволяя операторам принять меры по предотвращению аварийных ситуаций.

Исследование цифровой сенсорной системы для мониторинга предотказного состояния рельсовых плетей с использованием наномодифицированных композиционных материалов является важным шагом в области обеспечения безопасности железнодорожного транспорта. Усовершенствованная система с тензорезистивными датчиками, разработанными в СибГУ, обещает обеспечить более точный и надежный мониторинг деформаций путей, что позволит своевременно предотвращать возможные аварийные ситуации и повышать безопасность железнодорожного транспорта в целом.

Работа выполнена в рамках реализации проекта: «Разработка цифровой сенсорной системы для мониторинга предотказного состояния рельсовых плетей с использованием наномодифицированных композиционных материалов» по заказу Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» и открытого акционерного общества «Российские железные дороги» - договор № 322 от 29.06.2023.

Список литературы

1. Патент RU94936U1 В61К 9/00 Система контроля деформации рельсовых плетей бесстыкового железнодорожного пути / Открытое акционерное общество "Российские железные дороги" (RU) з-ка № 2010103725/22, пр-тет 04.02.2010, публ. 10.06.2010.
2. Патент RU150721U1 В61К 9/08 Система контроля деформации рельсовых плетей бесстыкового железнодорожного пути / Открытое акционерное общество "РАДИОАВИОНИКА" (RU) з-ка № 2014136829/11, пр-тет 10.09.2014, публ. 20.02.2015
3. Патент RU2174082C1 В61К 9/08 Устройство для измерения продольных перемещений рельсовой плети железнодорожного пути / Виноградов Николай Павлович (RU) з-ка № 2000127662/28, пр-тет 08.11.2000, публ. 27.09.2001.
4. Патент RU2513338C1 В61К 9/08 E01B 35/12 Способ оценки состояния рельсового пути / Открытое акционерное общество "Российские железные дороги" (RU) з-ка № 2012153656/11, пр-тет 25.12.2012, публ. 20.04.2014
5. Патент RU2521095C1 В61К 9/08 G01N 27/82 G01N 29/04 Способ диагностики рельсового пути / Марков Анатолий Аркадиевич (RU) з-ка № 2013113759/11, пр-тет 27.03.2013, публ. 27.06.2014
6. Патент RU2521114C1 E01B 35/12 Способ контроля рельсовых плетей бесстыкового железнодорожного пути / Открытое акционерное общество "Объединенные электротехнические заводы" (ОАО "ЭЛТЕЗА") (RU) з-ка № 2012157562/11, пр-тет 27.12.2012, публ. 27.06.2014
7. Патент RU2617319C1 E01B 35/00 В61К 9/08 Способ контроля температурного режима работы бесстыкового железнодорожного пути / Общество с ограниченной ответственностью "Патентное бюро"(ООО "Патентное бюро") (RU) з-ка № 2016104116, пр-тет 09.02.2016, публ. 24.04.2017
8. Патент US2014/0145710A1 G01R 35/00 G01L 1/12 Система для калибровки и измерения механического напряжения в наименьшей части рельса / GRONTMIJNEDERLAND B.V., De Bilt (NL) з-ка № 2018131646, пр-тет 13.03.2012, публ. 23.12.2013
9. Патент CN203032699U В61К 9/08 Система контроля температурных напряжений (нагрузок) в стальных рельсах / SICHUAN CHENGGUAN ELECTRONIC TECHNOLOGY Co Ltd (CN) з-ка № 201220601238/6, пр-тет 15.11.2012, публ. 03.07.2013

2.3.3.

**А.В. Степура, А.А. Иванов, Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов,
О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru

МЕТОД УМНОЖЕНИЯ РАДИОЧАСТОТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО ГЕТЕРОДИНА С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ

«Радио-по-волокну» (РПВ) – многообещающая технология с рядом преимуществ, включая широкую полосу пропускания, высокую надежность, прозрачность и гибкость, которые делают ее привлекательной для удовлетворения требований к пропускной способности каналов передачи данных. Экономичное полнодуплексное решение является еще одной областью, на которую стоит обратить внимание. В работе для построения оптического двухчастотного гетеродина нисходящего канала, восстановления оптической несущей для восходящего канала и основной частоты связи для радиоканала предложено применить фотонное двенадцатикратное умножение радиочастоты с поляризационным подавлением несущей на одном амплитудном электрооптическом модуляторе, работающем в точке максимального пропускания для того, чтобы получить разностную частоту в 60 ГГц. Необходимость получения указанной частоты обусловлена возможностью при ее передаче по волокну избежать потерь на поглощение кислорода и обеспечить широкую полосу пропускания в радиоканале. Кроме того, использование радиоканала в указанном диапазоне не требует получения лицензии.

Ключевые слова: радиофотоника; радио-по-волокну; нисходящий канал; двухчастотный гетеродин; восходящий канал; несущая; амплитудный электрооптический модулятор; фотонное умножение; фотосмещение.

Введение и постановка задачи. Принцип оптического двухчастотного гетеродина в каналах передачи данных РПВ заключается в том, что в волокне формируются два луча с разностью частот равной требуемой частоте миллиметрового диапазона, после соединения которых в фотоприемнике генерируется сигнал миллиметрового диапазона для дальнейшего распространения информации на радиочастоте [1, 2]. Внешняя модуляция является наиболее распространенным методом генерации миллиметровых волн [3, 4]. По сравнению с однополосной и двухполосной модуляцией, использование модуляции с подавлением несущей для генерации сигнала миллиметрового диапазона имеет много преимуществ. Устойчивость к дисперсии и потерям генерируемого сигнала при передаче по волокну, широкий диапазон частот и низкий уровень собственных шумов фотоприемника. Однако в большинстве систем для фильтрации оптической несущей используются устройства, зависящие от длины волны, что ограничивает общую полосу пропускания системы. Управляя направлением поляризации, оптическая несущая может быть полностью подавлена без использования фильтров. В [1] показано четырехкратное увеличение модулирующей частоты с получением миллиметровой разностной частоты в 40 ГГц, в [2] предложена генерация с восьмикратным умножением миллиметровой разностной частоты 72 ГГц с использованием метода.

В данной статье теоретически и модельно продемонстрирована система РПВ, основанная на мультиплексировании поляризации и подавлении несущей для генерации миллиметровых волн с двенадцатикратным умножением модулирующей радиочастоты.

Структурная схема системы. Поляризационный разделитель луча (ПРЛ) разделяет оптическую несущую (рис. 1), генерируемую в лазере (ЛД) и прошедшую контроллер

поляризации КП1, на два ортогональных направления x и y . Амплитудный электрооптический модулятор Маха-Цендера (ММЦ) со смещением постоянным напряжением в точку максимальной выходной интенсивности модулирует несущую на радиочастоте в 5 ГГц по оси x .

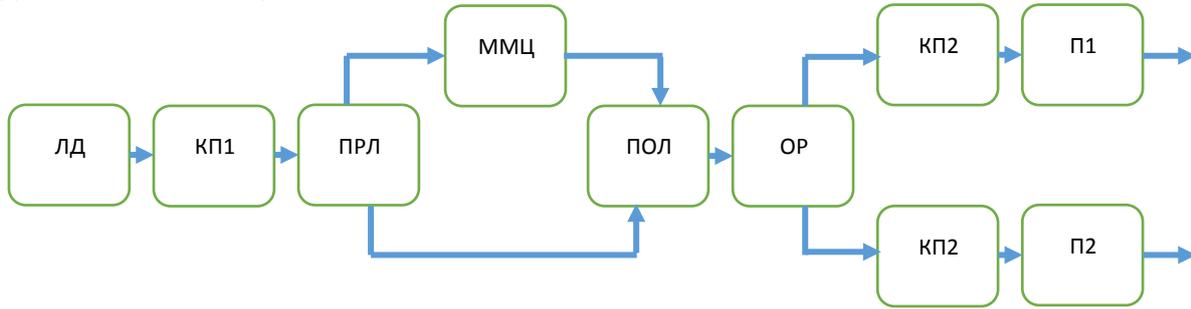


Рис. 1 – Структурная схема оптического двухчастотного гетеродина

Управляя индексом модуляции ММЦ, генерируется две боковых полосы, разнесенные на шестикратно умноженную частоту модуляции от несущей. При этом несущая частота и другие нежелательные четные боковые полосы имеют существенно меньшую амплитуду. В это же время оптическая несущая по оси y остается немодулированной. Затем оба луча объединяются с помощью поляризационного объединителя лучей ПОЛ обратного ПРЛ. Регулируя угол θ между главной осью одного из поляризаторов на базовой станции (БС) и главной осью ПРЛ, система может выделить оптические составляющие разнесенные на 60 ГГц или оптическую несущую. По сравнению с упомянутыми выше методами наша система использует более низкочастотный СВЧ-генератор. Устройства, необходимые для системы, относительно недороги и легко доступны, например, ММЦ ПАО ПНППК (Пермь), лазеры и фотоприемники НИИ «Полюс» (Москва).

Принцип работы фотонного двухчастотного гетеродина. Спектрально чистое двухчастотное излучение с двенадцатикратно умноженной разностной частотой, равной модулирующей частоте, было получено нами с использованием ММЦ.

На рис. 2 представлены нулевой и четные порядки функции Бесселя J первого рода, характеризующие модуляционные свойства ММЦ. Мы можем найти, что в [1], когда индекс модуляции m равен 3,2, соответствующее значение $J_2(m)=0,486$, а $J_4(m)$, $J_6(m)$ намного меньше, чем $J_2(m)$. В [2] когда индекс модуляции m равен 5,18, соответствующее значение $J_4(m)=0,398$, а $J_2(m)$, $J_6(m)$ намного меньше, чем $J_4(m)$. В нашем случае индекс модуляции m равен 11,5, соответствующее значение $J_6(m)=-0,243$, а $J_2(m)$, $J_4(m)$ намного меньше, чем $J_6(m)$. Таким образом, последними порядками боковых полос во всех случаях можно пренебречь без существенных ошибок.

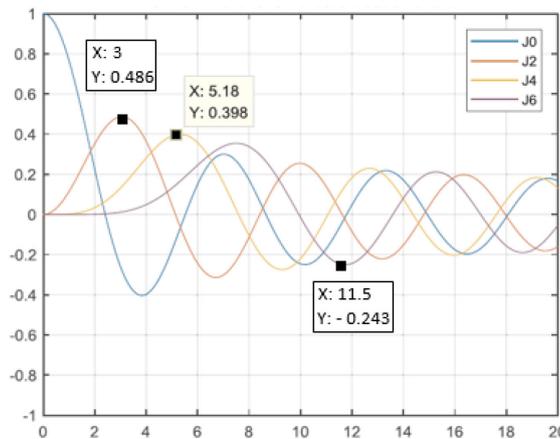


Рис. 2 – Функции Бесселя первого рода нулевого и четных порядков

На выходе модулятора по направлению x – модулированная несущая – получим:

$$E_{x\text{ММЦ}} \propto \gamma E_0 \left[J_0(m) \cos(2\pi f_0 t + \varphi) + J_6(m) \exp j2\pi(f_0 \pm 6f_{RF}) \right], \quad (1)$$

а для направления y – немодулированная несущая – получим:

$$E_y \propto (1 - \gamma) E_0 \exp j2\pi f_0 t, \quad (2)$$

где E_0 – амплитуда оптической несущей; γ – коэффициент деления ПРЛ.

Затем для поляризационного мультиплексирования двух ортогонально поляризованных сигналов (1) и (2) используется ПОЛ. ПОЛ соединен с оптическим разветвителем ОР, который подает излучение на два ортогональных КП2 и КП3 и поляризатора П1 и П2. Регулируя угол между главными осями КП2-П1 и КП3-П2 и главной осью ПОЛ, выходной сигнал поляризатора можно выразить как:

по направлению x – модулированная несущая – получим:

$$E_{xП1} \propto \Re(\gamma, \varphi, \theta) E_0 \left[J_0(m) \cos(2\pi f_0 t + \varphi) \right] + \\ + \gamma E_0 \cos \theta \left[J_6(m) \exp j2\pi(f_0 \pm 6f_{RF}) \right], \quad (3)$$

а для направления y – немодулированная несущая – получим:

$$E_{yП2} \propto (1 - \gamma) \sin \theta E_0 \exp j2\pi f_0 t, \quad (4)$$

где θ – угол между основными осями ПОЛ и П1/П2.

После обнаружения ФП с квадратичным откликом фототок генерируемого двенадцатикратного сигнала модулирующей частоты на выходе П1 ($\theta=0$) может быть выражен как:

$$I_{xП1}(t) \propto \Re^2(\gamma, \varphi, \theta) \cos(2\pi 12 f_{RF} t), \quad (5)$$

и будет сформирован сигнал миллиметровой частоты для радиоканала РПВ. При этом на выходе ортогонального поляризатора П2 ($\theta=\pi/2$) будет сформирован сигнал восстановленной несущей для восходящего канала.

Модельный эксперимент был проведен в программной среде Optiwave System и подтвердил, приведенные выше математические выкладки.

Заключение. Теоретически предложена система РПВ с оптическим двухчастотным гетеродином в нисходящем канале, основанная на поляризационном мультиплексировании и подавлении несущей, для генерации миллиметровых волн радиоканала на частоте, равной двенадцатикратной частоте модуляции, и восстановления несущей для восходящего канала. При модулирующей радиочастоте 5 ГГц, генерируется радиочастота канала связи 60 ГГц. Для формирования двухчастотного оптического гетеродина, разнесенного на указанную частоту, используется один ММЦ, смещенный в максимальную рабочую точку. Результаты подтверждены модельно. Система может быть реализована на импортозамещающей базе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического академического лидерства Приоритет-2030.

Список литературы

1. He J., Chen L., Dong Z. et al. Full-duplex radio-over-fiber system with photonics frequency quadruples for optical millimeter-wave generation // Optical Fiber Technology. 2009. V. 15. P. 290-295.
2. Fan S., Cao C., Zeng X. et al. A RoF system based on polarization multiplexing and carrier suppression to generate frequency eightfold millimeter-wave // Results in Physics. 2019. V. 12. P. 1450-1454.
3. Sakhabutdinov A.J. et al. Two-frequency radiation forming for subtera-hertz carriers generation in optical range // Proc. SPIE. 2018. V. 10774. P. 1077414.
4. Хабибуллин Р.А. и др. Методы формирования двухчастотного излучения с разностной частотой, лежащей в терагерцовом диапазоне // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2017. Т. 20, № 3-2. С. 41-46.
5. Степура А.В. и др. Метод умножения в схемах симметричного радио-фотонного измерения мгновенной радиочастоты на основе избирательных элементов // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. №6. С. 203-205.

2.3.3.

**А.В. Степура, А.А. Иванов, Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов,
О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО ЧИСТОГО ДВУХЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРВОМ КАСКАДЕ УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТ НА АМПЛИТУДНОМ МОДУЛЯТОРЕ

«Радио-по-волокну» (РПВ) является многообещающим методом предоставления услуг широкополосного беспроводного доступа в новых оптико-беспроводных сетях передачи данных. Технология РПВ имеет много преимуществ по сравнению с распределением электрических сигналов, таких как низкие потери на затухание, широкая полоса пропускания, устойчивость к радиочастотным помехам, простота установки и обслуживания, низкое энергопотребление и многофункциональность. Одним из ключевых каскадов в системе РПВ является генерация сигнала миллиметрового диапазона для формирования базовой частоты радиоканала. Предлагается несколько методов генерации высокочастотных миллиметровых волн на основе амплитудного электрооптического модулятора с использованием модулирующего радиочастотного (РЧ) сигнала, лежащего в низкочастотной области СВЧ-диапазона (единицы ГГц). В работе приводится обзор методов получения спектрально чистого двухчастотного излучения в указанном частотном диапазоне, являющегося первым звеном каскада умножения и определяющего спектральную чистоту излучения выходного каскада умножения с разностной частотой в области миллиметровых волн (десятки ГГц).

Ключевые слова: радиофотоника; радио-по-волокну; двухчастотный гетеродин; амплитудный электрооптический модулятор; поляризационный метод; метод Каваниши; метод Ильина-Морозова.

Введение и постановка задачи. Генерация миллиметровых волн на основе каскада амплитудных электрооптических модуляторов имеет ряд преимуществ, таких как низкий уровень радиочастотного сигнала, узкая полоса пропускания модулятора и высокое оптическое отношение сигнал/шум. Для будущих систем передачи данных РПВ может потребоваться оптический миллиметровый сигнал с частотой до 240 ГГц [1].

Очевидно, что генерировать такого рода двухчастотные оптические излучения с разностной частотой, лежащей в диапазоне миллиметровых волн на основе только двух каскадов модуляторов затруднительно. Кроме того, для реализации указанных преимуществ систем РПВ двухчастотное излучение должно быть спектрально чистым, т.е. с подавленной несущей (как минимум до -40 дБ). Однако не все предложенные методы могут позволить достичь этого значения. В данной статье обзорно показаны методы подавления несущей для достижения значения -40 дБ. Опорным вариантом будет считаться амплитудный электрооптический модулятор, работающий в рабочей точке с минимальным пропусканием, обеспечивающей подавление несущей до -20 дБ [1].

Основным недостатком данной работы [1] является отсутствие учета не до конца подавленной несущей, считается, что она отсутствует. При каскадном умножении наличие не до конца подавленной несущей может привести к формированию паразитных частотных гармоник равных или кратных требуемой по частоте и формированию основной радиочастоты канала передачи данных с высоким коэффициентом нелинейных искажений.

Для полного подавления несущей будут рассмотрены метод мультиплексирования поляризации несущей [2], метод Каванаши [3] и метод Ильина-Морозова [4-5].

Поляризационный метод. Поляризационный разделитель луча (PBS) разделяет оптическую несущую (рис. 1), генерируемую в лазере (LD) и прошедшую контроллер поляризации PC1, на два ортогональных направления x и y .

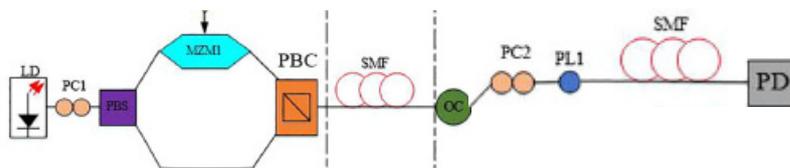


Рис. 1 – Структурная схема реализации поляризационного метода (адаптировано из [2])

Амплитудный электрооптический модулятор Маха-Цендера (MZM1) со смещением постоянным напряжением в точку минимальной выходной интенсивности модулирует несущую на низкой радиочастоте по оси x (отличие от оригинала [2] в том, что в нем используется точка максимальной выходной интенсивности).

Управляя индексом модуляции MZM1, генерируется две боковых полосы, разнесенные на удвоенную частоту модуляции от несущей. При этом несущая частота подавлена на -20 дБ. В это же время оптическая несущая по оси y остается немодулированной. Затем оба луча объединяются с помощью поляризационного объединителя лучей PBC. Регулируя угол θ между главной осью PC2 и поляризатора PL1 и главной осью PBC, система может выделить оптические составляющие с оптической несущей, подавленной до -40 дБ. Устройства, необходимые для реализации системы, относительно недороги и легко доступны, например, ММЦ ПАО ПНППК (Пермь), лазеры и фотоприемники НИИ «Полнос» (Москва). Однако реализация метода использования множества поляризационных контроллеров, призм Валлостона, поляризаторов, что значительно усложняет ее реализацию, и что особенно важно управление ее характеристиками.

Метод Каваниши. Если в [2] используется однопортовый MZM1, то в методе Каваниши [3] двухпортовый (рис. 2).

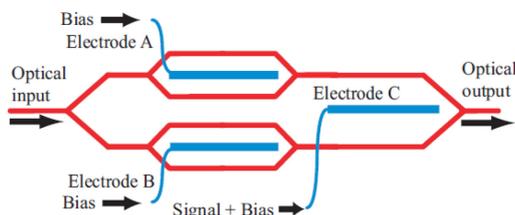


Рис. 2 – Структурная схема реализации метода Каваниши (адаптировано из [3])

Амплитудный модулятор с активными триммерами (электроды А и В) может обеспечить модуляцию с высоким уровнем подавления несущей. Как показано на рис. 2, модулятор имеет пару вспомогательных MZM с электродами А и В в основном MZM (электрод С). Вспомогательные MZM компенсируют дисбаланс в основном MZM, вызванный ошибками изготовления. Балансом амплитуд между двумя плечами в основном MZM можно управлять, изменяя постоянное напряжение смещения, подаваемое на электроды А и В. Сигнал смещения на электроде С регулирует оптическую разность фаз между двумя плечами основного MZM, а сигнал модуляции служит для формирования двухчастотного излучения. Диапазон дополнительного подавления несущей может достигать $21 - 54$ дБ.

Реализация метода Каваниши требует на сегодняшний день закупки комплектующих за рубежом, однако, при этом управление модулирующим каскадом реализуется с помощью контроллера рабочих точек.

Метод Ильина-Морозова. Спектрально чистое двухчастотное излучение было получено нами с использованием последовательного радиофотонного звена на основе лазерного диода и тандемного амплитудно-фазового модулятора, предложенного в [4-5] и показанного на рис. 3.

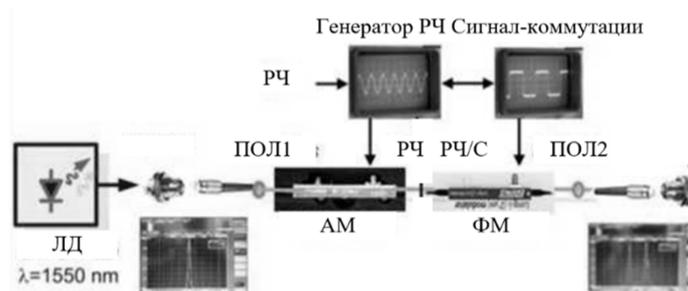


Рис. 3 – Структурная схема реализации метода Ильина-Морозова [6]

Амплитудный модулятор (АМ) работает в точке квадратуры, фазовый модулятор (ФМ) коммутирует фазу полученного АМ-излучения на 180° при каждом прохождении его огибающей минимума. На выходе звена получены составляющие $J_1(z)=0,64$, $J_3(z)=0,06$, где z – модуляционный параметр. Максимальный коэффициент преобразования первой полезной составляющей равен 0,64. Если $J_1(z)=0,58$ третью гармонику можно не учитывать.

Есть еще два важных момента, которые необходимо отметить, – равенство амплитуд спектральных составляющих и противоположность их фаз, вне зависимости от расположения рабочей точки, и простота перестройки частоты, что объясняется использованием одного модулирующего сигнала. Достижимый уровень подавления несущей $-49 \dots -62$ дБ.

Каскад может быть реализован на амплитудном и фазовом модуляторах производства ПАО ПНППК (Пермь). Недостаток схемы – использование двух модуляторов. Однако при изготовлении модуляторов на уровне ФИС в Сколково или МИФИ данный недостаток нивелируется.

Заключение. Для приложений систем передачи данных РПВ требуется спектрально чистая модуляция оптического сигнала. Эта статья посвящена методам оптической модуляции и их применению для формирования двухчастотных излучений и высокоэффективного подавления несущей. Оптические модуляторы, использующие электрооптический эффект, обеспечивают точное управление спектрами. Коэффициент их экстинкции характеризует точность оптической модуляции с помощью ММЦ. Коэффициент ослабления несущей может быть больше -40 дБ, в то время как у обычного модулятора он составляет -20 дБ. При этом спектральные профили двухтональных оптических сигналов не зависят от частотной характеристики модулятора, а лучшими, на наш взгляд, характеристиками обладает метод Ильина-Морозова.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического академического лидерства Приоритет-2030.

Список литературы

1. Lu J., Dong Z., Chen L. et al. High-repetitive frequency millimeter-wave signal generation using multi-cascaded external modulators based on carrier suppression technique // Optics Communications. 2008. V. 281. P. 4889-4892.
2. Fan S., Cao C., Zeng X. et al. A RoF system based on polarization multiplexing and carrier suppression to generate frequency eightfold millimeter-wave // Results in Physics. 2019. V. 12. P. 1450-1454.
3. Kawanishi T. Precise optical modulation and its application to optoelectronic device measurement // Photonics. 2021. V. 8. P. 160.
4. Стенура А.В. и др. Метод умножения в схемах симметричного радио-фотонного измерения мгновенной радиочастоты на основе избирательных элементов // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. №6. С. 203-205.
5. Хабибуллин Р.А. и др. Методы формирования двухчастотного излучения с разностной частотой, лежащей в терагерцовом диапазоне // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2017. Т. 20, № 3-2. С. 41-46.

2.3.3.

О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, В.В. Авсиевич, Ю.Е. Резников, А.В. ИващенкоООО «Открытый код»,
Самара, anton.ivashenko@gmail.com**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ
«ГАРАНТИР КАЧЕСТВА»**

В статье предлагается методика по реализации и внедрению системы машинного зрения в рамках цифровой трансформации визуального технического контроля качества производства. Рассматриваются достоинства и недостатки современных технологий. Описываются новые возможности по реализации машинного зрения с помощью технологий искусственного интеллекта в цифровой платформе «Гарантир качества». Излагается новая методика построения системы технического контроля продукции с использованием предложенной цифровой платформы.

Ключевые слова: управление качеством, менеджмент качества, организация производства, гарантир качества, машинное зрение, цифровая трансформация.

Современные технологии машинного зрения могут быть весьма полезны на современном производстве при реализации визуальных методов технического контроля качества продукции. Они проигрывают в точности и надежности по сравнению с инструментальными методами контроля, однако обладают существенными преимуществами в экономичности и универсальности. С учетом тенденций по цифровой трансформации производственных предприятий, актуальных в настоящее время, для машинного зрения можно определить вполне конкретную нишу по рациональному совершенствованию системы менеджмента качества.

В структуре системы менеджмента качества методам и средствам технического контроля уделяется достаточно важное место [1]. Применение технологий машинного зрения [2] позволяет добиться достаточно высокой результативности при выполнении сборочных операций [3], выявления визуально наблюдаемых дефектов [4], а также в менеджменте качества сложной техники [5]. Развитие возможностей по обработке изображений, а также применение элементов искусственного интеллекта позволяет применять машинное зрение и там, где требуется высокая точность, например, для визуально-измерительного контроля труднодоступных узлов сложной техники [6].

Стоит отметить успешный опыт реализации текущего контроля брака на предприятии, на котором работают люди с ограниченными возможностями здоровья [7]. В данном случае результативность применения машинного зрения обеспечена необходимостью компенсации человеческого фактора и большей адаптивностью рабочих мест к особенностям персонала.

Новые возможности по реализации машинного зрения с помощью технологий искусственного интеллекта были обеспечены в новой цифровой платформе «Гарантир качества» [8]. Платформа представляет собой набор аппаратно-программных модулей для визуального технического контроля качества производства и программного обеспечения по семантико-статистической обработке больших данных, характеризующих состояние технологического процесса.

Будучи интегрирован в единое информационное пространство предприятия, Гарантир качества позволяет собирать данные по каждому отдельному рабочему месту или производственному участку и передавать их в цифровую платформу интегрального мониторинга [9] в составе ситуационного центра управления производством. Универсальность применяемых моделей позволяет использовать Гарантир качества для

контроля качества механической обработки изделий и выявлении визуально наблюдаемых дефектов, а также для контроля корректности выполнения ручных и роботизированных операций персоналом.

В настоящее время реализовано несколько модулей Гарантира качества для контроля результатов механической обработки в машиностроении и контроля внутренних отверстий с помощью видеокамеры-эндоскопа (см. Рис. 1).

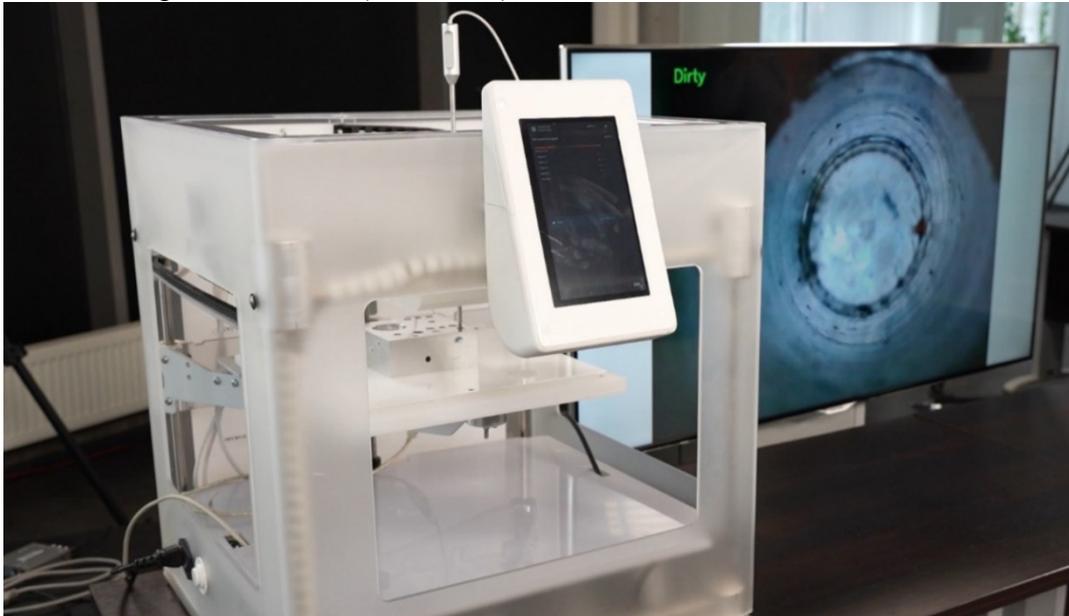


Рис. 1 - Модуль Гарантира качества для технического контроля отверстий

Распознавание изображений производится с помощью искусственных нейронных сетей, для обучения которых могут использоваться видеосъемки годных деталей, брака, корректно выполняемых технологических операций и возможных отклонений, в том числе девиантного поведения, вызванного влиянием человеческого фактора. Такой подход повышает универсальность применения модулей Гарантира качества на производстве и позволяет использовать его для решения широкого круга задач технического контроля.

В связи с этим для внедрения Гарантира качества на конкретных предприятиях была разработана методика, позволяющая учесть специфику производственных процессов и адаптировать модули цифровой платформы в соответствии с актуальными требованиями качества (см. Рис. 2).

На основе сопоставления набора целевых показателей качества и текущего состояния производственного процесса производится выявление узких мест и поиск наиболее подходящих точек внедрения модулей технического контроля. В рамках этого процесса осуществляется рациональное покрытие производственных участков с учетом возможностей визуального технического контроля.

Затем в условиях непосредственного применения модулей производится накопление обучающих данных и настройка нейросетевых алгоритмов обработки изображений. Для этого могут быть использованы статистические данные и результаты видеосъемки производственных операций, выполняемых высокопрофессиональными исполнителями. В случае сложности задания образцов брака производится трехмерное моделирование дефектов с высокой реалистичностью и дополнение обучающей выборки результатами симуляции.

Результаты контроля качества передаются в цифровую платформу интегрального мониторинга производства, представляющую собой основу для бизнес-анализа и ситуационного управления качеством. Таким образом, Гарантير качества позволяет реализовать интеллектуальную поддержку принятия решений не только на уровне рабочих мест и производственных участков, а также в целом на уровне руководства производственным предприятием.

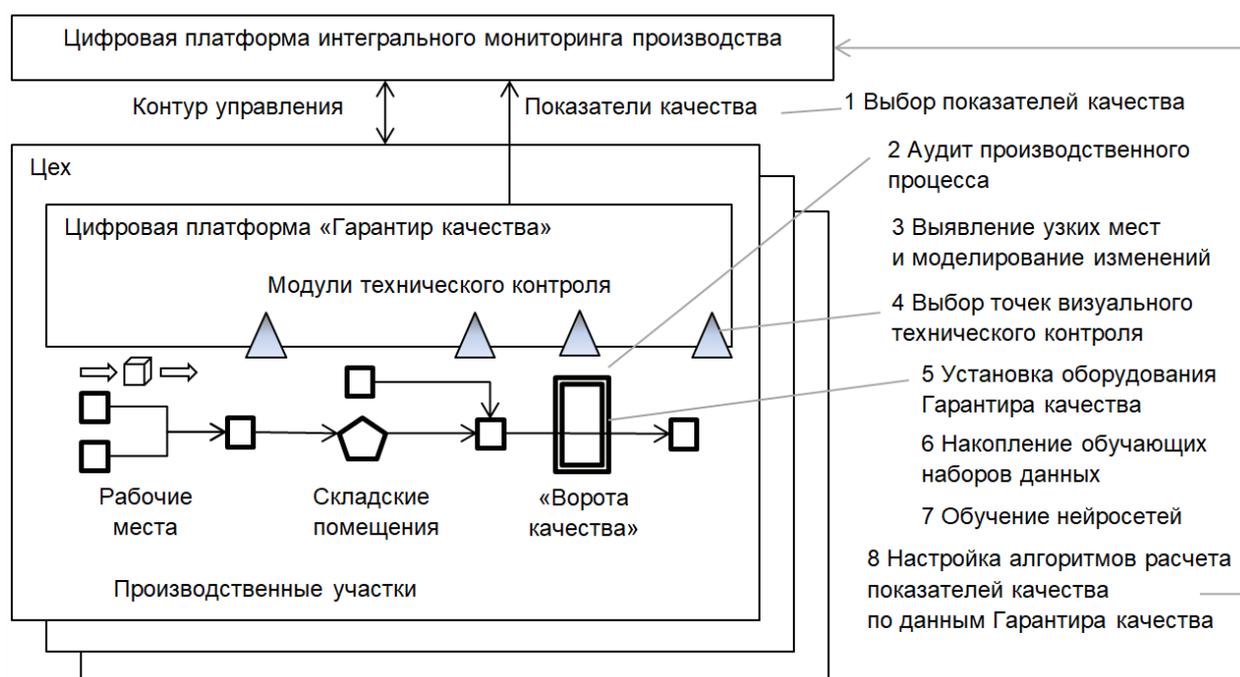


Рис. 2 – Методика построения системы технического контроля продукции с использованием машинного зрения на основе платформы «Гарантир качества»

В настоящее время описанное решение проходит апробацию на ряде производственных предприятий автомобилестроения и авиастроения и обретает высокий потенциал по использованию в отрасли.

Список литературы

1. Касперович С.А., Коновальчик Г.О. Организация производства и управление предприятием. – Минск: БГТУ, 2012. – 344 с
2. Чупринова О.В., Степашкина А.С., Помазан Е.В. Метод машинного зрения для контроля качества продукции // Инновационное приборостроение. - Т. 2. - № 3. - 2023. - с. 17 – 20
3. Мироненко В.В., Алексеев А.А. Исследование внедрения машинного зрения на производстве для контроля узлов при сборке агрегатов планера самолета // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - № 6. - 2022. - с. 35 – 40
4. Молотков А.А., Третьякова О.Н., Тужилин Д.Н. О разработке и применении программной платформы машинного зрения для различных лазерных технологий // Научная визуализация. - Том 14. - № 5. - 2022. - с. 108 – 118
5. Кадыров И.Р., Кривов А.В., Мельников Р.В. Автоматизированный способ контроля качества поверхности стекла и зеркал при помощи алгоритмов машинного зрения для гироскопических устройств и приборов // Интеллектуальные системы в производстве. - Том 20. - № 2. - 2022. - с. 68 – 77
6. Батиев В.И., Мачихин А.С., Горевой А.В., Хохлов Д.Д., Наумов А.А., Перфилов А.М., Калошин В.А. Методы и средства визуально-измерительного контроля труднодоступных узлов ракетно-космической техники // Главный механик. - № 3. - 2022. - с. 168 – 177
7. Surnin O., Sitnikov P., Gubinkiy A., Dorofeev A., Nikiforova T., Krivosheev A., Zemtsov V., Ivaschenko A. Augmented reality implementation for comfortable adaptation of disabled personnel to the production workplace // Proceedings of the 35th Annual European Simulation and Modelling Conference, 2021. - pp. 64 – 69
8. Ситников П.В., Тучкова Е.М., Дубинина И.Н., Додонова Е.А., Головнин О.К., Иващенко А.В. Цифровая платформа интегрального мониторинга региона // Научно-технический вестник Поволжья. - № 5. - 2023. - с. 158 – 160

2.3.3.

¹К.А. Ходжанепесов, ¹А. Ниязгулыева,
²Д.Н. Матвеев, ²И.И. Нуреев, ²В.Ю. Виноградов, ²Г.Д. Коверин

¹Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана,
кафедра радиосвязи и радиотехнических систем,
Ашгабат,

²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru

ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ. РАДИОФОТОННЫЙ ПОДХОД

На эффективность фотоэлектрической панели (ФП) серьезно влияют препятствия, блокирующие солнечное излучение, грязь, скопившаяся на защитном стекле солнечной панели, старение материала фотоэлементов, а также температура. Эффекты старения фотоэлементов, а в большей степени их температура влияют на ВАХ ФП, поэтому система измерения на месте параметров ее рабочих характеристик может предоставить ценную информацию для оптимизации выработки электроэнергии. Панели ФП обычно тестируются на заводе-изготовителе один раз и в стандартных условиях, при этом стоимость демонтажа с монтажного приспособления и их испытания всегда непомерно высока. Следовательно, каждая ФП обычно остается без присмотра в течение всего срока службы, что приводит к неоптимальной выработке электроэнергии со значительными затратами. В статье предлагается методология мониторинга температуры фотоэлементов ФП, которая обеспечивает определение их температуры по площади на основе сетей волоконно-оптических датчиков (ВОД) и их адресного опроса с использованием радиофотонного подхода.

Ключевые слова: фотоэлектрическая панель; мониторинг температуры; сеть волоконно-оптических датчиков; выбор структуры сети; адресные волоконные брэгговские структуры, радиофотонное мультиплексирование.

Введение и постановка задачи. Температура, при которой работают ФП, – один из ключевых факторов, определяющих их эффективность. Фотоэлементы имеют ограниченную эффективность – они не в состоянии преобразовать всю полученную от солнца энергию в электричество; остальная энергия при этом преобразуется в тепло. Повышенная температура вызывает уменьшение ширины запрещенной зоны полупроводника. Т.е. с ростом температуры ширина зоны уменьшается, и ток насыщения увеличивается из-за меньшей энергии, необходимой для образования электронно-дырочных пар. При этом ток короткого замыкания незначительно увеличивается, в то время как напряжение холостого хода уменьшается и приводит к заметному уменьшению доступного максимума мощности [1-3].

Температуру ФП в основном контролируют с помощью традиционных методов, таких как термопары, датчики термометров сопротивления и тепловизионные камеры [4]. Однако эти традиционные методы имеют многочисленные недостатки, такие как низкая точность, нелинейный отклик, низкое разрешение, длительное время отклика, склонность к самонагреву и нестабильность. С другой стороны, ВОД представляют собой многообещающее альтернативное решение благодаря своим преимуществам, таким как устойчивость к электромагнитным помехам, высокая чувствительность, широкий диапазон и высокий потенциал мультиплексирования [5].

Примечательно, что использование в ВОД чувствительных элементов на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) широко распространено в высокотемпературных приложениях, до 300 °С, что определяется характеристиками их покрытия, например, полиимида. ВОД на ВБР использовались для одновременного измерения деформации и температуры с использованием метода опроса высокого разрешения их выходных спектров для повышения точности измерения. Один канал ВБР использовался для измерения распределения температуры при квази-распределенном методе измерения по многим точкам. Таким образом, ВБР могут использоваться для квази-распределенных измерений по площади ФП и для измерения нескольких физических величин – температуры и деформации ФП. В первой части статьи произведем выбор топологии сети датчиков, во второй – принципы применения адресного радиофотонного мультиплексирования, для существенного снижения стоимости канала измерения при замене ВБР, использующих для опроса дорогостоящий оптоэлектронный интеррогатор, на адресные волоконные брэгговские структуры (АВБС) с адресным радиофотонным интеррогатором низкой стоимости и лучшими метрологическими характеристиками [6-9].

Топология сети ВОД для системы мониторинга температуры ФП. Для минимизации перекрытия ФП волокном необходимо решить задачу расстановки наименьшего количества ВОД на ней для обеспечения заданной точности контроля температуры по аналогии с [10]. Используем критерий максимума информации или минимум энтропии, а также вероятностный подход. Есть некое температурное поле $S(x)$, где 1-ый датчик устанавливается в точке максимума энергии, как правило в центре ФП.

Координата k -ой точки контроля определяется из условия максимума величины $\|\vec{\eta}_k^\perp\|^2$, где вектор определен как:

$$\vec{\eta}_k^\perp = \vec{\eta}_k - \sum_{p=1}^{k-1} (\vec{\eta}_k, \vec{\eta}_p^\perp) \cdot \vec{\eta}_p^\perp / \|\vec{\eta}_p^\perp\|, \quad (1)$$

$\vec{\eta}_k^\perp$ - составляющая вектора $\vec{\eta}_k$, ортогональная векторам $\vec{\eta}_p^\perp$, $p = 1, 2, \dots, k-1$ соответствующим выбранным на предыдущих шагах точкам контроля.

Таким образом, каждая следующая, k -ая точка контроля располагается там, где температура поля еще достаточно велика, а коэффициенты корреляции между значениями поля в данной точке и в выбранных точках контроля на предыдущих шагах малы. Далее находим следующую точку, где ортогональный остаток наибольший по сравнению с первой точкой, и так далее размещаем нужное количество датчиков. По информации, получаемой с датчиков, восстанавливаем температурное поле, как непрерывную функцию.

Восстановленная реализация температурного поля имеет вид:

$$\tilde{T}(\vec{x}) = \sum_{i=1}^I \tilde{\alpha}_i T_i(\vec{x}). \quad (2)$$

Точность восстановления температурного поля оценивается следующим выражением:

$$\delta^2 = \frac{M \|T(\vec{x}) - \tilde{T}(\vec{x})\|^2}{M \|T(\vec{x})\|^2}, \quad (3)$$

где M – усреднение по множеству реализаций подлежащих восстановлению температурных полей.

Задача восстановления сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений M -го порядка относительно коэффициентов $\tilde{\alpha}_i$. Число датчиков, обеспечивающее допустимое значение погрешности восстановления $\varepsilon^2 \leq 0.01$ равно числу пересечения пяти шин волокон по горизонтали и вертикали, повернутых под углом 45° к стороне ФП (рис. 1), с исключением угловых датчиков, как правило выпадающих из статистики.

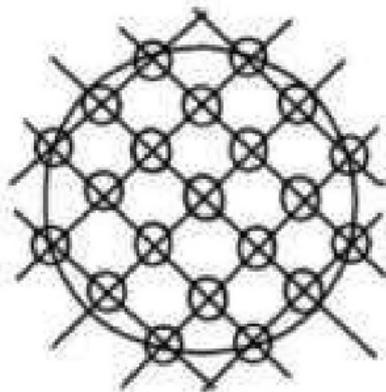


Рис. 1 – Топология сети ВОД на ФП

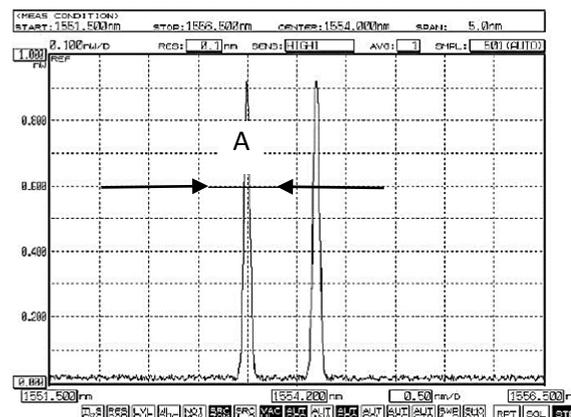


Рис. 2 – Структура АВБС

Адресное радиофотонное мультиплексирование датчиков температуры ФП. При замене ВБР на АВБС (рис. 2) система мониторинга становится радиофотонной и не требует сложного, дорогостоящего оптико-электронного интеррогатора с низкой скоростью опроса, который заменяется на фотоприемник (ФП), перед которым устанавливается наклонный фильтр [11]. Уникальный адрес А для радиофотонного мультиплексирования (рис. 2) – частота, биения на которой несут информацию о температуре. Скорость опроса в системе определяется скоростью регистрации спектрограммы на выходе ФП и определяется быстродействием АЦП, которое при современных технологиях лежит в диапазоне десятки нс.

Таким образом, сформированный массив АВБС позволяет отказаться от волнового мультиплексирования, из чего следует существенное снижение практически в 5 раз полосы излучения ШЛД и возможности обеспечения равномерного по мощности излучения со снижением стоимости. Погрешность измерения давления может быть снижена на два порядка [6-9]. Определенное удорожание системы в этом случае может быть обосновано только сложностью изготовления АВБС, которая представляет собой фактически две ВБР, центральные длины волн которых разнесены на уникальную частоту, лежащую в радиодиапазоне.

Основываясь на онтологии АВБС [12], которая сегодня насчитывает пять уровней, следует выбрать такой их тип, который бы удовлетворял следующим условиям: максимальное покрытие площади ФП по длине волокна, минимальная величина А, принадлежащая микроволновому диапазону, с возможностью обеспечения минимальной частотной разницы между ними для увеличения числа мультиплексируемых датчиков.

Заключение. В работе представлены рекомендации по построению системы мониторинга температуры ФП на основе адресных ВОД с радиофотонным мультиплексированием – АВБС. В их числе алгоритм решения задачи расстановки наименьшего количества ВОД на ФП для обеспечения заданной точности контроля температуры и минимизации затенения, определение топологии расстановки ВОД, описание преимуществ замены ВОД на ВБР на ВОД на АВБС, выбор типа АВБС, которая может быть описана как двухкомпонентная структура на базе ВБР с фазовым π -сдвигом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического академического лидерства Приоритет-2030.

Список литературы

1. *Ходжанепесов К.* Влияние температуры окружающего воздуха и скорости ветра на параметры солнечного элемента // *Инновации в сельском хозяйстве.* 2017. № 2. С. 173-181.
2. *Чарыев Я., Ходжанепесов К., Гуйджов В., Гуйджова Р.* Влияния параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи // *Инновации в сельском хозяйстве.* 2016. № 1. С. 176-178.
3. *Чарыев Я., Ходжанепесов К.* Влияния параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи // *Инновации в сельском хозяйстве.* 2016. № 5. С. 219-223.
4. *Zaimi M. et al.* Determining combined effects of solar radiation and panel junction temperature on all model-parameters to forecast peak power and photovoltaic yield of solar panel under non-standard conditions // *Sol. Energy.* 2019. V. 191. P. 341-359.
5. *Guermat A. et al.* Fibre-optic temperature and pressure sensor based on a deformable concave micro-mirror // *Sens. Actua. Phys.* 2018. V. 270. P. 205-213.
6. *Мисбахов Рус.Ш. и др.* Волоконные брэгговские решетки с двумя фазовыми сдвигами как чувствительный элемент и инструмент мультиплексирования сенсорных сетей // *Инженерный вестник Дона.* 2017. Т. 46. № 3 (46). С. 24.
7. *Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж.* Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределенных радиофотонных сенсорных системах // *Компьютерная оптика.* 2019. № 4. С. 535-543.
8. *Аглиуллин Т.А. и др.* Многоадресные волоконные брэгговские структуры в радиофотонных сенсорных системах // *Труды учебных заведений связи.* 2020. Т. 6. № 1. С. 6-13.
9. *Morozov O. et al.* Multi-addressed fiber Bragg structures for microwave-photonic sensor systems // *Sensors.* 2020. Vol. 20. № 9. P. 2693.
10. *Vinogradov V.Y. et al.* Fiber-optic system for checking the acoustical parameters of gas-turbine engine flow-through passages // *Proceedings of SPIE.* 2015. V. 9533. P. 95330K.
11. *Мисбахов Р.Ш. и др.* Адресная волоконно-оптическая сенсорная система контроля уровня и качества воды // *Научно-технический вестник Поволжья.* 2023. № 6. С. 240-242.
12. *Морозов О.Г. и др.* Онтология адресных волоконных брэгговских структур // *90 лет УГАТУ: на службе науке, образованию и бизнесу. Материалы Всероссийской научно-практической конференции.* Уфа, 2022. С. 78-80.

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

2.3.5.

О.И. Кидиеков

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем,
Абакан, ksanka_75@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

В работе представлены результаты разработки приложения для моделирования телекоммуникационных сетей. Разработанное приложение позволяет моделировать схемы телекоммуникационных систем, проверять работоспособность системы с заданными параметрами IP-адреса и MAC-адреса. Также описываются область применения программного продукта, его основные идеи и стек технологии.

Ключевые слова: телекоммуникационная система, программный продукт, телекоммуникационные сети, моделирование и проектирование систем.

Введение

В настоящее время развитие и эксплуатация компьютерных сетей играют важную роль во многих сферах нашей жизни. Сети позволяют нам обмениваться информацией, работать удаленно, распределять нагрузку и многое другое. Для создания и поддержки таких сетей требуются специалисты в области компьютерных наук, которые занимаются разработкой и моделированием вычислительных сетей.

Одним из наиболее распространенных инструментов для моделирования сетей являются программы, которые позволяют имитировать работу сетей и проводить различные эксперименты без риска нарушения работы реальных систем. Существует множество программ для моделирования вычислительных сетей, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками.

Целью данной научной статьи является рассмотрение разработки программного продукта для моделирования вычислительных сетей с использованием современных технологий разработки десктопных приложений. В статье будут рассмотрены основные задачи, связанные с разработкой такого программного продукта, а также его практическая значимость для организаций и предприятий. Так же статья будет охватывать анализ предметной области, выбор технологии для реализации программы, разработку алгоритмов и интерфейса.

Стек технологий, используемый для реализации программного обеспечения

Для создания программного продукта использовался язык C#, фреймворк WindowsForms и фреймворк .NET 6.0. Данный стек технологий обеспечивает высокую производительность и поддержку ранних версий операционной системы Windows.

Алгоритмы расчета, динамического присвоения и сравнения IP-адресов и MAC-адресов реализованы с использованием встроенных функций .NET 6.0.

Пользовательский интерфейс был разработан с использованием языка программирования C# и фреймворка WindowsForms. Данная часть программного продукта предназначена для отображения информации о спроектированной телекоммуникационной системе.

Создание программного продукта

Пользовательский интерфейс программного продукта разделен на две части, рабочее поле для отображения созданных объектов и схемы их связи, а также панель инструментов которая позволяет создавать объекты на поле, связывать их и настраивать типы связей между объектами. Визуальный интерфейс разработанного приложения представлен на рисунке 1. Данное приложение позволяет создать необходимую структуру сетевой связи и проверить ее на наличие ошибок. Для проектирования поддерживается любая сетевая топология, как обычные такие как топология «Звезда» или топология «Шина», так и комбинированные топологии.

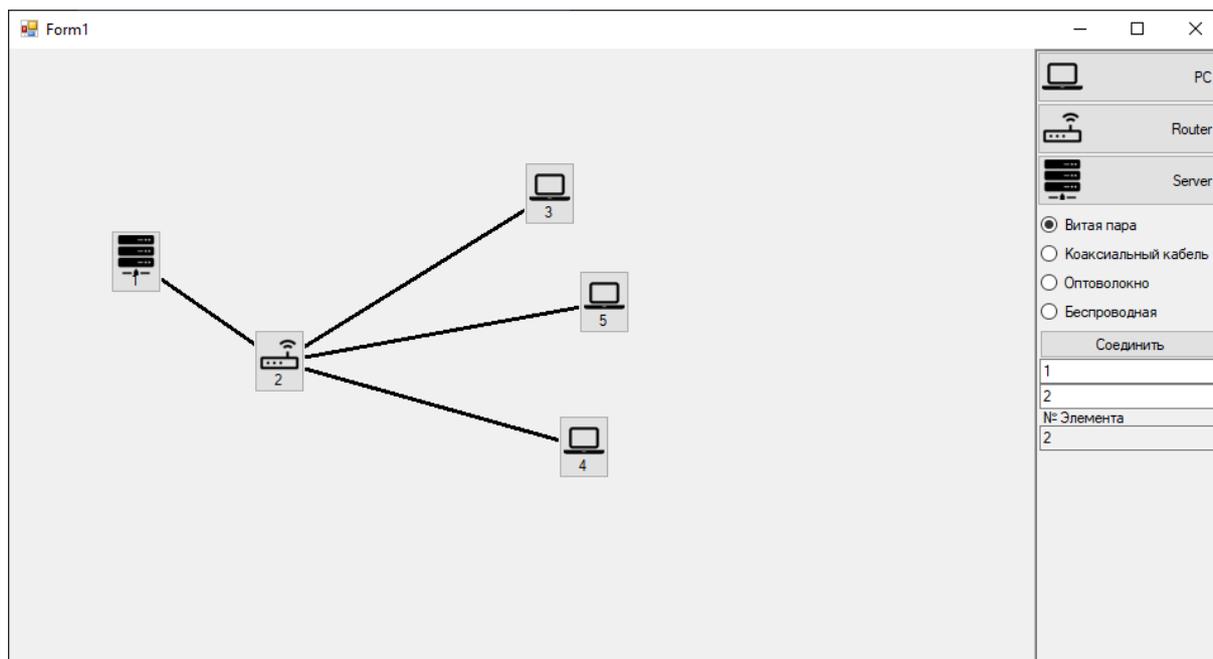


Рис. 1 – Интерфейс продукта

Объекты в области создания телекоммуникационной схемы представлены в виде элементов кнопок, которые генерируются по ходу работы приложения при нажатии на кнопки управления с панели инструментов, соответствующие необходимому элементу. Данный подход позволяет оптимизировать работу приложения по памяти и ресурсам процессора, так как создаваемые кнопки хранятся в системном массиве Controls. Данный массив содержит в себе ссылки на системные кнопки, что позволяет обратиться к нему напрямую, создать временную копию и установить нужные параметры, такие как изображение и порядковый номер, не нагружая систему.

Для визуализации связи между компонентами используется системная библиотека Windows, класс Graphics. Использование данной библиотеки так же экономит память, так как класс Graphics предоставляет методы для рисования объектов на устройстве отображения и не занимает много ресурсов. Отрисованные связи между объектами обновляются в момент передвижения какого-либо объекта, чтобы схема телекоммуникационной сети оставалась актуальной и не приходилось настраивать связи вновь. В остальное время класс графики не используется, такой подход позволяет экономить ресурсы персонального компьютера.

Для настройки IP и MAC адресов у элементов схемы в приложении предусмотрена форма, представленная на рисунке 2. Данная форма вызывается щелчком правой кнопки мыши по объекту, через контекстное меню, в этом же контекстном меню можно удалить текущий объект и все существующие связи для него.

Чтобы проверить работоспособность созданной телекоммуникационной сети достаточно просто соединить объекты. Если созданные объекты имеют некорректные IP или MAC адреса, к примеру, выходят за предел унифицированного стандарта IP или совпадают, то приложение выдаст сообщение о соответствующей ошибке и не позволит соединить объекты выбранным

типом связи, в противном случае соединение пройдет успешно. Приложение проверяет такие типы ошибок как: совпадение IP или MAC адресов, сравнение IP-адреса с маской подсети, если адрес не принадлежит маске подсети, то приложение выдаст соответствующую ошибку.

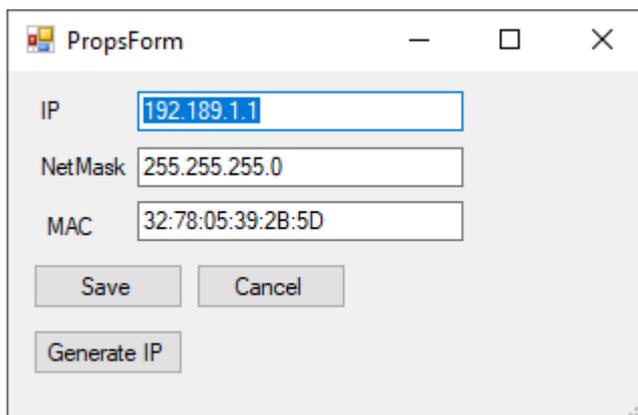


Рис. 2 – Форма настройки элемента

Также если выбранный элемент является сервером, то в данном окне отображается опциональная кнопка «GenerateIP», которая позволяет сгенерировать IP адреса для всех связанных в сеть устройств, начиная от сервера и заканчивая каждой веткой спроектированной сети, это позволяет экономить время при создании сетевой схемы, чтобы не настраивать каждый компонент отдельно.

Проверка правильности IP адресов и маски сети производится с помощью логических значений и использования класса IPAddress из библиотеки фреймворка .NET. Данный класс позволяет сразу задать структуру и формат IP адреса и легко сравнивать его, а также производить битовые операции с адресом.

Генерация MAC адреса для элементов производится случайным образом и на основе регулярного выражения, для того чтобы адрес соответствовал формату разделения знаками двоеточий.

Возможные направления развития программного продукта

В качестве возможных направлений развития программы для моделирования телекоммуникационных сетей можно отметить следующие направления:

- Реализация функций трассировки между IP адресами;
- Проверка количества свободных IP адресов в подсети;
- Улучшение точности моделирования путем учета большего количества параметров и факторов.

Также можно добавить возможность моделирования различных протоколов и технологий, таких как VoIP, MPLS, SDN и других.

Выводы

Таким образом, реализована программа для моделирования телекоммуникационных сетей. Программный продукт позволяет создать необходимую схему телекоммуникационной сети и проверить возможность ее реализации, принимая минимально-необходимую информацию об IP-адресах, маске подсети и MAC-адресах.

Список литературы

1. Jon Skeet C# in Depth. - 4-е изд. - Manning Publications Co., 2019. - 528 с.
2. Марк Прайс C# 10 и NET 6 Современная кроссплатформенная разработка. - 6-е изд. - СПб.: Издательский дом «Питер», 2023. - 1019 с.
3. Таненбаум Э.С., Уэзеролл Д. Компьютерные сети.. - 5-е изд. - СПб.: Издательский дом «Питер», 2023. - 960 с.
4. Графовые алгоритмы. Практическая реализация на платформах Apache Spark и Neo4j. / пер. с англ. В. С. Яценкова – М.: ДМК Пресс, 2020. – 258 с.

2.3.5.

В.Е. Павлов

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

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ВИДЕО С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЕНЫ ЛИЦА

В данной работе представлены результаты разработки приложения, предназначенного для создания синтезированных видео-дипфейков с заменой лица. Разработанное приложение основано на передовых алгоритмах компьютерного зрения и глубокого обучения, что обеспечивает высокую точность и реалистичность в замене лиц. Оно автоматически обнаруживает и отслеживает лица на видео, а затем заменяет их на другие лица, создавая эффект синтезированного видео. Разработанное приложение имеет широкий спектр применения, включая развлекательную индустрию. В работе также описываются область применения программного продукта, его основные идеи и используемые технологии.

Ключевые слова: *синтезированные видео-дипфейки, обнаружение лица, отслеживание лица, замена лица, программный продукт, компьютерное зрение.*

Введение

В современном информационном обществе популярны маски замены лица. Они используются для создания видео, где лица героев фильмов заменяются на лица других актеров, а также для развлекательного контента с заменой лиц в видео. Искусство также экспериментирует с дипфейками, например, цифровыми версиями художников, взаимодействующих с посетителями и создающих с ними селфи на мероприятиях.

Цель научной статьи – представить разработанное приложение с удобным интерфейсом для создания видео с заменой лица. Программа легка в использовании для конечного пользователя. С ее помощью любой пользователь может самостоятельно заменить лицо в видео, используя изображения и видео. Результатом работы приложения будет готовое видео с реалистичной заменой лица.

В статье рассматриваются детали реализации приложения, включая алгоритмы компьютерного зрения и глубокого обучения. Также обсуждаются сферы применения программного продукта и его значимость в развитии развлекательной индустрии.

Исходя из результатов разработки и возможностей приложения, можно сделать вывод, что оно является удобным и эффективным инструментом для создания синтезированных видео с заменой лица.

Стек технологий, используемый для реализации

Для удобства создания видео предлагается использовать простой интерфейс, где можно выбрать лицо, указать видео, предварительно просмотреть результат и сгенерировать готовый видеоряд. Реализация программного продукта осуществляется с использованием Python и следующих инструментов: numpy – обработка числовых данных; OpenCV – обработка изображений и видео; Pillow – работа с изображениями, включая изменение размеров и цветов; Torch и TensorFlow – разработка и обучение моделей для распознавания и анализа лиц на видео; ONNX – формат файла для представления глубоких обученных моделей; GFPGAN – набор инструментов и нейросеть, созданные Tencent ARC для улучшения лиц на фотографиях с помощью искусственного интеллекта.

Использование этих инструментов позволяет создать мощное и удобное программное решение для замены лиц в видео с высоким качеством результата.

Выбор графического интерфейса – ключевой аспект разработки данного приложения. Предпочтение отдано customtkinter, надстройке над tkinter, для более современного и удобного интерфейса, повышающего удобство работы пользователей.

Создание программного продукта

С целью оптимизации программы решено внедрить выбор провайдера выполнения для ускорения вычислений. В ONNX доступны три типа провайдеров: CPUExecutionProvider, TensorrtExecutionProvider и CUDAExecutionProvider. Было решено использовать этот инструментарий и добавить возможность выбора движка кодирования и декодирования на ранних этапах запуска приложения. Пользователь может выбирать ключи для запуска программы через аргументы командной строки. В листинге 1 представлен код для настройки окружения, определения аргументов командной строки и работы с провайдерами выполнения и потоками выполнения.

Листинг 1 – предварительная конфигурация окружения приложения

```
# один поток удваивает производительность cuda - необходимо установить перед импортом torch
if any(arg.startswith('--execution-provider') for arg in sys.argv):
    os.environ['OMP_NUM_THREADS'] = '1'
# снижение уровня логирования журналов tensorflow
os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '2'
.....
import argparse
import torch
import onnxruntime
if not 'CUDAExecutionProvider' in onnxruntime.get_available_providers():
    del torch
import tensorflow
import project_globals
.....
# определяем функцию для разбора аргументов командной строки
def parse_args() -> None:
    signal.signal(signal.SIGINT, lambda signal_number, frame: destroy())
    program = argparse.ArgumentParser(formatter_class=lambda prog: argparse.HelpFormatter(prog, max_help_position=100))
    .....
    program.add_argument('--execution-provider', help='available execution provider (choices: cpu, ...)', dest='execution_provider', default='cpu', choices=suggest_execution_providers(), nargs='+')
    program.add_argument('--execution-threads', help='number of execution threads', dest='execution_threads', type=int, default=suggest_execution_threads())
    program.add_argument('-v', '--version', action='version', version=f'{project.metadata.name} {project.metadata.version}')
    args = program.parse_args()
    .....
    project_globals.execution_providers = decode_execution_providers(args.execution_provider)
    project_globals.execution_threads = args.execution_threads

def encode_execution_providers(execution_providers: List[str]) -> List[str]:
    # преобразуем имена провайдеров выполнения, удаляя из них строку 'ExecutionProvider' и приводя их к нижнему регистру
    return [execution_provider.replace('ExecutionProvider', '').lower() for execution_provider in execution_providers]

def decode_execution_providers(execution_providers: List[str]) -> List[str]:
    return [provider for provider, encoded_execution_provider in zip(onnxruntime.get_available_providers(), encode_execution_providers(onnxruntime.get_available_providers()))
            if any(execution_provider in encoded_execution_provider for execution_provider in execution_providers)]

def suggest_execution_providers() -> List[str]:
    # возвращает список доступных провайдеров выполнения в закодированном виде
    return encode_execution_providers(onnxruntime.get_available_providers())

def suggest_execution_threads() -> int:
    # возвращает рекомендуемое количество потоков выполнения в зависимости от наличия провайдера выполнения
    if 'CUDAExecutionProvider' in onnxruntime.get_available_providers():
        return 8
    return 1
```

В пользовательском интерфейсе предусмотрена функция выбора локальных файлов изображений или видео с целью замены лица. Для управления процессом обработки доступны регуляторы, позволяющие задать значение кадров в секунду (fps) и пропуск целевого аудио. Кроме того, возможно сохранение временных рамок и обработка нескольких лиц одновременно. Предварительный просмотр позволяет оценить внешний вид лица на видео, а кнопка "Запуск" инициирует процесс рендеринга видео и запрашивает место сохранения файла. Пример интерфейса представлен на рисунке 1.

В процессе рендеринга видео с использованием технологии замены лица было отмечено успешное выполнение, что свидетельствует о высокой эффективности программного продукта. Пример итогового видео также представлен на рисунке 1.

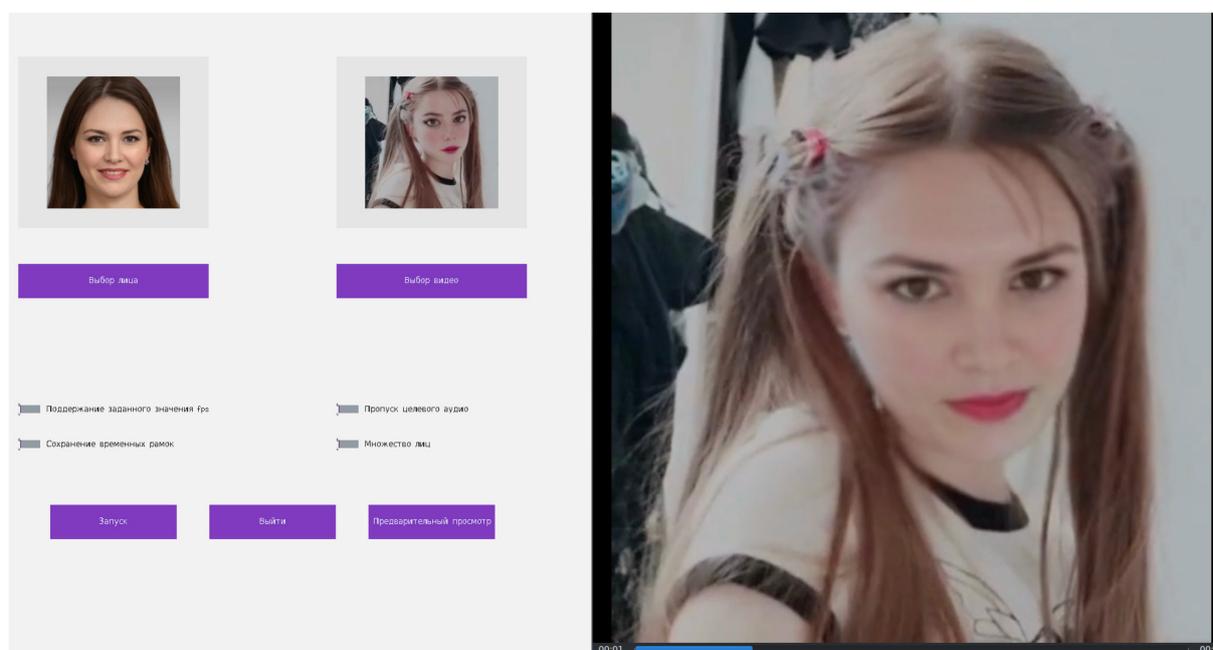


Рис. 1 – Визуальный интерфейс программы и итоговый результат программы

Рендеринг видео длительностью 5 секунд на графическом процессоре «RTX 3050» занял около 1 минуты 30 секунд, что приемлемо. Итоговое видео имеет удовлетворительное качество. Улучшение алгоритмов GFPGAN может значительно улучшить качество видео.

Экономический эффект от внедрения программного продукта

Экономический эффект от внедрения программного продукта, предназначенного для создания синтезированных видео-дипфейков с заменой лица, может быть значительным. Введение такого приложения может привести к следующим экономическим выгодам:

- Сокращение затрат на производство: Вместо найма актеров и проведения сложных съемок можно использовать существующий видеоматериал и заменить лица с помощью приложения;

- Расширение возможностей визуальных эффектов: Внедрение данного приложения расширит возможности визуальных эффектов в различных отраслях, таких как кино, телевидение, реклама и игровая индустрия. Это позволит создавать более реалистичные и захватывающие визуальные эффекты, привлекая больше зрителей и потребителей.

Однако, следует отметить, что использование такого приложения может вызвать этические и юридические вопросы, связанные с возможностью создания и распространения фальшивых видео. Поэтому, при использовании такого приложения необходимо соблюдать соответствующие правила и законы, чтобы избежать негативных последствий.

Выводы

Таким образом, разработана компьютерная программа предназначенная для создания синтезированных видео-дипфейков с заменой лица. В целом, разработка программы для создания синтезированных видео-дипфейков с заменой лица представляет собой значимый шаг в развитии технологий компьютерного зрения. Однако, необходимо учитывать потенциальные негативные последствия и принимать меры для их предотвращения.

Список литературы

1. *Bryan Lyon, Matt Tora Exploring Deepfakes Deploy Powerful AI Techniques for Face Replacement and More with this Comprehensive Guide.* - 1-е изд. - Birmingham: Packt Publishing, 2023. - 192 с.
2. *Dr. Menua Gevorgyan, Arsen Mamikonyan, Michael Beyeler OpenCV 4 with Python Blueprints.* - 2-е изд. - Birmingham.: Packt Publishing, 2020. - 366 с.
3. *Раиша Себастьян, Мирджалили Вахид Python и машинное обучение. Машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow 2.* - 3-е изд. - М.: Диалектика-Вильямс, 2021. - 848 с.

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

2.3.5.

¹А.А. Лобанов, ²Ю.С. Лобанова, ¹Н.С. Николаев

¹МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт информационных технологий,
кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения,
²МИИГАиК – Московский государственный университет геодезии и картографии,
Факультет геоинформатики и информационной безопасности,
кафедра информационно-измерительных систем,
Москва, aa.lobanoff@ya.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНОГО АССИСТЕНТА

В настоящей статье описывается подход к проектированию и разработке информационных систем электронного оценивания, с интегрированным когнитивным ассистентом и улучшенной производительностью. Описан процесс проектирования информационной системы, создания функциональной модели когнитивного ассистента. Приведен стек технологий, оптимальный для решения подобных задач. Предложенный подход может быть использован для создания подобных систем.

Ключевые слова: *система оценивания, когнитивный ассистент, функциональная модель, образовательная среда.*

Введение

Обучение в электронной среде создало необходимость в таких ИС, которые позволят уменьшить временные затраты преподавателей на процесс оценки знаний, улучшить пользовательский опыт и повысить уровень знаний студентов путём постановки корректных задач обучающимся и понятного исправления ошибок. Использование нейронных сетей дает возможность создания интеллектуальных ассистентов, которые позволяют увеличить удобство пользования такой системой.

Анализ предметной области

В настоящее время преподаватели часто используют несколько систем электронного обучения одновременно. Удобно было бы использовать единую систему оценивания обучающихся. Это позволит улучшить качество курсов и читаемых дисциплин. Для упрощения использования такой системой возможно применение интеллектуального ассистента на основе нейронной сети.

Из потенциально необходимых функций такой ИС можно выделить следующие:

- выбор количества попыток и их тип, которые учитываются при прохождении теста (первые, последние, худшие или лучшие);
- выбор критериев подсчёта итоговой оценки;
- выставление требований на количество пройденных заданий, на количество заданий, пройденных на оценку 3 и выше и иные схожие критерии;
- редактирование границ оценивания по пятибалльной шкале;
- учёт или игнорирование неудовлетворительных оценок, ввод дополнительных баллов, фильтры для групп и другое.

Наличие перечисленных функций позволит удовлетворить минимальные потребности преподавателей в вопросе электронного оценивания.

Разработка концепта системы

В предлагаемом подходе преподаватель сам создаёт шкалу оценивания, используемую в системе. Главное отличие предлагаемой системы в том, что она не ограничивает преподавателей в их возможностях по оцениванию. В основе процесса оценивания лежит выражение 1 (операция умножения является логической).

$$S(a) = (a > b \times a < c) \# (1)$$

где, S – итоговая оценка,

a – результат пользователя,

b, c – граница одного оценочного диапазона.

Особенности, предлагаемой ИС электронного оценивания

В качестве общей архитектуры ИС была выбрана клиент-серверная архитектура [1, 2], как наиболее подходящая для реализации веб-систем. Для обозначения каркаса архитектуры ИС, был выбран известный паттерн MVC. Описание ЖЦ было произведено на основе стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [3]. В каждом подпроцессе модели ЖЦ чётко обозначаются выходные данные и определяется цель, для которой выполняется данный подпроцесс.

В рамках статьи невозможно представить все материалы проекта, поэтому авторы вынуждены ограничиться общей схемой координации всех задействованных средств и лиц (включая когнитивный ассистент) для определения основных программных требований к последующей интеграции, представленной на рисунке 1.

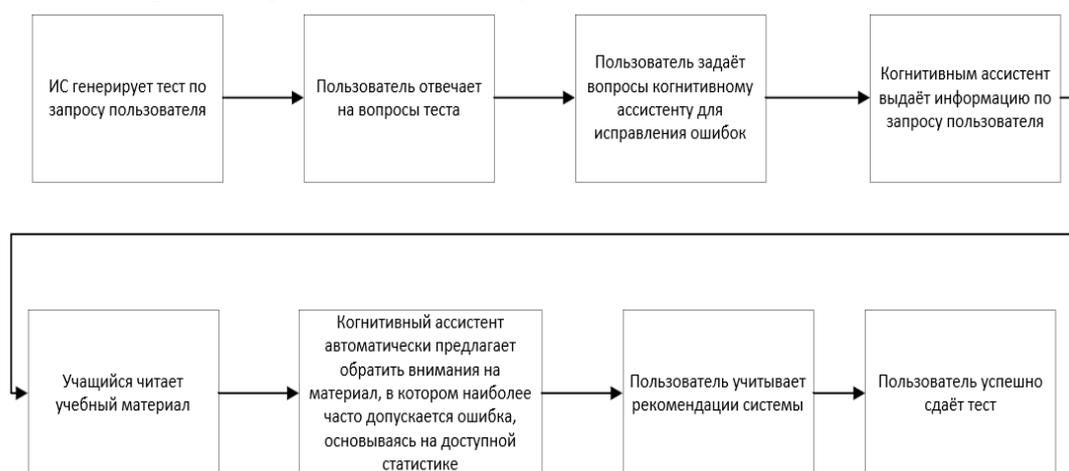


Рис. 1 – Общим принцип взаимодействия информационной системы, когнитивного ассистента и пользователей

Заметим также, что хранение данных когнитивного ассистента не имеет особой, специфической структуры.

Проектирование когнитивного ассистента

Обязательным требованием при создании когнитивного ассистента была способность распознавания нечётко заданного текста пользователем, для улучшения пользовательского опыта и простоты взаимодействия. Удовлетворяя этому условию, когнитивный ассистент выполнен с использованием архитектуры трансформеров (GPT). Тренировка нейронной сети на трансформерах выполнена как обучение с учителем с помощью метода обратного распространения ошибки, так как это позволяет модели точно предсказывать результат на основе заданных меток [4, 5]. Для настройки гиперпараметров модели использовалось обучение с подкреплением.

На рисунке 2 изображён подуровень А-1 функциональной модели когнитивного ассистента, который показывает информационные процессы функционирования предлагаемого ассистента.

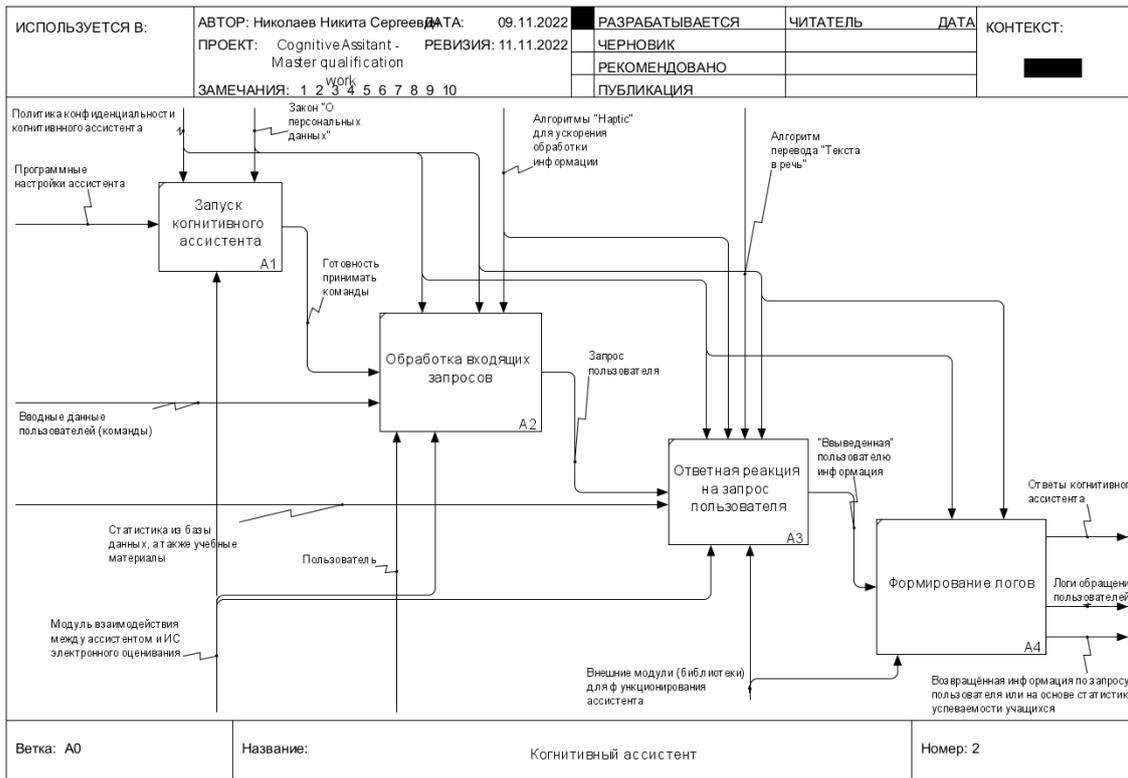


Рис. 2 – Диаграмма А-1 когнитивного ассистента

Результаты исследования

В результате работы над проектом лучшим оказался следующий стек технологий: Apache POI [6] – для работы с электронными таблицами оценок → Hibernate ORM – для взаимодействия с БД → JUnit 5 – для написания юнит-тестов и обеспечения точности подсчёта данных → Bootstrap 4 – для создания адаптивного пользовательского → Apache Freemarker – для создания пользовательского интерфейса с динамическим содержимым в соответствии с содержимым Model из паттерна MVC.

Для реализации всей системы был выбран фреймворк – Spring. В качестве СУБД была выбрана реляционная PostgreSQL, имеющая все необходимые функции, в том числе – тип данных json с неизменяемым порядком содержимого.

В предложенной ИС важно управление файлами электронных таблиц, частое обращение к БД, корректность расчётов, современный пользовательский интерфейс с динамической версткой и адаптивные веб-страницы. Система в целом и когнитивный ассистент работают корректно.

Заключение. Была проведена реализация информационной системы электронного оценивания в образовательной среде и произведена интеграция когнитивного ассистента в ИС. Определен жизненный цикл системы. Предложена архитектура и инструменты реализации, которые доказали возможность применения при создании такого класса систем. Приведены сведения об оптимальном стеке технологий, который может быть использован в дальнейшем.

Полученные результаты формируют подход, который может быть использован в дальнейшем при создании систем оценивания.

Список литературы

1. Роберт Мартин. Чистая Архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Мартин Роберт. — СПб.: Питер, 2018. — 352 с.
2. FreeMarker – Java Template Engine [Электронный ресурс]. – режима доступа URL: <https://freemarker.apache.org/> (дата обращения 10.05.2023).
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология Системная и программная инженерия процессы жизненного цикла программных средств. Взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99: дата введения 2012-03-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 105 с.
4. Exploring GPT-3 like architecture [Электронный ресурс]. – режима доступа URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/feature/Exploring-GPT-3-architecture> (дата обращения 09.05.2023).
5. Complete overview of GPT-3 Model [Электронный ресурс]. – режима доступа URL: <https://towardsdatascience.com/gpt-3-a-complete-overview-190232eb25fd> (дата обращения 09.05.2023).
6. What are neural networks [Электронный ресурс]. – режима доступа URL: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (дата обращения 09.05.2023).

2.3.5.

¹Нгуен Фук Хау, ²Р.С. Зарипова, ³Р.Р. Галямов¹Университет Шао-До,
Чи Линь, провинция Хай Зыонг, Вьетнам, phuchauptit@gmail.com²Казанский государственный энергетический университет,
Казань, zarim@rambler.ru,³Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И АТТЕСТАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

В данной статье рассмотрен процесс проектирования и разработки программного обеспечения для планирования обучения и аттестации сотрудников предприятия. Данное программное обеспечение позволит модернизировать процесс передачи документов сотрудников между филиалами предприятия, упростить проведение тестирования и обучения сотрудников, а также отслеживать время обучения и тестирования.

Ключевые слова: *программное обеспечение, обучение, аттестация, тестирование, информационная система, база данных.*

Информационные технологии используются в качестве инструмента управления деятельностью предприятий [1]. Несмотря на всеобщую информатизацию, на некоторых предприятиях до сих пор практикуется применение бумажных документов, которые следует держать в безопасном месте, а также иметь архивное помещение, где будут храниться документы и тесты на профпригодность сотрудников [2].

Актуальность статьи связана с тем, что ранее на предприятии тестирование проводилось на бумажных носителях, поэтому многие тесты и листинги программ терялись. Такая же ситуация происходила и с материалами для обучения. Методички, пособия, тесты, которые по объему достигают более 150 страниц, являются неудобными для хранения. Соответственно, проблему планирования обучения и аттестации сотрудников следует решать с помощью автоматизации бизнес-процессов, разработки соответствующего программного обеспечения (ПО). Внедрение информационной системы (ИС) позволит автоматизировать процесс планирования обучения и аттестации сотрудников, систематизировать учебные пособия, а тестирование сделать по сети для удобства сотрудников. Кроме того, проектируемая ИС должна быть гибкой и иметь удобный функционал для пользователей [3, 4]. Таким образом, назначением ИС является оптимизация передачи документов сотрудников между филиалами предприятия, упрощение проведения тестирования и обучения сотрудников, а также отслеживание времени. Взаимосвязь основных задач ПО представлена в виде диаграммы вариантов использования (рис. 1).

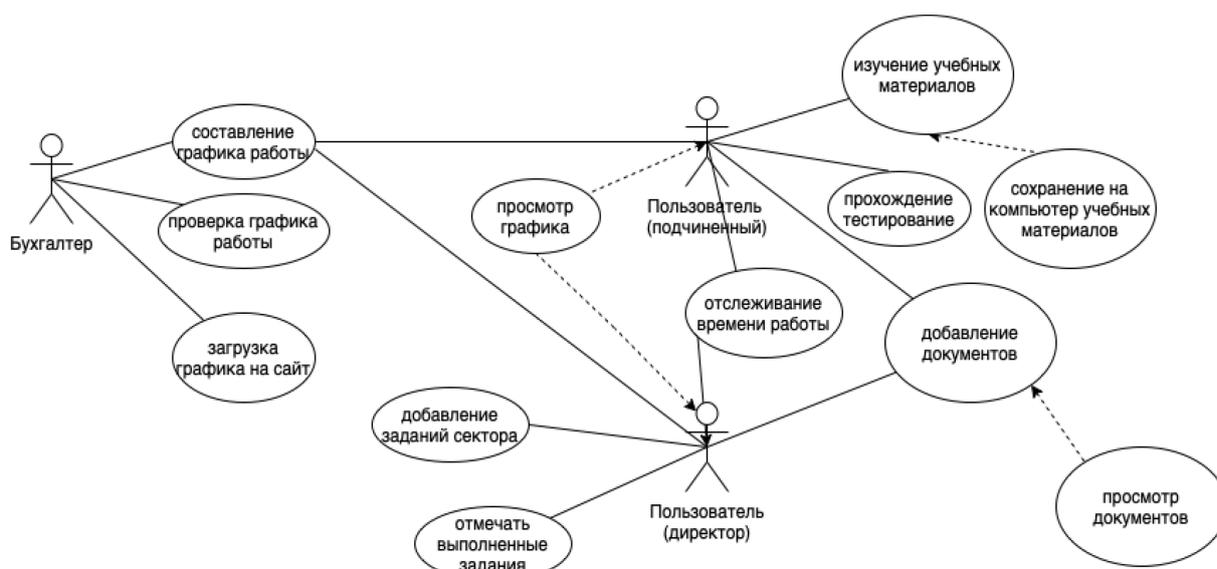


Рис. 1 – Диаграмма вариантов использования

В процессе разработки ИС была проанализирована деятельность предприятия, проведен реинжиниринг бизнес-процессов [5], представлены организационно-логические и временные связи задач, а также таблицы и схемы информационных потоков в нотациях IDEF3 и IDEF0. Проектирование ИС сопровождалось разработкой ER-диаграммы базы данных, функциональных диаграмм в нотации BPMN 2.0, объектно-ориентированных моделей предметной области, выполненных с использованием графического унифицированного языка UML. Также было выполнено временное и ресурсное нормирование проектных работ [6, 7].

Задачей программного средства является систематизация всех необходимых файлов для работы и удобство отслеживания времени. Целью разработки данного ПО является создание сайта для организации, а также личного кабинета для сотрудников, чтобы отслеживать время обучения, тестирования, графики и различные задания.

При разработке ИС была представлена структура входных и выходных информационных массивов (табл. 1, 2), на основе которых была спроектирована информационно-логическая модель базы данных (рис. 3).

Таблица 1 – Входной информационный массив

Информационный массив	Название атрибута	Тип
1. Ввод пароля	Окно ввода пароля	Текстовый
2. Ввод почты	Окно ввода почты	Текстовый
3. Окно тестирования	Ответы	Логический
4. Поле для ввода заданий	Контейнер для ввода заданий	Текстовый

Таблица 2 – Выходной информационный массив

Информационный массив	Название атрибута	Тип
1. Ввод пароля	Окно сообщения	Текстовый
2. Ввод ФИО	Окно сообщения	Текстовый
3. Окно тестирования	Окно сообщения	Текстовый
4. Поле для ввода заданий	Заполненное поле	Текстовый

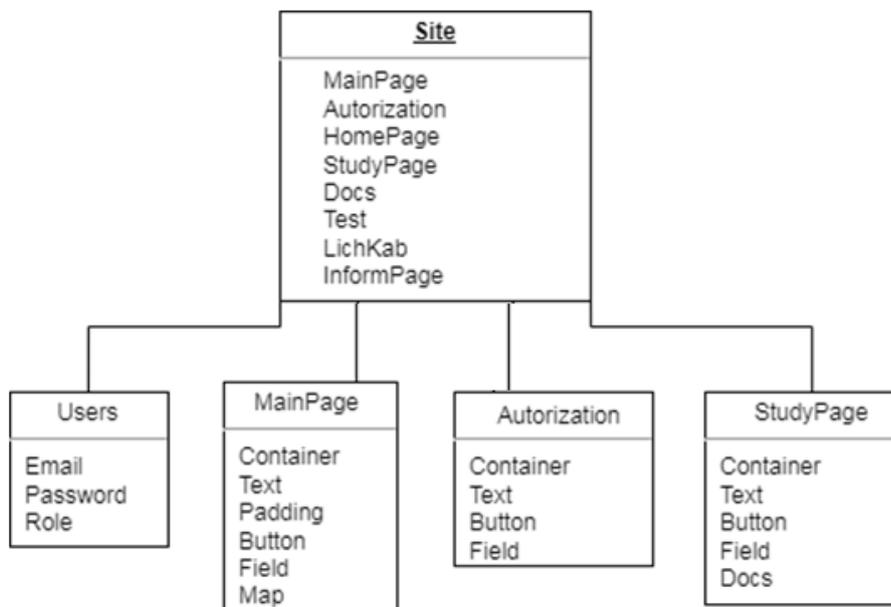


Рис. 2 – Информационно логическая модель базы данных

Быстродействие, функциональность работы, системные требования к оборудованию зависят от выбора стека технологий [8]. Для разработки ПО использованы среды разработки Eclipse и VSCode. Был выбран язык JavaScript с библиотекой React.js. Спроектирован интерфейс и составлена техническая документация программного продукта.

Для прохождения тестирования нужно пройти авторизацию. Далее в личном кабинете зайти во вкладку «Тестирование» и пройти тест (рис. 3–5).

Учебные материалы **Тестирование** Документы Выйти

Выполнение плана сектора:

+ Добавить поле

График работы:

План-график на август 2023 г.

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
	1	2	3	4	5	6
	отпуск			8:00-17:00		
7	8	9	10	11	12	13
8:00-17:00	8:00-17:00	8:00-17:00	8:00-17:00	8:00-17:00		

Рис. 3 – Личный кабинет сотрудника

Учебные материалы **Тестирование** Документы Выйти

Тестирование

Приглашение на тестирование

Начать тест

Рис. 4 – Приглашение на тестирование

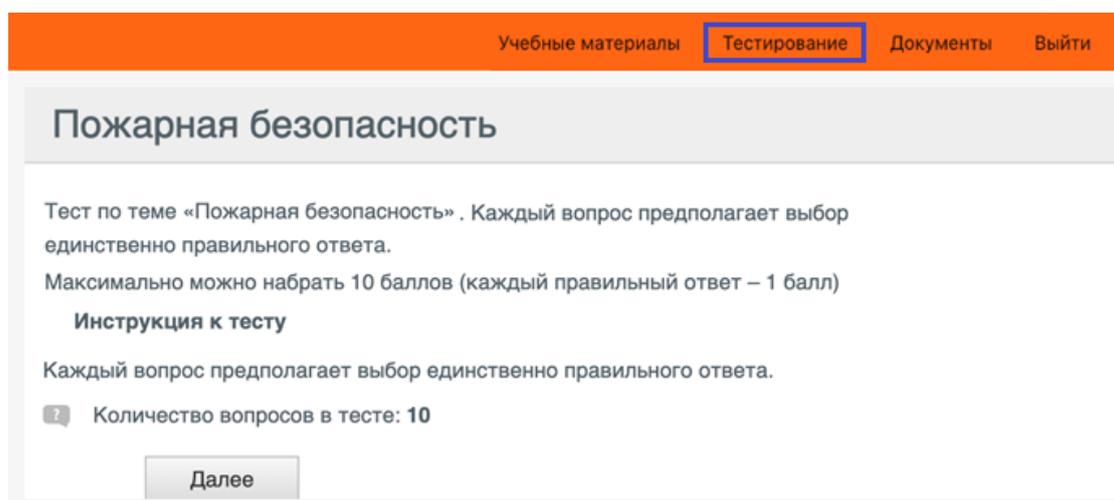


Рис. 5 – Прохождение тестирования

В личном кабинете сотрудника имеется меню с переходами на страницы «Учебные материалы», «Тестирование», «Документы» и кнопка выхода. Здесь можно выставлять задания (рис. 6), знакомиться с учебными материалами (рис. 7) и документами предприятия (рис. 8).

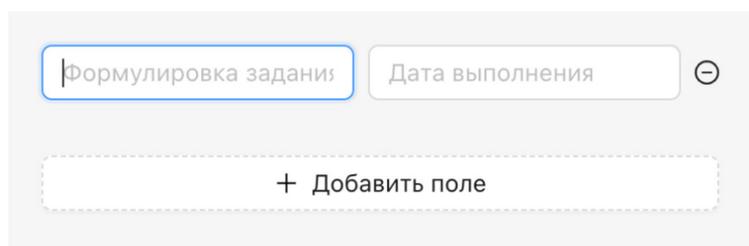


Рис. 6 – Блок создания заданий



Рис. 7 – Страница «Учебные материалы»

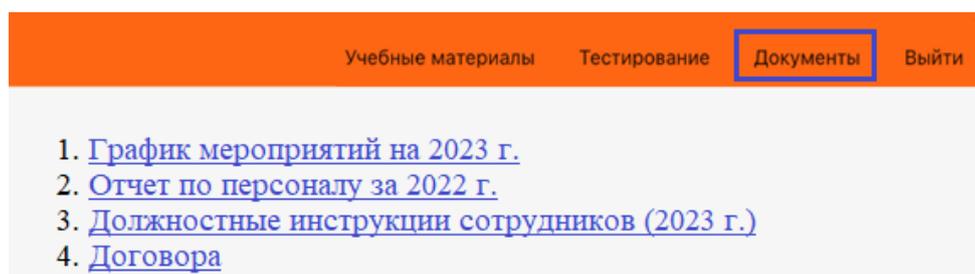


Рис. 8 – Страница «Документы»

Таким образом, разработанная информационная система дает основу для перехода с бумажных носителей на электронные документы, так как в непредвиденных ситуациях, когда срочно нужен ответ, сотрудники искали бы его в методичках, которых огромное количество. Также стоит отметить, что ручной поиск в документах отстает от машинного. Вследствие этого необходимо систематизировать документы по темам для быстрого и удобного поиска. В свою очередь, тестирование тоже удобнее проходить на компьютере, так как результаты можно сохранить надолго. Не стоит забывать о личном кабинете сотрудника, где находится вся важная информация, а не разбросана по почтам и мессенджерам. Следовательно, программный продукт решает поставленные перед ним цели, а также удовлетворяет потребностям предприятия. Он целесообразен и с экономической стороны, и со стороны управленческой эффективности.

Список литературы

1. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Исследование систем планирования ресурсов предприятия / Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2-3. С. 181-186.
2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Проблемы бюджетирования и учёта на предприятии / Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2-3. С. 144-149.
3. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Современные тенденции web-разработки / Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. № 3. С. 85-88.
4. Марданова А.М. ИТ-решение для страховых компаний / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 148-150.
5. Валеева Ю.С. Анализ и оценка эффективности бизнес-процессов торгового предприятия / ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2013. № 3. С. 146-156.
6. Мухаметгалиев С.И., Эшелиоглу Р.И. Актуальные вопросы цифровой трансформации в электроэнергетике / Научный аспект. 2022. Т. 3. № 5. С. 318-324.
7. Салтанаева Е.А., Эшелиоглу Р.И. Современная логистика: от управления до оптимизации / International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 2-2. С. 79-83.
8. Gizatullin Z., Nuriev M. Modeling the electromagnetic compatibility of electronic means under the influence of interference through the power supply network / Proceedings - 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2022. 2022. С. 321-326.

2.3.5.

¹Нгуен Фук Хау, ²Р. С. Зарипова, ¹Нгуен Тхи Тху

¹Университет Шао-До,
Чи Линь, провинция Хай Зыонг, Вьетнам, phuchauptit@gmail.com,
²Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Россия, zarim@rambler.ru

CHATGPT И РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ INTERVIEWGPT ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ВЫПУСКНИКАМИ

ChatGPT – это механизм обработки естественного языка, который позволяет общаться аналогично человеку. Этот механизм может отвечать на вопросы, поддерживать диалог, давать ответы по электронной почте, писать контент, программный код, эссе и т. д. В этой статье рассмотрен процесс разработки приложения InterviewGPT для интерактивного взаимодействия и помощи в процессе собеседования.

Ключевые слова: *ChatGPT, чат-бот, обработка естественного языка, технология AI, языковой перевод, приложение, InterviewGPT.*

В отличие от обычных приложений ChatGPT может ответить на любой вопрос, который задает пользователь, а также может написать эссе или комментарий на любую запрошенную тему. Достоинством ChatGPT является возможность взаимодействия и общения аналогично человеку.

Достоинство ChatGPT заключается в его способности анализировать запросы и генерировать полные ответы и результаты на основе доступной в цифровом виде текстовой информации в мире – особенно информации, которая существует со времени обучения до 2021 года [1]. GPT-3 и GPT-4 – это продвинутые модели искусственного интеллекта (ИИ) для обработки языка, разработанные OpenAI. Они способны создавать человекоподобный текст и имеют широкий спектр приложений, включая языковой перевод, языковое моделирование и генерацию текста для таких приложений как чат-боты. GPT-3 – одна из самых больших и мощных моделей ИИ для языковой обработки на сегодняшний день, включающая 175 млрд параметров [2].

ChatGPT использует GPT-3.5 в качестве базовой модели, а также использует дополнительный уровень – модель под названием InstructGPT, которая стала стандартом в больших языковых моделях OpenAI (LLM) (рис. 1). InstructGPT оптимизирует диалоговые возможности и основывается на существующих моделях GPT. ChatGPT – это диалоговый интерфейс, в котором используются две основные модели: GPT – предварительно обученная универсальная модель, InstructGPT – дополнительный уровень поверх GPT для преобразования классической модели GPT в параллельный диалоговый интерфейс, упрощающий обработку этих диалогов [3].

ChatGPT работает по простому принципу. ChatGPT получает вопросы или запросы от пользователей [4]. Затем ChatGPT дает ответы на все эти вопросы. Ответы ChatGPT похожи на диалог в форме вопрос-ответ между двумя людьми. Однако для такой работы требуются сложные алгоритмы.

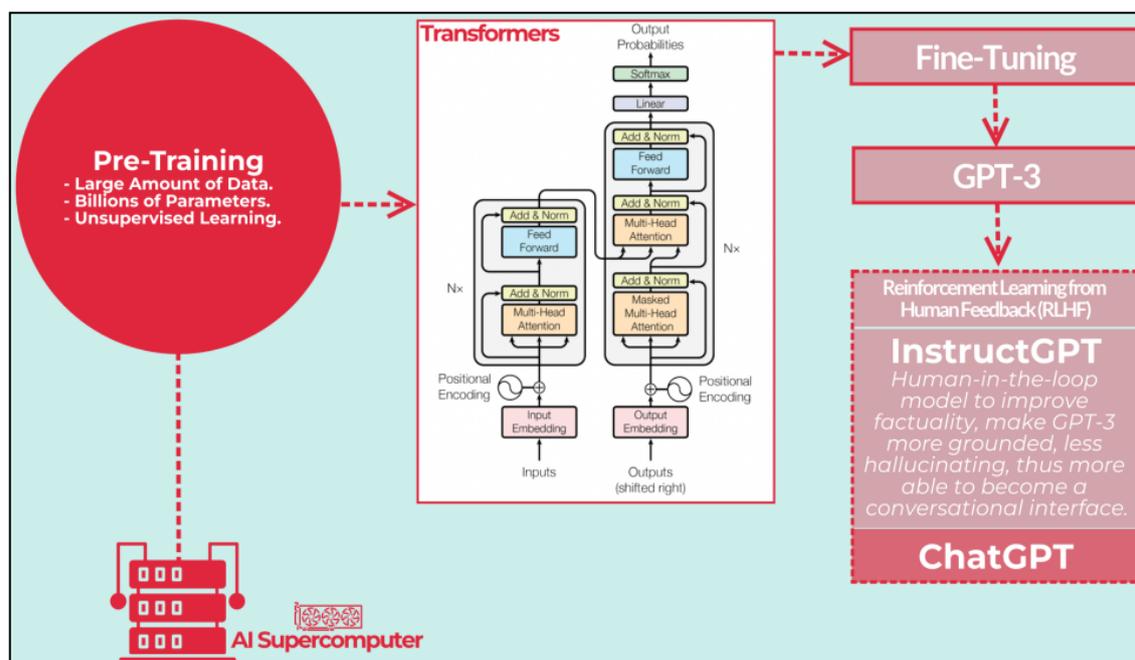


Рис. 1 – Языковая модель (LLM), разработанная OpenAI

Рассмотрим процесс создания приложения проведения собеседований студентов-выпускников, работающего по тому же принципу, что и ChatGPT. Этим студентам не хватает навыков и опыта прохождения собеседования. Благодаря ИИ можно создать приложение InterviewGPT, чтобы предоставить полезный инструмент для подготовки к собеседованию. Студенты могут использовать в InterviewGPT следующий функционал:

1. Создание вопросов для интервью. Это позволяет пользователям создавать вопросы для интервью в различных областях: программирование, социальные навыки, консультации по трудоустройству и др. Пользователь может настроить вопрос согласно потребностям и требованиям работы.

2. Получение автоматических ответов. Это использование языковых моделей для предоставления ответов на заданные вопросы. Ответы, генерируемые моделью, основаны на понимании и анализе содержания вопроса, предоставлении пользователю полной информации и пояснений.

3. Практическое интервью. Это обеспечение интерактивности, позволяющей пользователям испытать реальный процесс прохождения интервью. Пользователи могут задавать вопросы и получать ответы от языковой модели, которая помогает студентам улучшить свои навыки проведения интервью и лучше подготовиться к реальным интервью.

4. Интеграция искусственного интеллекта. Это использование передовых технологий обработки естественного языка для достижения хорошего уровня понимания и ответа. Языковая модель обучается на большом количестве данных по разным темам, чтобы предоставить пользователю точную и подробную информацию [5].

Для создания приложения InterviewGPT необходимо подготовить и использовать популярные библиотеки для веб-разработки, такие как NextJS, reactJS, OpenAI и т. д. Требуется установка инструментов для создания библиотек и управления ими, а также среды программирования, которая запускает JavaScript, например, Node 18, Yarn, PNPM или NPM; библиотеки OpenAI для запросов к ChatGPT, бесплатной учетной записи ChatGPT. Затем нужно перейти на страницу ключа API, чтобы сгенерировать ключ API для текущей системы. В первую очередь нужно построить и оптимизировать структуру интерфейса, сделать акцент на том, чтобы различать вопросы и ответы студентов, отображать результаты в соответствующем интерфейсе. На рис. 2 показан пример использованного интерфейса, доступного из исходного кода AgentGPT.

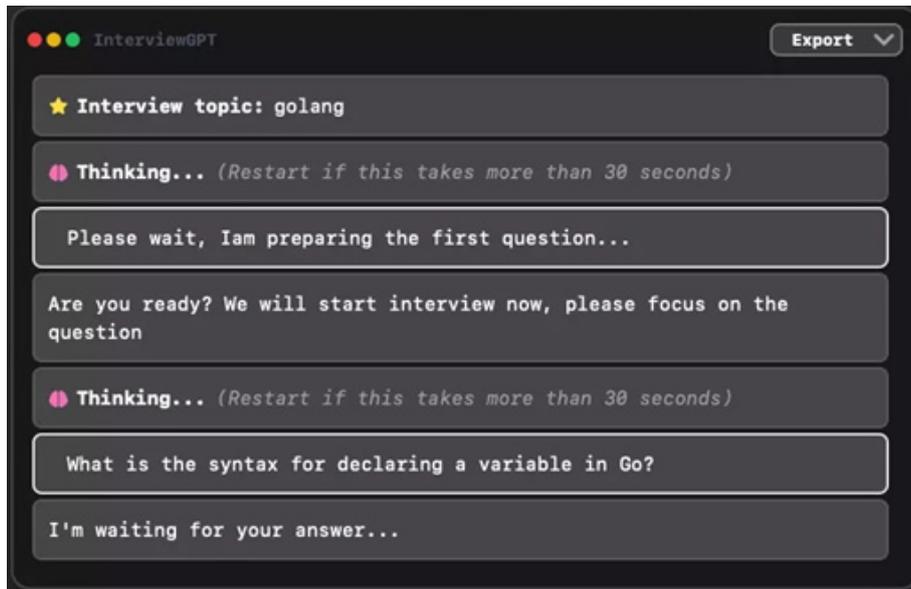


Рис. 2 – Интерфейс вопросов

Определим бизнес-логику и процесс выполнения интервьюера GPT, которые нужно обработать ChatGPT. Прежде всего, создаем набор вопросов для студентов, чтобы они прошли собеседование с помощью интервьюера GPT (рис.3). В случае отсутствия ответов на входные вопросы используется языковая модель для вывода автоматических ответов. Ответы генерируются моделью, основанной на понимании и анализе содержания вопроса, предоставлении подробной информации и пояснений пользователю (рис. 4). Создаём большое количество вопросов, основанных на знаниях студентов, чтобы увеличить их опыт прохождения собеседований (рис. 5).

```

1 export const startGoalPrompt = new PromptTemplate({
2   template:
3     "Вы являетесь рекрутером для `{цели}`, и вы предг
4     inputVariables: ["goal"],
5   });

```

length : 735 lines : 5 Ln : 5 Col : 4 Pos : 736 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Рис. 3 – Составление набора вопросов для интервьюера GPT

```

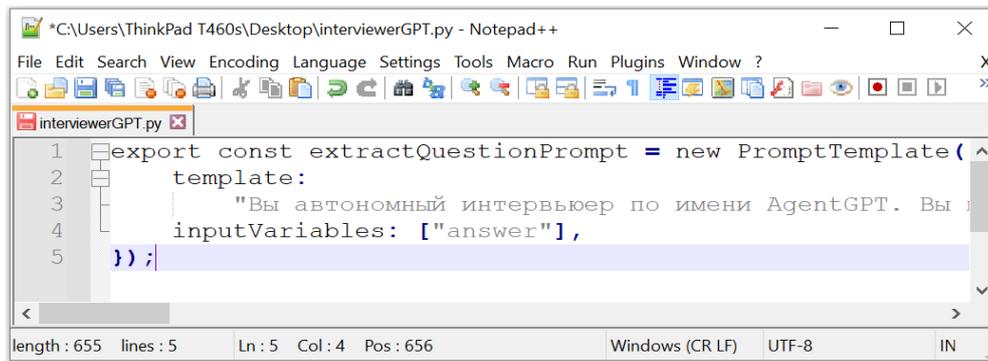
1 export const checkAnswerPrompt = new PromptTemplate({
2   template:
3     "Вы автономный интервьюер с искусственным интелл
4     inputVariables: ["question", "answer"],
5   });

```

length : 739 lines : 5 Ln : 3 Col : 345 Pos : 688 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Рис. 4 – Оценка ответов для интервьюера GPT

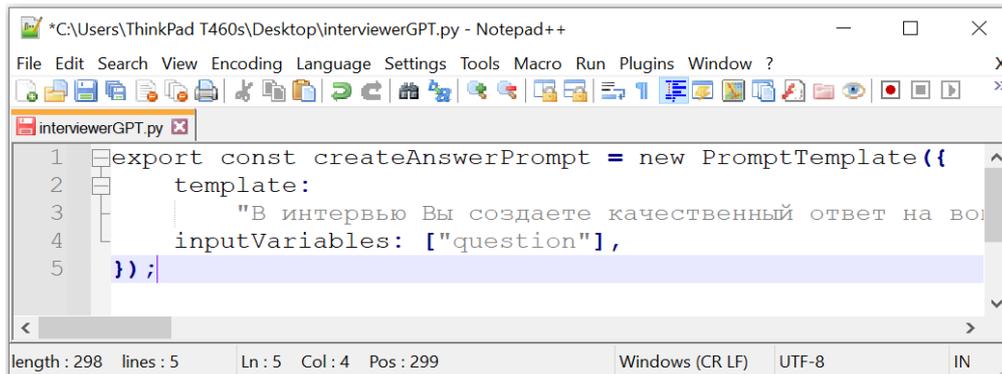
Создаём образец ответа на тот случай, если у студента нет ответа. Здесь происходит обработка ошибки и если студент молчит и не имеет ответа, то выходит подсказка пользователю (рис. 6).



```
1 export const extractQuestionPrompt = new PromptTemplate({
2   template:
3     "Вы автономный интервьюер по имени AgentGPT. Вы
4     inputVariables: ["answer"],
5   });
```

length : 655 lines : 5 Ln : 5 Col : 4 Pos : 656 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Рис. 5 – Добавление вопросов, основанных на знаниях студентов

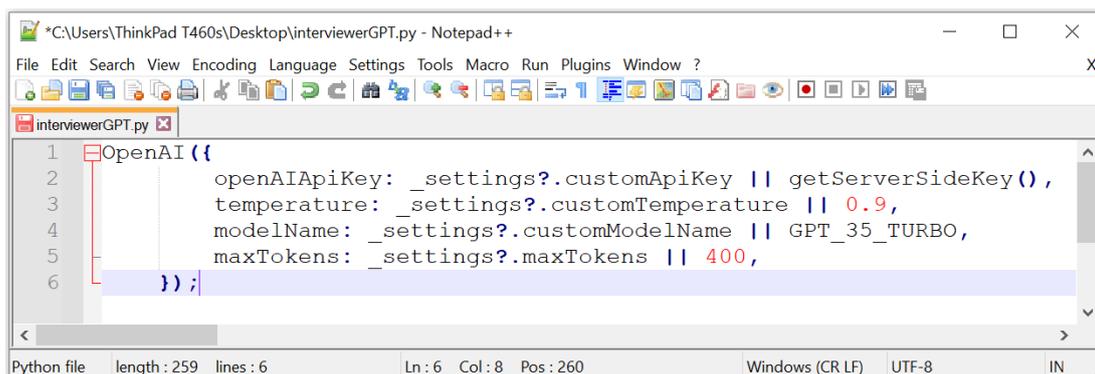


```
1 export const createAnswerPrompt = new PromptTemplate({
2   template:
3     "В интервью Вы создаете качественный ответ на во
4     inputVariables: ["question"],
5   });
```

length : 298 lines : 5 Ln : 5 Col : 4 Pos : 299 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Рис. 6 – Создание образца ответа

Для работы InterviewGPT подключаемся к сервису ChatGPT (рис. 7) и вызываем API ChatGPT (прототип чат-бота с ИИ на основе диалога) для обработки запроса. Для ChatGPT можно настроить ряд индикаторов, чтобы ИИ мог генерировать вопросы и оценивать ответы на основе своих знаний, например: OpenAI-API-Key (код OpenAI, позволяющий получить доступ к услугам); название модели; MaxTokens (максимальное количество токенов, обрабатываемых в запросе). После отправки запроса в ChatGPT проектируем задачи мониторинга логики системы, чтобы продолжать задавать вопросы и отвечать на них вместе со студентами [6].



```
1 OpenAI ({
2   openAIApiKey: _settings?.customApiKey || getServerSideKey(),
3   temperature: _settings?.customTemperature || 0.9,
4   modelName: _settings?.customModelName || GPT_35_TURBO,
5   maxTokens: _settings?.maxTokens || 400,
6 });
```

Python file length : 259 lines : 6 Ln : 6 Col : 8 Pos : 260 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Рис. 7 – Подключение к сервису ChatGPT

Таким образом, был разработан чат-бот, который может создавать вопросы по теме, выбранной пользователем. Для создания и организации работы чат-бота InterviewGPT на веб-сайте требуется подготовка соответствующего контента – веб-сайта, пользовательского интерфейса, бизнес-логики и обработки приложений, функций развертывания, возможности управления, взаимодействия с пользователями, например, вход в систему, создание учетной записи и личной информации и т.д.

Список литературы

1. <https://www.zdnet.com/article/how-does-chatgpt-work/>.
2. <https://www.sciencefocus.com/future-technology/gpt-3/>.
3. <https://fourweekmba.com/how-does-chatgpt-work/>.
4. *Силкина О.Ю., Зарипова Р.С.* Тенденции в развитии искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3 (21). С. 63-65.
5. *Овсеенко Г.А.* SMART-решения и системы искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71-74.
6. *Салтанаева Е.А., Эшелиоглу Р.И.* Воспитание современного студента / Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14. № 1-3. С. 72-76.

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

2.3.6.

Л.Г. Гомбоев

Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
филиал Иркутского государственного университета путей сообщения,
факультет Управление и экономика на транспорте,
кафедра Прикладная механика и математика,
Чита, gombleon@mail.ru

**ПОТЕНЦИАЛ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАТИКИ**

В статье представлены исследования потенциала и эффективности применения кейс-технологий в преподавании информатики и оценка их влияния на развитие компетенций студентов.

Ключевые слова: *компетенции, информатика, кейс-технологии, аналитическое мышление, коммуникация, сотрудничество, проблемное решение.*

Информационные технологии оказывают все большее влияние на развитие общества. В связи с этим повышаются требования к преподаванию информатики в учебных заведениях.

Проблематика преподавания информатики в вузе может включать следующие аспекты:

- теоретические концепции и алгоритмы могут казаться оторванными от реальности, что затрудняет их применение на практике;
- акцент на теоретических аспектах может ограничивать способность студентов применять изученные концепции в реальных ситуациях;
- при традиционном преподавании информатики может уделяться недостаточное внимание развитию ключевых компетенций, таких как аналитическое мышление, проблемное решение, коммуникация и сотрудничество.

Перечисленные проблемы могут быть частично решены посредством использования кейс-технологий.

Цель исследования проблемы использования кейс-технологий: исследовать потенциал и эффективность применения кейс-технологий в преподавании информатики и оценить их влияние на развитие компетенций студентов.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие подходы к преподаванию информатики в вузе и выявить их ограничения и проблемы.
2. Определить компетенции, которые могут быть сформированы с помощью кейс-технологий, и исследовать их важность для будущей профессиональной деятельности студентов.
3. Предложить рекомендации по внедрению и улучшению использования кейс-технологий в преподавании информатики на основе полученных результатов и анализа.

Цели и задачи исследования направлены на выявление потенциала и эффективности кейс-технологий в преподавании информатики и их влияния на развитие компетенций студентов. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения учебного процесса.

Актуальность использования кейс-технологий в преподавании информатики в вузе заключается в следующем:

1. Кейс-технологии предоставляют студентам возможность применять теоретические знания на практике, развить умение адаптироваться и применять свои знания для решения реальных проблем.

2. Кейс-технологии способствуют развитию таких ключевых компетенций в профессиональной сфере, как аналитическое мышление, проблемное решение, коммуникацию, сотрудничество и другие навыки, необходимые профессионалами в области информатики.

3. Кейс-технологии позволяют студентам получить практические навыки применения информационных технологий в реальных ситуациях и готовит их к решению сложных задач в профессиональной деятельности.

4. Работа над реальными ситуационными задачами может быть более привлекательной и стимулирующей, поскольку студенты видят прямую связь между изучаемым материалом и его применением в реальном мире.

Традиционный подход к преподаванию информатики в форме лекций, лабораторных работ имеет такие ограничения, как односторонняя коммуникация, ограниченное учебным планом количество времени, отсутствие индивидуального подхода, ограниченный определенными сценариями контекст, неочевидная связь между изучаемыми концепциями и их применением в реальной жизни, сложности в распределении задач и обеспечении активного участия всех членов группы в решении группового задания и т.д.

Кейс-технологии также имеют ограничения. Они могут требовать определенного уровня предварительной подготовки студентов, что может ограничить их доступность для начальных курсов. Разработка и реализация кейсов требует дополнительных временных и ресурсных затрат со стороны преподавателя. Оценка работы студентов над кейсами может быть сложной из-за нестандартных подходов и решений, требующих гибкости в оценочных критериях.

Описание возможностей и особенностей кейс-технологий в контексте изучения информатики:

1. Кейс-технологии позволяют студентам применить теоретические знания на практике и увидеть их применимость в реальных ситуациях.

2. Кейс-технологии способствуют развитию навыков проблемного решения, таких как анализ, оценка и выбор оптимального решения.

3. Кейс-технологии обеспечивают активное вовлечение студентов в обучающий процесс, где они становятся активными участниками анализа, обсуждения и принятия решений.

4. Кейс-технологии требуют от студентов критического мышления, анализа информации и оценки различных факторов.

5. Кейс-технологии предоставляют студентам возможность использовать свою творческую мысль для нахождения новых и инновационных решений.

6. Кейс-технологии требуют от студентов общения, сотрудничества и эффективной коммуникации в рамках групповой работы в команде.

7. Кейс-технологии создают среду, близкую к реальным рабочим ситуациям, с которыми студенты могут столкнуться в будущей профессиональной деятельности.

8. Кейс-технологии стимулируют активное вовлечение студентов в учебный процесс. Они становятся активными участниками обучения, их мотивация и интерес к предмету возрастают, а учебный материал становится более понятным и применимым.

Кейс-технологии в преподавании информатики могут способствовать формированию следующих компетенций у студентов:

1. Проблемное решение: компетенция в проблемном решении включает способность и готовность искать, анализировать и находить эффективные решения для сложных задач и проблем.

Примеры задач и упражнений:

- Анализ и решение сложных кейсов, связанных с разработкой программного обеспечения или проектированием информационных систем.
- Групповая работа над реальными проектами, требующими исследования и решения технических проблем.
- Использование симуляций и виртуальных сред для решения задач, моделирования процессов и предоставления альтернативных решений.

2. Критическое мышление: компетенция в критическом мышлении включает способность анализировать информацию, оценивать аргументы и делать обоснованные выводы.

Примеры задач и упражнений:

- Исследование и анализ научных статей и публикаций, связанных с темой информатики.
- Обсуждение и дебаты по проблематике информатики, где студенты могут высказывать свои мнения и аргументировать свои точки зрения.
- Критический анализ различных решений и подходов к решению проблем, представленных в кейсах.

3. Коммуникация и сотрудничество: компетенция в коммуникации и сотрудничестве включает способность эффективно общаться, работать в команде и сотрудничать с другими людьми.

Примеры задач и упражнений:

- Групповая работа над проектами, где студенты должны сотрудничать, делиться задачами и решать проблемы вместе.
- Ролевые игры и симуляции, где студенты имитируют командные ситуации и разрабатывают стратегии коммуникации и сотрудничества.
- Обратная связь и рефлексия после выполнения заданий и проектов, чтобы студенты могли обмениваться мнениями и оценками своей работы.

4. Аналитическое мышление: компетенция в аналитическом мышлении включает способность анализировать информацию, идентифицировать связи и паттерны, а также извлекать значимые выводы.

Примеры задач и упражнений:

- Анализ данных и статистических показателей, связанных с информатикой и ее применением в различных сферах.
- Разработка и решение задач на основе логических операций, алгоритмов и структур данных.
- Проектирование и анализ информационных систем, где студенты должны учитывать требования и цели системы и принимать решения на основе анализа.

Перечисленные компетенции являются ключевыми для будущей профессиональной деятельности студентов в области информатики, где часто возникают сложные проблемы, требующие анализа новых технологий и поиска оптимальных решений.

Анализ и оценка эффективности использования кейс-технологий в преподавании информатики являются важным этапом исследования. Для этого можно применить следующие подходы:

1. Сравнительный анализ результатов обучения студентов, которые использовали кейс-технологии, с результатами тех, кто обучался по традиционным методам. Сравнение позволит оценить, насколько эффективны кейс-технологии в достижении образовательных целей.
2. Оценка развития ключевых компетенций студентов, которые использовали кейс-технологии с исходным уровнем компетенций студентов и с группой, которая не использовала кейс-технологии.
3. Опросы и отзывы студентов и преподавателей, которые использовали кейс-технологии, выявление преимуществ и недостатков данного подхода, оценка степени

удовлетворенности студентов и преподавателей, выявление потенциальных областей улучшения.

4. Качественный анализ учебных кейсов, оценка их соответствия учебным целям и адаптированности к реальным ситуациям, степени сложности и возможности для развития ключевых компетенций.

Анализ и оценка эффективности использования кейс-технологий в преподавании информатики помогут получить объективную информацию о достижении образовательных целей, развитии компетенций студентов и улучшении учебного процесса. Результаты этого анализа могут быть использованы для оптимизации и совершенствования методов преподавания информатики с использованием кейс-технологий.

Существует ряд исследований ([3], [4], [5], [8]), которые подтверждают положительное влияние кейс-технологий на обучение студентов в различных областях, включая информатику. Вот некоторые результаты исследований:

1. Студенты, участвующие в курсе с использованием кейс-технологий, достигли более высоких оценок и проявили больший интерес к предмету([6]).

2. Студенты, участвующие в курсе с использованием кейс-технологий, продемонстрировали более высокие показатели в решении сложных задач и более глубокое понимание концепций информатики.

3. Использование кейс-технологий в подготовке учителей информатики показало, что кейс-технологии способствуют развитию педагогических навыков студентов и улучшению их способности применять концепции информатики в контексте реальных ситуаций ([9]).

Хотя кейс-технологии имеют множество преимуществ и эффективно применяются в преподавании информатики, есть и некоторые проблемы их применения:

1. Создание качественных и реалистичных учебных кейсов может потребовать значительного времени и ресурсов со стороны преподавателей.

2. Учебные кейсы должны быть адаптированы к различным уровням знаний и навыков студентов.

3. Кейс-технологии могут быть открытыми и неоднозначными, что означает, что существует несколько возможных решений и подходов к решению проблемы. Это может вызывать затруднения у некоторых студентов.

4. Кейс-технологии могут требовать больше времени на их реализацию и обсуждение. Это может создавать ограничения в рамках учебного расписания и требовать хорошо спланированной организации времени для достижения желаемых результатов;

5. Поскольку кейс-технологии обычно ориентированы на практическое применение знаний, традиционные методы оценки, такие как тесты и экзамены, могут быть недостаточными. Преподавателям приходится разрабатывать и использовать альтернативные методы оценки, такие как портфолио, проекты или практические задания.

Некоторые рекомендации по внедрению кейс-технологий в преподавание информатики:

1. Определение конкретных целей и образовательных результатов применения кейс-технологий с учетом особенностей программы обучения, потребностей студентов и требований профессиональной деятельности.

2. Подбор кейсов, соответствующих уровню студентов, учебным целям и контексту обучения.

3. Разработка четкой структуры работы с кейсами, включая вводный этап, работу в группах, обсуждение и рефлексию.

4. Использование групповой работы для стимулирования сотрудничества и обмена идеями между студентами и развития навыков коммуникации, лидерства и коллективного решения проблем.

5. Активное обсуждение и анализ кейсов, анализ и оценка различных решений, поиск альтернативных подходов.

6. Использование современных технологий и инструментов, таких как виртуальные среды, симуляции и онлайн-платформы.

7. Оценка развития компетенций студентов посредством портфолио, проектов и практических заданий.

8. Постоянное совершенствование посредством сбора отзывов студентов и преподавателей для улучшения и совершенствования применения кейс-технологий в учебном процессе.

Соблюдение этих рекомендаций поможет эффективно внедрить кейс-технологии в учебный процесс и достичь желаемых образовательных результатов у студентов.

Обсуждение факторов успеха и возможных путей развития подхода, основанного на использовании кейс-технологий в преподавании информатики, является важным аспектом. Ниже представлены некоторые факторы успеха и возможные пути развития данного подхода:

Факторы успеха:

1. важно, чтобы преподаватели имели соответствующую подготовку и компетенции в разработке и применении кейс-технологий;

2. кейсы должны быть хорошо структурированы и предоставлять достаточно информации, чтобы студенты могли анализировать и решать проблему;

3. успех кейс-технологий зависит от активного участия студентов. Преподаватели должны стимулировать студентов к активному участию, обсуждению и анализу кейсов;

4. преподаватели должны предоставлять поддержку и обратную связь студентам в процессе работы с кейсами;

5. кейс-технологии могут быть успешно интегрированы с другими методиками преподавания, такими как лекции, лабораторные работы и проектное обучение. Использование разнообразных методик может обогатить учебный процесс и способствовать более полному и глубокому пониманию концепций информатики.

Возможные пути развития:

1. Развитие ресурсов: создание и распространение ресурсов, связанных с кейс-технологиями, таких как учебники, онлайн-материалы, примеры кейсов и методические рекомендации.

2. Сетевое взаимодействие и обмен опытом: преподаватели информатики могут активно сотрудничать и обмениваться опытом с коллегами из других учебных заведений.

3. Применение современных технологий: внедрение современных технологий, таких как виртуальные среды, онлайн-платформы и симуляции, может расширить возможности применения кейс-технологий.

4. Исследования и оценка эффективности: проведение исследований и оценка эффективности применения кейс-технологий в преподавании информатики могут помочь в определении лучших практик, выявлении факторов успеха и путей развития данного подхода.

5. Продолжающееся обучение преподавателей: организация курсов повышения квалификации и тренингов для преподавателей информатики по разработке и применению кейс-технологий.

Значимость исследования заключается в том, что оно предоставляет научно обоснованные доказательства эффективности кейс-технологий в преподавании информатики. Результаты исследования могут служить основой для разработки новых методик преподавания и обновления учебных программ в области информатики.

В целом, исследование подтверждает, что кейс-технологии являются эффективным методом преподавания информатики, способствующим развитию компетенций студентов и подготовке их к современным вызовам в области информационных технологий. Это подтверждает значимость и перспективы применения кейс-технологий в преподавании информатики и образовании в целом.

Перспективы дальнейших исследований и развития подхода, основанного на использовании кейс-технологий в преподавании информатики, включают следующие аспекты:

1. Исследования могут быть направлены на расширение области применения кейс-технологий в других областях информатики и связанных дисциплинах.

2. Исследования могут быть направлены на разработку стандартов, рекомендаций и методических материалов для преподавателей.

3. Дальнейшие исследования могут быть сфокусированы на изучении влияния применения кейс-технологий на мотивацию студентов и их учебные результаты.

4. Исследования могут быть направлены на разработку новых форматов кейсов, которые были бы более адаптированы к современным требованиям и реалиям.

5. Дальнейшие исследования могут быть посвящены исследованию интеграции кейс-технологий с новыми технологиями, такими как искусственный интеллект, аналитика данных и облачные вычисления.

6. Проведение сравнительных исследований различных методов преподавания информатики, включая кейс-технологии.

7. Исследования могут быть проведены для изучения применения кейс-технологий в различных контекстах, таких как разные типы учебных заведений, различные группы студентов и разные учебные программы.

Дальнейшие исследования и развитие данного подхода позволят углубить наше понимание применения кейс-технологий в преподавании информатики и способствовать его улучшению и распространению. Это позволит лучше подготовить студентов к современным требованиям и вызовам в области информатики и обеспечить качественное образование в этой области.

Список литературы

1. *Абрамова О.Ф.* CASE-технологии: изучать или исключить? / О. Ф. Абрамова // *Alma mater. Вестник высшей школы.* – 2012. - № 9. – С. 109-110.
2. *Арканова Т.А.* Использование метода кейс-стади в профессиональной подготовке студентов-экономистов / Т. А. Арканова // *Вестник университета Российской академии образования.* – 2011. – № 1. – С. 164-171.
3. *Баран О.В.* Возможности применения case study в учебном процессе / О. В. Баран // *Вестник Московского государственного лингвистического университета.* – 2010. – № 605. – С. 9-13.
4. *Гладких И.В.* Организационное поведение и управление человеческими ресурсами: кейсы из коллекции ВШМ СПбГУ / Под ред. И. В. Гладких, В. Н. Мининой // *Высшая школа менеджмента СПбГУ.* – СПб. : Изд-во «Высшая школа менеджмента», 2010. – 440 с.
5. *Гомбоев Л.Г.* Об опыте применения кейса в преподавании информатики / Л. Г. Гомбоев // *Научно-технический вестник Поволжья.* – 2022. – №5. – С. 161-164.
6. *Еремин А.С.* Заключительные этапы анализа учебных кейсов и оценка работы студентов при использовании кейс-метода // *Инновации в образовании.* – 2010. – № 8. – С. 120-141.
7. *Кларк Бертон Р.* Поддержание изменений в университетах : преемственность кейс-стади и концепций / Бертон Р. Кларк ; пер. с англ. Е. Степкиной. – М. : Изд. дом Высш. шк. экономики, 2011. – 307 с.
8. *Матусевич А.П.* Кейсы и кейс-стади : вопросы методологии : [учеб.-метод. пособие] / А. П. Матусевич, С. В. Коровин. – М. : Магистр : ИНФРА-М, 2010. – 77 с.
9. *Полат Е.С.* Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учебное пособие для студ. вузов / Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. – 2-е изд., стер. – М: Академия, 2008. – 368 с.

2.3.6.

О.И. Кидиеков

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем,
Абакан, ksanka_75@mail.ru

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ WINDOWS 10: ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В статье рассматривает важность обеспечения безопасности компьютеров, работающих на платформе Windows 10, подробно описываются основные угрозы, с которыми сталкиваются пользователи данной операционной системы, такие как вредоносное программное обеспечение, фишинг, сетевые атаки, уязвимости программного обеспечения и недостаточная защита паролей. Кроме того, предоставляются практические рекомендации и советы по обеспечению безопасности компьютера, включая защиту Wi-Fi, использование безопасных протоколов связи и настройку брандмауэра.

Ключевые слова: *операционная система, информационная безопасность, уязвимости приложений.*

Введение

В современном цифровом мире, где персональные компьютеры стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, обеспечение информационной безопасности стало одной из наиболее актуальных задач. Операционная система Windows 10, разработанная корпорацией Microsoft, является одной из самых популярных и широко используемых платформ в мире. Однако, с ростом популярности Windows 10, возрастает и уровень угроз, связанных с безопасностью персональных компьютеров.

В данной статье мы рассмотрим важность обеспечения информационной безопасности персонального компьютера с операционной системой Windows 10. Мы рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются пользователи данной ОС, а также предоставим рекомендации и советы по обеспечению безопасности компьютера.

Безопасность персонального компьютера является неотъемлемой частью общей информационной безопасности, поскольку наши компьютеры хранят большое количество личной и конфиденциальной информации. Утечка такой информации может привести к серьезным последствиям, включая финансовые потери, кражу личности и нарушение конфиденциальности.

Поэтому, важно принять все необходимые меры для защиты персонального компьютера с операционной системой Windows 10. В следующих разделах статьи мы рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются пользователи Windows 10, а также предоставим практические рекомендации по обеспечению безопасности компьютера.

Основные виды угроз информационной безопасности для персонального компьютера

Для безопасности персонального компьютера существует большое количество угроз, рассмотрим основные из них:

1. Вредоносное программное обеспечение malware: вирусы, шпионское ПО, трояны и прочие виды они могут украсть личные данные, пароли, финансовую информацию или привести к потере данных.

2. Фишинг: Это метод мошенничества, при котором злоумышленники пытаются получить личную информацию, такую как пароли, номера кредитных карт или социальные

данные, путем подделки легитимных веб-сайтов или отправки поддельных электронных писем.

3. Сетевые атаки: Хакеры могут использовать различные методы, такие как атаки переполнения буфера, отказ в обслуживании (DDoS) или перехват сетевого трафика, чтобы получить несанкционированный доступ к компьютеру и его данным.

4. Уязвимости программного обеспечения: Некоторые программы и операционные системы могут содержать уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками для получения доступа к компьютеру. Поэтому важно регулярно обновлять программное обеспечение и операционную систему, чтобы исправить обнаруженные уязвимости.

5. Недостаточная защита паролей: Слабые пароли или повторное использование паролей могут сделать ваш компьютер уязвимым для взлома. Злоумышленники могут использовать слабые пароли для получения доступа к вашим учетным записям и личной информации.

6. Недостаточная защита Wi-Fi: Если ваша беспроводная сеть Wi-Fi недостаточно защищена, злоумышленники могут перехватывать ваш сетевой трафик и получать доступ к вашим данным. Важно использовать надежные пароли для Wi-Fi и шифрование данных.

Так выглядят основные виды угроз для безопасности персонального компьютера.

Способы защиты персонального компьютера

Если недостаточная защита паролей довольно легко решаемая проблема, которую пользователь может исправить самостоятельно, то некоторые другие проблемы не так очевидны, рассмотрим пару из них.

Недостаточная защита Wi-Fi, ваш сетевой трафик, передаваемый по беспроводной сети можно перехватить в любом случае, вопрос лишь в том, можно ли его дешифровать и составить из дешифрованных фрагментов полноценные файлы или сообщения. Для дешифровки используется одноразовый ключ, который устройство получает в момент подключения к сети, данный ключ также можно перехватить и дешифровать. Чаще всего получение доступа к сети Wi-Fi происходит из-за недостаточной защищенности. Пароль можно получить, начиная от простого брутфорса (перебора) и заканчивая недостаточным протоколом защиты, так, например, старые версии точек доступа могут не поддерживать новые стандарты защиты, например, как WPA2, WPA3. И если первую проблему можно решить сменой пароля, то вторая исправляется только заменой оборудования.

При работе с сетью, стоит помнить о работе алгоритмов HTTP и HTTPS, к примеру, если пользоваться первым алгоритмом, то велика вероятность того, что в ваши команды может влезть злоумышленник и изменить исходные команды, тем самым навредив либо вашему устройству, либо с помощью вашего запроса навредив серверу. Тем не менее, в работе алгоритма HTTPS лежит принцип сеансового ключа (session key или ticket), которые злоумышленники чаще всего стараются перехватить, ведь с помощью данного ключа можно производить манипуляции с любыми командами. Чтобы избежать такого, достаточно просто обновлять сеанс подключения как можно чаще, в некоторых сайтах и программах это заложено изначально, в некоторых нет, а потому стоит обновлять сеанс «руками», то есть перезаходить в какой-либо аккаунт или перезагружать программу.

Проблема фишинга решается исключительно человеческим фактором и некоторыми алгоритмами антивирусного программного обеспечения. Тем не менее ни одно антивирусное ПО не может гарантировать что до конечного пользователя не дойдет фишинговая ссылка. В таком случае стоит лишь надеяться на самого себя и не верить, что вам подарили автомобиль или пол миллиона долларов.

Вредоносное программное обеспечение, сетевые атаки и уязвимости программного обеспечения тесно связаны между собой, так к примеру программы типа, malware создают благоприятную обстановку для развития других вирусных программ, например, троянов, что в свою очередь используются для сетевых атак с вашего устройства или получения персональных данных, которые они затем отправляют через сеть злоумышленнику. Программы типа malware вызывают нестандартное поведение системы, от открытия

приложений без указания пользователя, до запрета изменения реестра или настроек персонального компьютера. При наблюдении таких проблем следует либо произвести антивирусную проверку, однако чаще всего полная переустановка системы куда более надежный способ избавиться от malware, ведь многие программы такого типа хранят свои временные копии почти во всех разделах персонального компьютера.

Простой способ защитить компьютер от сетевых атак, настроить брандмауэр и фаервол. По умолчанию они довольно слабо фильтруют сетевой трафик и позволяют многим программам открывать сетевые порты компьютера по умолчанию. Так, к примеру, троян, что получил доступ к вашим данным и запущен в системе по умолчанию, может открыть необходимый порт и отправить все собранные данные злоумышленнику. Для этого и необходимо настраивать брандмауэр и фаервол более тонко, нежели парочка галочек, предложенных системой.

Большинство антивирусного программного обеспечения производит двойную фильтрацию сетевого трафика, но это не исключает возможность использования уязвимостей в программном обеспечении, так, к примеру, ранее используемая операционная система Windows 7 имела уязвимость в самой системе, что позволяла управлять сетевым адаптером и, следовательно, предоставляла злоумышленникам почти все ресурсы сетевой карты. Чтобы избежать проблемы уязвимостей в программном обеспечении достаточно своевременно обновлять программы, компоненты и драйвера персонального компьютера.

Выводы

Таким образом, в статье рассмотрены основные виды угроз для персонального компьютера на базе операционной системы Windows 10. Даны рекомендации по защите персонального компьютера и приведены примеры разных уязвимостей.

Список литературы

1. *Lee Brotherston, Amanda Berlin* Defensive Security Handbook: Best Practices for Securing Infrastructure. - O'Reilly Media, Inc., 2017 г. - 284 с.
2. *Бабаш А.В.* Информационная безопасность. Лабораторный практикум: Учебное пособие / А.В. Бабаш, Е.К. Баранова, Ю.Н. Мельников. — М.: КноРус, 2016. — 136 с.
3. *Малюк А.А.* Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации / А.А. Малюк. — М.: ГЛП, 2016. — 280 с.
4. *Чипига А.Ф.* Информационная безопасность автоматизированных систем / А.Ф. Чипига. — М.: Гелиос АРВ, 2017. — 336 с.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

Э.И. Салахова, В.Э. Зинуров, В.В. Харьков,
П.Е. Глухова, В.А. Лавриков, А.Н. Николаев
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГАЗА
ОТ ТВЕРДЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ
В СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ С ВОГНУТЫМИ
ОТРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

*Ключевые слова: сепаратор,
эффективность, мелкодисперсная пыль.*

В работе представлены результаты численного моделирования для очистки газа от твердых взвешенных частиц в сепарационном устройстве с вогнутыми отражающими элементами. При течении газопылевого потока внутри устройства образуется волнообразная структура. Результатом такого течения является возникновение центробежных сил, действующих на частицы, способствующих их сепарации из газа. Целью работы является оценка эффективности сепарационного устройства с вогнутыми отражающими элементами при различном расстоянии между рядами. Для получения выборки данных рассматривалось три модели сепарационного устройства. Расстояние между рядами принималось равным 75, 100 и 125% от базового. В качестве модели турбулентности при CFD моделировании использовалась k- ω SST. Результаты численного моделирования показали, что с увеличением расстояния l между рядами вогнутых отражающих элементов эффективность сепарационного устройства снижается. Волнообразная структура потока нарушается, каждый поворот газа становится более вытянутым, что приводит к уменьшению центробежных сил, действующих на частицы. Эффективность сепарационного устройства составляет в среднем 91,2; 83,6 и 83,5 % при расстоянии между рядами отражающих элементов 0,75l, l и 1,25l соответственно.

И.Н. Бояршинова, С.А. Бочкарев
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ
НАПЛАВКИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ТРЕЩИН

*Ключевые слова: лазерная наплавка, ремонт трещин,
траектории сканирования, форма канавок, моделирование
в ANSYS Workbench*

В статье сравниваются результаты моделирования процесса устранения трещины посредством лазерной порошковой наплавки при различных параметрах процесса. Целью исследования являлось выявление зависимости температурных полей и НДС в зоне наплавки от формы канавок и траектории нанесения слоев материала.

В.А. Ильиных, Т.Э. Носальская, О.С. Белкина
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА
В ПРОФИЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ

*Ключевые слова: профильные соединения деталей машин,
контактные давления и углы, конструктивные параметры,
метод функций отклика, зоны контакта.*

В статье показана методика расчета инновационных профильных соединений станков с применением метода функций отклика. При решении задачи упругого контактного взаимодействия тел в нелинейной постановке используют систему уравнений совместности перемещений, уравнений равновесия и граничные условия. Как правило, границы зон контакта неизвестны. Используя, результаты опытов и применяя метод функций отклика можно более точно определить граничные условия.

E.I. Salakhova, V.E. Zinurov, V.V. Kharkov,
P.E. Glukhova, V.A. Lavrikov, A.N. Nikolaev
NUMERICAL SIMULATION OF GAS CLEANING FROM
SUSPENDED SOLID PARTICLES IN A SEPARATION
DEVICE WITH CONCAVE REFLECTING ELEMENTS

Keywords: separator, efficiency, fine dust.

The article presents the results of numerical modelling for cleaning of gas from suspended solid particles in a separation device with concave reflective elements. When the dusty gas flows, a wave-like pattern is formed inside the device. In this case, centrifugal forces occur, which act on particles to separate particles from the gas. The objective of the paper is to evaluate the efficiency of a separation device with concave reflecting elements at different distances between the rows. Three models of a separator were considered for data sampling. The distance between the rows was assumed to be 75, 100, and 125% of the base. was carried out using the Ansys Fluent. As a turbulence model in the CFD study, k- ω SST was used. The results of the numerical simulation showed that, as the distance between the rows of concave reflecting increases, the efficiency of the separation device decreases. The wave-like pattern is disrupted, with each gas rotation being more elongated, resulting in reduced centrifugal forces acting on particles. The efficiency of the separation device averages 91.2, 83.6, and 83.5% at a distance of 0.75l, l, and 1.25l respectively, between the rows of reflecting elements.

I.N. Boyarshinova, S.A. Bochkarev
NUMERICAL INVESTIGATION OF THE PROCESS
OF LASER METAL DEPOSITION DURING CRACK
REMOVAL

*Keywords: laser metal deposition, crack repair, scanning
pattern, shape of the grooves, ANSYS Workbench simulation*
The article compares the results of modeling the process of crack repair by means of laser welding for various process parameters. The purpose of the study was to identify the dependence of temperature fields and SSS in the metal deposition zone on the shape of the grooves and the scanning pattern.

V.A. Ilinykh, T.E. Nosalskaya, O.S. Belkina
APPLICATION OF THE RESPONSE FUNCTION METHOD
WHEN DETERMINING CONTACT PARAMETERS
IN A PROFILE CONNECTION

*Keywords: profile joints of machine parts, contact pressures
and angles, design parameters, method of response functions,
contact zones.*

The article shows the method of calculating innovative profile connections of machine tools using the method of response functions. When solving the problem of elastic contact interaction of bodies in a nonlinear formulation, a system of displacement compatibility equations, equilibrium equations and boundary conditions are used. As a rule, the boundaries of the contact zones are unknown. Using the results of experiments and applying the method of response functions, it is possible to more accurately determine the boundary conditions.

А.А. Кочешков

КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ
С ВОЗМУЩЕНИЯМИ В КЛАССЕ МОДЕЛЕЙ СКОЛЬЗЯЩЕГО
СРЕДНЕГО

Ключевые слова: дискретные системы,
коррелированные векторные возмущения, усеченные
ковариационные функции, БПЛА.

В работе предлагается подход к ковариационному анализу дискретных стохастических систем, основанный на непараметрической аппроксимации случайных возмущений моделями скользящего среднего и применении в алгоритмах усеченных матричных ковариационных функций. В отличие от метода расширения пространства состояний не требуется построения векторных уравнений формирующих фильтров. В частности, метод может быть применен для повышения точности траектории полета беспилотных летательных аппаратов в условиях ветровых воздействий.

В.Ю. Мельцов, П.А. Баташев, А.А. Чудинов
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА УСЛУГ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
В КОМПЛЕКСНОМ ЦЕНТРЕ СОЦИАЛЬНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ключевые слова: социальное обслуживание,
автоматизация, принятие решений, интеллектуальная
система, дерево решений, методы классификации.

Рассмотрен процесс автоматизации одного из наиболее трудоёмких этапов работы специалиста комплексного центра социального обслуживания населения, а именно: этап составления индивидуального плана предоставления социальных услуг. Данный этап формально может быть разделен на две подзадачи: многокритериальная задача классификации, сутью которой является выбор необходимых услуг, и задача оптимизации, сутью которой является распределение выбранных услуг в ограниченных временных рамках. Для решения задачи классификации были отобраны и протестированы на реальных примерах наиболее известные методы с последующим выбором одного из них в качестве предварительного метода решения задачи классификации.

Т.Г. Орешенко, С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев
О ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Ключевые слова: показатели надежности,

коэффициенты нагрузки, вероятность безотказной работы.

Целью являлось обоснование возможности применения имитационной модели для определения режимов работы электронных компонентов в целях уточнения показателей надежности с последующим повышением вероятности безотказной работы и средней наработки до отказа по результатам анализа. Новизна работы заключается в использовании специализированного программного обеспечения для автоматизации построения карт электрических режимов. Итогом работы является совершенствование методики и ускорение получения результатов расчетов, особенно для схем, работающих в нескольких режимах.

С.С. Рявкин, С.А. Кусюмов, А.Н. Кусюмов
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАХОВОГО ДВИЖЕНИЯ И КАЧАНИЯ
ЛОПАСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА

Ключевые слова: несущий винт, лопасть,
углы взмаха и качания, вертикальный и горизонтальный
шарниры, устойчивость движения лопасти

Рассматривается задача моделирования махового движения и качания лопасти несущего винта вертолета. Втулка несущего винта снабжена вертикальным и горизонтальным шарнирами. Моделирование проводится при условии продольной балансировки вертолета. Решение строится для различных значений момента инерции лопасти с учетом наличия демпфера вертикального шарнира винта. Определяется влияние параметров моделирования на амплитуду колебаний лопасти винта, устойчивость поведения и флаттер.

А.А. Kocheshkov

COVARIANCE ANALYSIS OF DISCRETE SYSTEMS
WITH PERTURBATIONS IN THE CLASS OF MOVING
AVERAGE MODELS

Keywords: discrete systems,
correlated vector perturbations, truncated covariance
functions, UAV.

The paper proposes an approach to the covariance analysis of discrete stochastic systems based on nonparametric approximation of random perturbations by moving average models and the use of truncated matrix covariance functions in algorithms. In contrast to the method of expanding the state space, it is not required to construct vector equations for shaping filters. In particular, the method can be applied to improve the accuracy of the flight path of unmanned aerial vehicles under wind conditions.

V.Y. Meltsov, P.A. Batashev, A.A. Chudinov
AUTOMATION OF THE PROCESS OF CHOOSING
SERVICES WHEN FORMING AN INDIVIDUAL
PROGRAM IN A COMPLEX CENTER OF SOCIAL
SERVICES

Keywords: social services, automation, decision making,
intelligent system, decision trees, classification methods.

Considered the process of automation one of the most laborious stage in work of specialist in complex centr of social services: process of forming an individual program of provision of social services. This stage can be divided into two problem: classification problem and optimization problem. The first problem is choosing needed services, the second problem is filling a limited time of selected services. For choose a solution the first problem, the most well-known classification methods were tested on real data.

T.G. Oreshenko, S.V. Kharlashina, V.R. Timofeev
ABOUT PRELIMINARY CALCULATION OF
RELIABILITY INDICATORS OF ELECTRONIC CIRCUITS

Keywords: reliability indicators,

load factors, probability of trouble-free operation.

The purpose was to substantiate the possibility of using a simulation model to determine the operating modes of electronic components in order to clarify reliability indicators, followed by an increase in the probability of failure-free operation and average operating time to failure according to the results of the analysis. The novelty of the work lies in the use of specialized software for automating the construction of maps of electrical modes. The result of the work is to improve the methodology and accelerate the receipt of calculation results, especially for circuits operating in several modes.

S.S. Ryavkin, S.A. Kusyumov, A.N. Kusyumov
SIMULATION OF COUPLING FLAP-LAG MOTION
OF MAIN ROTOR BLADE

Keywords: main rotor, blade, flap and lead lag angles, vertical
and horizontal hinges, blade motion stability.

A problem of the coupled flap-lag motion simulation of a main rotor blade is considered. The rotor hub has vertical and horizontal hinges. Modeling is carried out taking into account the longitudinal balancing of the helicopter. The solution is determined for various values of the inertia moment of the blade, taking into account the presence of the vertical hinge damper. The influence of simulation parameters on the blade oscillation amplitude, stability of blade motion, and flutter is analyzed.

Э.Ф. Амирова, Р.И. Вагапов, А.Л. Золкин, Н.Н. Малова
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, растениеводство, скот, сельское хозяйство.

В работе рассмотрено использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве. Проанализированы различные типы беспилотных летательных аппаратов и составлен их сравнительный анализ. Ежегодно возрастающая численность населения планеты привела к проникновению высоких технологий в сельское хозяйство и созданию точного земледелия. Одним из направлений точного земледелия является использование БПЛА, которые могут применяться для решения следующих задач: анализ почвы и полей, посадка растений, посев и точечное опрыскивание, мониторинг урожая, осуществление орошения, а также подсчет поголовья, мониторинг здоровья животных, контроль за передвижением животных, создание виртуального периметра. В рамках проведенного исследования были определены как проблемы, так и преимущества использования БПЛА. Основными проблемами являются: стоимость, вопросы лицензирования и регулирования, внедрение в бизнес, технические проблемы. Из преимуществ можно выделить: отсутствие ограничений, короткий путь перемещения, полет в темноте, экономия временных и трудовых ресурсов, осуществление аэрофотосъемки. Отмечено, что в ближайшее время БПЛА будут активно проникать во все сферы жизнедеятельности человека, в том числе и в сельское хозяйство, значительно увеличивая производительность труда на фоне снижения издержек производства.

А.В. Безворотных, И.А. Панфилов,
А.В. Мицкевич, Р.Э. Мамедов, М.М. Клипин
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ПО УЧЕТУ
ДИКОРОСОВ

Ключевые слова: цифровой сервис, мобильное приложение, дикоросы

В статье описан процесс разработки мобильного приложения для информационной системы «Дикоросы Красноярья». Приведен обзор предпроектного анализа, обозначен алгоритм работы мобильного приложения. Разработаны и описаны модели функционирования в нотациях UML и BPMN.

Л.С. Гришина, И.П. Болодурина
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

Ключевые слова: Обработка естественного языка, генерация текста, клинические рекомендации, модель GPT.

Внедрение электронных медицинских карт позволило накапливать большие объемы данных, которые могут быть использованы для внедрения систем искусственного интеллекта. В рамках данного исследования рассмотрен подход к анализу неструктурированных русскоязычных медицинских текстов для решения задачи генерации рекомендаций для пациентов, основанный на модели глубокого обучения GPT-2 Large. Оценка сходства сгенерированных рекомендаций на основе метрики BLEU по биграммам и триграммам в среднем составила 0.333 и 0.107 соответственно. Полученные результаты демонстрируют потенциально высокие возможности применения методов NLP для построения систем поддержки принятия врачебных решений.

А.Л. Золкин, Т.Г. Айгумов, Н.А. Гуляева, И.А. Поскряков
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДОСТАВКОЙ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АППАРАТА
ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

Ключевые слова: управление движением беспилотных транспортных систем, мониторинг состояния груза, предиктивная аналитика, машинное обучение.

E.F. Amirova, R.I. Vagapov, A.L. Zolkin, N.N. Malova
PROSPECTS FOR THE USE OF UNMANNED
TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

Keywords: unmanned aerial vehicles, crop production, farming, agriculture.

In this paper, the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture was considered. Various types of unmanned aerial vehicles were analyzed and their comparative analysis was compiled. The annually increasing population of the planet has led to the penetration of high technologies into agriculture and the creation of precision agriculture. One of the directions of precision agriculture is the use of UAVs, which can be used to solve the following tasks: soil and field analysis, planting, sowing and spot spraying, crop monitoring, irrigation, as well as livestock counting, animal health monitoring, animal movement control, creation of a virtual perimeter. As part of the study, both problems and advantages of using UAVs were identified. The main problems are: cost, licensing and regulatory issues, business implementation, technical problems. Among the advantages can be distinguished: the absence of restrictions, a short way to travel, flying in the dark, saving time and labor resources, aerial photography. It is noted that in the near future, UAVs will actively penetrate into all spheres of human activity, including agriculture, significantly increasing labor productivity against the background of lower production costs.

A.V. Bezvorotnykh, I.A. Panfilov,
A.V. Mitskevich, R.E. Mammadov, M.M. Klipin
DESIGNING A DIGITAL SERVICE FOR THE
ACCOUNTING OF WILD PLANTS

Keywords: digital service, mobile application, wild plants.

The article describes the process of developing a mobile application for the information system "Wild plants of Krasnoyarsk". An overview of the pre-project analysis is given, the algorithm of the mobile application is indicated. The models of functioning in UML and BPMN notations are developed and described.

L.S. Grishina, I.P. Bolodurina
DEVELOPMENT OF A MODEL FOR GENERATING
CLINICAL RECOMMENDATIONS FOR A PATIENT
BASED ON UNSTRUCTURED TEXT DATA

Keywords: NLP, text generation, clinical recommendations, GPT model.

The introduction of electronic medical records has allowed the accumulation of large amounts of data that can be used to implement artificial intelligence systems. Within the framework of this study, an approach to the analysis of unstructured Russian-language medical texts for solving the problem of generating recommendations for patients, based on the GPT-2 Large deep learning model, is considered. The similarity score of the generated recommendations based on the BLEU metric based on bigrams and trigrams averaged 0.333 and 0.107, respectively. The obtained results demonstrate the potentially high possibilities of using NLP methods to build medical decision support systems.

A.L. Zolkin, T.G. Aigumov, N.A. Gulyaeva, I.A. Poskryakov
DEVELOPMENT OF A DELIVERY MANAGEMENT
SYSTEM MODEL FOR AN UNMANNED CARGO
VEHICLE USING PREDICTIVE ANALYTICS

Keywords: traffic control of unmanned transport systems, cargo monitoring, predictive analytics, machine learning.
In this study, the authors raise the topical issue of the

В настоящем исследовании авторами рассматривается актуальный вопрос концептуального проектирования систем программного управления воздушными транспортными средствами беспилотного типа, используемыми в коммерческих целях. Формализуется ряд актуальных проблем разработки систем управления. Авторами поднимается вопрос важности разработки модуля программного учета состояния воздушного объекта с возможностями раннего обнаружения. Рассматривается и описывается программная модель и ее функционально значимые модули. Разработанная на языке программирования Python модель представляет собой систему управления для беспилотного грузового аппарата, основанную на предиктивных методах и интеграции с датчиком LiDAR. Цель проектируемой модели состоит в обеспечении безопасной и эффективной доставки грузов на беспилотном дроне DJI Matrice на расстояние. Модель включает в себя несколько ключевых компонентов. Во-первых, благодаря использованию предиктивной аналитики и данных с датчика LiDAR, система обеспечивает раннее обнаружение препятствий в окружающей среде. Это позволяет избежать столкновений и обеспечивает безопасность полета. Также модель использует предиктивную модель движения, которая позволяет аппарату адаптировать план полета на основе текущих данных о полете и состоянии груза. Это позволяет доставлять грузы оптимальным образом, учитывая изменяющиеся условия и требования. Авторами обозначается важная возможность интеграции системы мониторинга состояния груза. Разработанный концепт программно-аппаратной системы непрерывно отслеживает температуру, вибрацию и влажность груза в реальном времени. Если состояние груза выходит за допустимые пределы, система предупреждает оператора и позволяет принять соответствующие меры, например, коррекцию полетного плана или отправку уведомлений. Кроме того, исследуемая система предусматривает обновление предиктивной модели с использованием текущих данных о полете и состоянии груза. Это позволяет повысить точность и надежность прогнозирования, а также адаптировать систему к изменяющимся условиям. Результатом является разработанная функциональная модель, которая обеспечивает автономность и безопасность воздушной доставки грузов. Она позволяет беспилотным грузовым аппаратам эффективно перемещаться на большие расстояния, обнаруживать препятствия, адаптироваться к изменениям и обеспечивать мониторинг состояния груза.

А.Л. Золкин, Ю.Н. Коваль,

Н.А. Гуляева, Ю.В. Гуменникова

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА РЕЖИМНЫХ ОБЪЕКТАХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЦЕЛЯХ ПРЕСЕЧЕНИЯ ДОСТАВКИ НА НИХ ЗАПРЕЩЕННЫХ ПРЕДМЕТОВ

Ключевые слова: БПЛА, обнаружение запрещенных предметов, исправительные учреждения, тепловизионный контроль, Faster R-CNN, видеопоток, математическая модель, эффективность, безопасность, удаленный мониторинг, оптимизация, сжатие видео, контрастность, яркие точки, индикатор обнаружения. Статья посвящена актуальным проблемам применения тепловизионного оборудования и дронов в контексте использования средств и алгоритмов искусственного интеллекта в беспилотных системах. Авторы предлагают математическую модель и методику обнаружения запрещенных предметов в исправительных учреждениях с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Модель основана на комбинации тепловизионного контроля, алгоритма Faster R-CNN для обнаружения объектов и фильтрации с использованием методов контрастности и поиска ярких точек на изображении. В рамках исследования была представлена математическая формула модели обнаружения объектов, которая включает различные шаги обработки и анализа видеопотока. Модель позволяет

conceptual design of software control systems for unmanned air vehicles used for commercial purposes. A number of topical problems in the development of control systems are formalized. The authors raise the issue of the importance of developing a module for software accounting of the state of an air object with early detection capabilities. The actual data are considered in a generalized form. The program model is considered and described, functionally significant modules are described. The model developed in the Python programming language is a control system for an unmanned cargo vehicle based on predictive methods and integration with a LiDAR sensor. The purpose of the designed model is to ensure the safe and efficient delivery of cargo on the DJI Matrice unmanned drone over a distance. The model includes several key components. First, through the use of predictive analytics and data from the LiDAR sensor, the system provides early detection of obstacles in the environment. This avoids collisions and ensures flight safety. The model also uses a predictive motion model, which allows the vehicle to adapt the flight plan based on current flight and cargo data. This allows you to deliver goods in an optimal way, taking into account changing conditions and requirements. The authors indicate an important possibility of integrating a system for monitoring the state of the cargo. The developed concept of the software and hardware system continuously monitors the temperature, vibration and humidity of the cargo in real time. If the condition of the cargo is out of range, the system alerts the operator and allows appropriate action to be taken, such as flight plan corrections or notifications. In addition, the system under study provides for updating the predictive model using current flight and cargo data. This improves the accuracy and reliability of forecasting, as well as adapting the system to changing conditions. The result is a developed functional model that ensures the autonomy and safety of air cargo delivery. It enables unmanned cargo vehicles to navigate long distances efficiently, detect obstacles, adapt to changes, and monitor cargo conditions.

A.L. Zolkin, Yu.N. Koval,

N.A. Gulyaeva, Yu.V. Gumennikova

THE USE OF UAVS AT SENSITIVE FACILITIES OF THE PENITENTIARY SYSTEM IN ORDER TO PREVENT THE DELIVERY OF PROHIBITED ITEMS TO THEM

Keywords: UAV, Object Detection, Prisons, Thermal Imaging, Faster R-CNN, Video Stream, Math Model, Efficiency, Security, Remote Monitoring, Optimization, Video Compression, Contrast, Bright Spots, Detection Indicator.

The article is devoted to the actual problems of using thermal imaging equipment and drones in the context of the use of artificial intelligence tools and algorithms in unmanned systems. The authors present a mathematical model and methodology for detecting prohibited items in prisons using unmanned aerial vehicles (UAVs). The model is based on a combination of thermal imaging control, Faster R-CNN algorithm for object detection and filtering using contrast methods and searching for bright spots in the image. As part of the study, a mathematical formula for an object detection model was presented, which includes various steps for processing and analyzing a video stream. The model allows you to determine the presence of prohibited items, such as edged weapons, based on abnormal thermal distribution and metallic overexposure. The proposed model was evaluated using representative data and simulations were performed to

определить наличие запрещенных предметов, таких как холодное оружие, на основе аномального теплового распределения и металлических пересветов. Предложенная модель была оценена с использованием репрезентативных данных и проведена симуляция для оценки ее временной эффективности по сравнению с традиционными методами контроля. Результаты показали, что модель способна обнаружить запрещенные предметы значительно быстрее, чем традиционные методы, что может значительно повысить безопасность в тюремных учреждениях. Кроме того, в статье представлена разработка панели управления системой на базе HTML, которая обеспечивает удаленный мониторинг и визуализацию видеопотока, а также отображение информации об обнаружении запрещенных предметов через индикатор. Дополнительно был добавлен функционал симуляции логов, что позволяет вести регистрацию событий и анализировать их для последующих исследований. Выводы данной работы подчеркивают эффективность предложенной модели в обнаружении запрещенных предметов в исправительных учреждениях. Модель демонстрирует превосходство в скорости обнаружения по сравнению с традиционными методами контроля. Разработанная программная модель предоставляет возможность сжатия видеопотока без потери качества, что способствует оптимизации обработки и передачи данных, а также снижает нагрузку на сеть и хранилище. Это может существенно улучшить безопасность и эффективность работы в таких учреждениях.

Н.А. Коневцев, В.В. Ножин

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Ключевые слова: радиотехнические устройства, транспортные средства, интеллектуальные транспортные средства.

Основной задачей на транспорте является обеспечение безопасности, удобства и экономичности перевозок с наименьшим воздействием на окружающую среду. Выполнение этих требований возможно только на основе широкого применения на транспорте интеллектуальных радиоэлектронных систем на современной элементной базе. В статье рассмотрены радиотехнические устройства, применяемые в интеллектуальных транспортных средствах для решения широкого круга задач.

О.В. Корчевская, В.Е. Бобровский

РАЗРАБОТКА АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, алгоритм, нечеткая логика, миграция, демографические процессы, C#.

В статье представлена агент-ориентированная модель миграционной динамики трудоспособного населения с применением методов нечеткой логики. На её основе разработан алгоритм и программное обеспечение, описывающие функционал миграции населения в зависимости от социально-экономических показателей рассматриваемых регионов.

А.В. Коскин, С.В. Новиков, А.Ю. Ужаринский

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВЕБ-СЕРВИСОВ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА

Ключевые слова: системы, веб-сервисы, классификация, анализ. Интернет-представительство Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (ОГУ) является важным средством коммуникации с широкой аудиторией. В научной статье проведен анализ веб-сервисов, используемых в Интернет-представительстве ОГУ, предложены рекомендации по их оптимизации. Целью исследования являлось повышение эффективности веб-сервисов ОГУ с учетом пользовательского опыта для удовлетворения потребностей аудитории.

evaluate its temporal effectiveness compared to conventional control methods. The results showed that the model is able to detect prohibited items significantly faster than traditional methods, which can significantly improve security in prisons. In addition, the article presents the development of an HTML-based system control panel that provides remote monitoring and visualization of the video stream, as well as displaying information about the detection of prohibited items through an indicator. Additionally, the log simulation functionality has been added, which allows you to log events and analyze them for further research. The findings of this paper highlight the effectiveness of the proposed model in detecting prohibited items in prisons. The model demonstrates the superiority in detection speed compared to traditional control methods. The developed software model provides the ability to compress a video stream without quality loss, which helps to optimize data processing and transmission, and also reduces the load on the network and storage. This can significantly improve the safety and efficiency of work in such institutions.

H.A. Konevtsev, V.V. Nozhin
RADIO ENGINEERING DEVICES
IN VEHICLE CONTROL SYSTEMS

Keywords: radio engineering devices, vehicles, intelligent vehicles

The main task in transport is to ensure the safety, convenience and economy of transportation with the least impact on the environment. The fulfillment of these requirements is possible only on the basis of the widespread use of intelligent radio-electronic systems in transport on a modern element base. The article considers radio engineering devices used in intelligent vehicles to solve a wide range of problems.

O.V. Korchevskaya, V.E. Bobrovsky
DEVELOPMENT OF AGENT-ORIENTED MODEL
AND SOFTWARE OF LABOR MIGRATION OF THE
POPULATION

Keywords: agent-oriented modeling, algorithm, fuzzy logic, migration, demographic processes, C#.

The article presents an agent-based model of the migration dynamics of the able-bodied population using fuzzy logic methods. On its basis, an algorithm and software have been developed that describe the functionality of population migration depending on the socio-economic indicators of the regions under consideration.

A.V. Koskin, S.V. Novikov, A.Yu. Uzharskiy
ANALYSIS OF THE SYSTEM OF WEB SERVICES
OF THE INTERNET REPRESENTATION OF THE ORYOL
STATE UNIVERSITY NAMED AFTER I.S. TURGENEV

Keywords: systems, web services, classification, analysis. Internet representation of Oryol State University named after I.S. Turgenev (OSU) is an important means of communication with a wide audience. The scientific article analyzes the web services used in the Internet representation of OSU, offers recommendations for their optimization. The purpose of the study was to improve the efficiency of OSU web services, taking into account user experience to meet the needs of the audience.

С.В. Николаев, И.А. Панфилов, Е.Д. Колмыкова,
Д.А. Макаревская, А.В. Поддубный
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТОРГОВО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: анализ данных, BI системы, OLAP, BPMN 2.0.
В работе описан процесс формализации критериев оценки эффективности работы предприятия оптовой торговли. Представлены бизнес-процессы работы торговых представителей взаимодействующих с розничной торговой точкой. Описан процесс разработки системы поддержки принятия решений для торговых представителей и региональных операторов по работе с розничными компаниями.

S.V. Nikolaev, I.A. Panfilov, E.D. Kalmykova,
D.A. Makarevskaya, A.V. Poddubny
INVESTIGATION OF THE COEVOLUTION EFFICIENCY
OF SELF-ADJUSTING ALGORITHMS

Keywords: data analysis, BI systems, OLAP, BPMN 2.0.
The paper describes the process of formalization of criteria for evaluating the effectiveness of wholesale trade enterprises. The business processes of sales representatives interacting with a retail outlet are presented. The process of developing a decision support system for sales representatives and regional operators working with retail companies is described.

А.И. Остапчук, Ю.В. Малюсин, П.О. Дроздова,
М.Ю. Воронин Н.С. Бояринова
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ В
НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Ключевые слова: передача данных, алгоритмы, эффективность сети.
Низкоорбитальные системы передачи данных (Low Earth Orbit, LEO) играют важную роль в современных сетевых технологиях. В этой краткой статье представлен аналитический обзор алгоритма Дейкстры и его применение в низкоорбитальных системах передачи данных. Обзор описывает основные принципы алгоритма, его применимость в контексте низкоорбитальных систем, актуальные вызовы и ограничения.

A.I. Ostapyuk, Y.V. Malyusin, P.O. Drozdova,
M.Y. Voronin, N.S. Boyarinova
ANALYTICAL REVIEW OF THE DIJKSTRA'S
ALGORITHM IN LOW EARTH ORBIT DATA
TRANSMISSION SYSTEM

Keywords: data transmission, algorithms, network efficiency.
Low Earth Orbit (LEO) data transmission systems play an important role in modern networking technologies. This brief article provides an analytical review of the Dijkstra's algorithm and its application in low Earth orbit data transmission systems. The review describes the fundamental principles of the algorithm, its applicability in the context of low Earth orbit systems, current challenges, and limitations.

С.В. Поршневу, Н.Ю. Рябко
АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЦИФР В ЧАСТНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯХ ДВУХ ЦЕЛЫХ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Ключевые слова: равномерное распределение, явка избирателей на выборы, электоральная статистика, критерий χ^2 -квадрат.
В статье представлены результаты изучения распределений первой и второй цифр после запятой в ансамбле чисел $\text{round}((n_2/n_1) \cdot 10^4)/10^2$, где $\text{round}(\)$ – функция округления до ближайшего целого числа, $n_1 \in [N_{\min}, N_{\max}]$, $n_2 \in [0, n_1]$ – целые числа, извлекаемые из генеральных совокупностей с равномерным законом распределения с областями рассеяния $[N_{\min}, N_{\max}]$, $[0, n_1]$. Данное число, представляющее собой отношение целых чисел n_2/n_1 , $n_2 \leq n_1$, выраженное в процентах с точностью до двух значащих цифр после запятой, по смыслу является аналогом электорального показателя «явка избирателей на выборы», соответственно, n_1 – число зарегистрированных избирателей, n_2 – число избирателей, принявших участие в выборах в органы государственной власти. Обнаружено, что распределения первой, второй и двух одинаковых цифр после запятой отличны от равномерного закона распределения, поэтому выявить целенаправленные изменения чисел n_2, n_1 , публикуемые по результатам выборов, на основе факта отклонения данных распределений от равномерного распределения, невозможно.

S.V. Porshnev, N.Yu. Ryabko
ANALYSIS OF THE DIGITS DISTRIBUTION
IN THE INTEGER RANDOM NUMBERS RATIOS

Keywords: uniform distribution, voter turnout, electoral forensics, chi-square test
The article presents the studying results of the first and second digits after the decimal point in the ensemble of number $\text{round}((n_2/n_1) \cdot 10^4)/10^2$, distributions, where $\text{round}(\)$ – the round to nearest decimal or integer function, $n_1 \in [N_{\min}, N_{\max}]$, $n_2 \in [0, n_1]$ – integers extracted from general populations with a uniform distribution law with scatter regions $[N_{\min}, N_{\max}]$, $[0, n_1]$. This number is the two integers ratio n_2/n_1 , $n_2 \leq n_1$, that expressed as a percentage with an accuracy of two significant digits after the decimal point. It is in physical sense an analogue of the electoral indicator "voter turnout", respectively, n_1 – the registered voter's number, n_2 – the voters who voted in elections to state authorities number. It was found that the first, second and two identical digits after the decimal point distributions are different from the uniform distribution law. This means that it is impossible to identify purposeful changes in the numbers n_1, n_2 , published according to the election results, based on the fact that the $\text{round}((n_2/n_1) \cdot 10^4)/10^2$ distributions deviate from a uniform distribution.

Г.Л. Салихова, О.Н. Потапова
ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В НЕФТЕГАЗОВОМ ВУЗЕ

Ключевые слова: язык программирования, Python, дебит скважины, формула Дюпюи.
В статье актуализируется выбор языка программирования Python для решения задач, связанных с основами разработки нефтяных месторождений. Python, являясь одним из наиболее актуальных языков программирования, внедряется в образование, и будущий специалист должен быть готов эффективно применять его для работы с данными.

G.L. Salikhova, O.N. Potapova
PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON FOR SOLVING
TECHNICAL PROBLEMS IN AN OIL AND GAS
UNIVERSITY

Keywords: programming language, Python, well flow rate, Dupuis formula.
The article updates the choice of the Python programming language for solving problems related to the basics of oil field development. Python, being one of the most relevant programming languages, is being introduced into education, and the future specialist should be ready to use it effectively to work with data.

А.В. Соинов, И.А. Панфилов,
Г.Е. Кузнецов, А.О. Никитина, Д.М. Попова
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ
ИНФОРМАЦИЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Ключевые слова: проектирование информационных систем,
LIMS, моделирование бизнес-процессов.

В статье описан процесс разработки системы управления лабораторной информацией для производственного предприятия. Описана схема интеграции системы с информационной инфраструктурой предприятия. Представлен процесс расширения функционала системы за счет добавления в систему новых видов лабораторных испытаний. Формализованы бизнес-процессы нового функционала системы.

A.V. Soinov, I.A. Panfilov,
G.E. Kuznetsov, A.O. Nikitina, D.M. Popova
DEVELOPMENT OF A LABORATORY INFORMATION
MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISE

Keywords: information systems
design, LIMS, business process modeling.

The article describes the process of developing a laboratory information management system for a manufacturing enterprise. The scheme of integration of the system with the information infrastructure of the enterprise is described. The process of expanding the functionality of the system by adding new types of laboratory tests to the system is presented. The business processes of the new system functionality have been formalized.

В.И. Стеклова, А.С. Лебедева, К.А. Польщиков,
Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРУПП РИСКОВ СЕТИ
ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ПОДРОСТКОВ

Ключевые слова: подростки, риски сети Интернет,
Интернет-зависимость, метод анализа иерархий.

В данной работе проведен анализ предметной области, в результате которого каждая из групп рисков сети Интернет была представлена в разрезе Инструменты – Последствия – Методы распространения, сформулированы критерии, позволяющие провести сравнительный анализ групп рисков возникающих при взаимодействии подростков с сетью Интернет. Проведен многокритериальный анализ групп рисков с использованием метода анализа иерархий, позволивший выделить наиболее опасные с точки зрения разных критериев группы рисков в среде Интернет с учетом особенностей формирования ценностных ориентаций современных подростков.

V.I. Steklova, A.S. Lebedeva, K.A. Polshchikov,
N.P. Putivtseva, T.V. Zaitsev
COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNET RISK
GROUPS FOR TEENAGERS

Keywords: teenagers, Internet risks,
Internet addiction, hierarchy analysis method.

In this article, an analysis of the subject area was carried out, as a result of which each of the risk groups of the Internet was presented in the context of Tools - Consequences - Methods of distribution, criteria were formulated that allow a comparative analysis of risk groups arising from the interaction of adolescents with the Internet. A multi-criteria analysis of risk groups using the hierarchy analysis method was carried out, which made it possible to identify the most dangerous from the point of view of various criteria of the risk groups in the Internet environment, taking into account the peculiarities of the formation of value orientations of modern adolescents.

К.Е. Сухоруков, О.И. Тулаев
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ
ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: интеграция информации, реляционная база
данных, реализация, программный модуль.

В данной работе представлены результаты разработки программного модуля для интеграции информации из разнородных информационных систем. В ней рассматриваются уже предложенные варианты решения задачи интеграции информации. Затем описывается реализованный программный модуль, использующий один из недавно предложенных методов интеграции информации

K.E. Sukhorukov, O.I. Tulaev
DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE
FOR INFORMATION INTEGRATION FROM
INFORMATION SYSTEMS

Keywords: information integration, relational database,
implementation, software module.

This paper presents the results of developing a program module for integrating information from heterogeneous information systems. It considers already proposed options for solving the problem of information integration. It then describes the implemented software module using one of the recently proposed methods of information integration.

Е.Г. Царькова
МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТЬЮ СПЕЦТРАНСПОРТА УЧРЕЖДЕНИЙ И
ОРГАНОВ УИС

Ключевые слова: надёжность, техническое обслуживание,
система массового обслуживания, принцип максимума
Понтрягина, метод проекции градиента, специальный
транспорт уголовно-исполнительной системы.

В работе рассматривается модель управления техническим обслуживанием и ремонтами спецтранспорта ФСИН России. С использованием теории массового обслуживания построен граф состояний, получена описывающая динамику система дифференциальных уравнений. Предложена постановка задачи в форме задачи оптимального управления. Приведены результаты построения приближенного решения градиентным методом. Предложенная в работе модель может быть использована для построения автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР) в целях совершенствования материально-технического обеспечения ведомства.

E.G. Tsarkova
THE MODEL OF OPTIMAL RELIABILITY
MANAGEMENT OF SPECIAL VEHICLES OF
INSTITUTIONS AND BODIES OF PENAL SYSTEM

Keywords: reliability, maintenance, queuing system,
Pontryagin maximum principle, gradient projection method,
special transport of the penal system/

The paper considers a model for managing maintenance and repairs of special vehicles of the Federal Penitentiary Service of Russia. Using the theory of queuing, a graph of states is constructed, a system of differential equations describing the dynamics is obtained. The formulation of the problem in the form of an optimal control problem is proposed. The results of constructing an approximate solution by the gradient method are presented. The model proposed in the paper can be used to build automated decision support systems in order to improve the material and technical support of the department.

Е.С. Шичавин, А.А. Ашрятов
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ключевые слова: уличное освещение, безопасность, датчики, управление, энергосбережение, эффективность.

Данная статья освещает современное состояние и перспективы развития автоматизированных систем управления уличным освещением. Статья описывает основные принципы работы автоматизированных систем управления, такие как использование датчиков движения, датчиков освещенности и технологии связи для оптимизации работы уличного освещения. В статье анализируется современное состояние автоматизированных систем управления уличным освещением: преимущества и недостатки, проблемы, с которыми сталкиваются производители и операторы таких систем. Так же в статье рассматриваются перспективы развития автоматизированных систем управления уличным освещением.

М.С. Шишканов, А.А. Ашрятов
ПРОБЛЕМАТИКА ОСВЕЩЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК

Ключевые слова: анализ, нормы, освещение, площадка, спорт. Данная статья рассматривает проблему отсутствия норм освещения для открытых спортивных площадок в действующей нормативной документации. Отсутствие требуемых норм освещения влечет за собой их несоблюдение, и как следствие приводит к снижению уровня комфорта и безопасности во время нахождения на данных объектах в темное время суток.

Н.В. Андриевская, М.Е. Санникова, С.А. Сторожев
МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

Ключевые слова: нечеткий регулятор, функция принадлежности, система вывода, показатели качества, параметры, настройка нечеткого регулятора.

В статье рассмотрен алгоритм синтеза нечеткого регулятора. Предложена методика настройки функций принадлежности в зависимости от желаемых показателей качества. Приведены результаты исследований

Н.В. Андриевская, Д.А. Соколов, С.А. Сторожев
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОМ ПЕЛЬТЬЕ

Ключевые слова: элемент Пельтье, математическая модель, система автоматического управления, аппроксимация нелинейных зависимостей, нечеткий регулятор.

В статье представлена постановка задачи синтеза системы автоматического управления элементом Пельтье. Рассмотрена математическая модель элемента Пельтье. Разработан алгоритм нечеткого управления. Приведены результаты исследований

М.С. Аносов, А.М. Михайлов,
А.Г. Казаков, В.А. Белянина, В.В. Варцов
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
WAAM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: WAAM, неразрушающий контроль, нейросетевое моделирование.

В работе проведено исследование изменения предложенных количественных показателей микроструктуры конструкционного сплава в процессе усталостного нагружения и установлены показатели предразрушения материала. Проведена разработка и апробация нейросетевой модели оценки остаточного ресурса материала на основе разработанных показателей.

E.S. Shichavin, A.A. Ashryatov
AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF STREET
LIGHTING: CURRENT STATE AND PROSPECTS
OF DEVELOPMENT.

Keywords: street lighting, security, sensors, control, energy saving, efficiency.

This article highlights the current state of the art and prospects for the development of automated street lighting control systems. The article describes the basic principles of automated control systems, such as the use of motion sensors, light sensors and communication technology to optimise the operation of street lighting. The article analyses the current state of automated control systems for street lighting: advantages and disadvantages, problems faced by manufacturers and operators of such systems. The article also considers the prospects for the development of automated control systems for street lighting.

M.S. Shishkanov, A.A. Ashryatov
THE PROBLEMS OF LIGHTING MODERN
SPORTS GROUNDS.

Keywords: analysis, norms, lighting, playground, sports. This article examines the problem of the lack of lighting standards for outdoor sports grounds in the current regulatory documentation. The absence of the required lighting standards entails their non-compliance, and as a result leads to a decrease in the level of comfort and safety while staying at these facilities at night.

N.V. Andrievskaia, M.E. Sannikova, S.A. Storozhev
SETUP METHODOLOGY OF FUZZY CONTROLLER

Keywords: fuzzy controller, membership function, rules inference, quality indicators, parameters, fuzzy controller setting.

The article considers an algorithm for the synthesis of a fuzzy controller. A method of adjusting the membership functions depending on the desired quality indicators is proposed. The results of the research are presented

N.V. Andrievskaia, D.A. Sokolov, S.A. Storozhev
AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE PELTIER
ELEMENT

Keywords: Peltier element, mathematical model, automatic control system, approximation of nonlinear dependencies, fuzzy controller.

The article presents the formulation of the problem of synthesis of the Peltier element automatic control system. The mathematical model of the Peltier element is considered. A fuzzy control algorithm has been developed. The results of the research are presented.

M.S. Anosov, A.M. Mikhailov,
A.G. Kazakov, V.A. Belyanina, V.V. Vartsov
PREDICTION OF THE RESIDUAL LIFE OF STRUCTURAL
STEELS OBTAINED BY THE WAAM METHOD USING
NEURAL NETWORK MODELING AND MACHINE
LEARNING METHODS

Keywords: WAAM, non-destructive testing, neural network modeling.

In this work, a study was made of the change in the proposed quantitative indicators of the microstructure of a structural alloy in the process of fatigue loading and the indicators of pre-fracture of the material were established. The development and approbation of a neural network model for assessing the residual resource of a material based on the developed indicators was carried out.

Е.А. Басуматорова, Н.В. Сашина
 РАЗРАБОТКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И
 ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ
 АВТОМАТИКИ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИОБСКОГО
 МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ГОРОД НЕФТЕЮГАНСК, ХМАО

Ключевые слова: разработка, релейная защита, автоматика, кустовая площадка, месторождение, надежность, электроснабжение, люорудование.

В статье представлены расчеты для защиты силовых трансформаторов подстанции уставок кустовой площадки Приобского месторождения города Нефтеюганска. Проблемы качества, долговечности и надежности электроснабжения актуальны на воздушной линии 6 кВ Приобского месторождения. В большинстве случаев такие проблемы возникают из-за физически и морально устаревшего оборудования организации. Коррозия высоковольтного оборудования (воздушные, масляные выключатели, электромеханическая релейная защита, оперативный источник питания) является основной причиной сбоев в электроснабжении постоянно растущего производства. Основными недостатками вышеуказанного оборудования являются отсутствие запасных частей, низкая производительность и высокий уровень качества продукции, периодические простои из-за выхода из строя отдельных компонентов оборудования, высокая сложность устранения неполадок.

Д.С. Грабовецкий, С.В. Смирнов,
 О.Г. Морозов, А.Р. Насыбуллин, Г.А. Морозов,
 Р.В. Фархутдинов, Т.Р. Шагвалиев
 ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
 ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. МИКРОВОЛНОВЫЙ
 ПОДХОД

Ключевые слова: выщелачивание тяжелых нефтей и коксов; извлечение ванадия; микроволновые технологии; методика микроволновой интенсификации; экспериментальная установка.

При освоении ресурсов полезных ископаемых приоритетным является их комплексное использование, достоверный учет извлекаемых запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов. Для ископаемых жидких углеводородов это означает наиболее полное использование содержащихся в тяжелых нефтях и отходах нефтепереработки полезных попутных компонент. К настоящему времени основным извлекаемым из нефтяного кокса элементом является ванадий, для чего применяется кислотное или щелочное выщелачивание. В большинстве рассмотренных исследований был достигнут высокий процент извлечения металлов из кокса в раствор. Однако из-за относительно низкого содержания ванадия, длительности выщелачивания и большого расхода реагентов процессы прямого извлечения ванадия из нефтяных коксов не нашли практического применения. В данной статье рассматриваются методика и экспериментальная установка микроволновой интенсификации процесса выщелачивания, основанная на разработках и опытной эксплуатации микроволновых технологий, выполненных в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева и внедренных на ряде предприятий.

Д.С. Грабовецкий, С.В. Смирнов,
 Г.А. Морозов, А.Р. Насыбуллин, О.Г. Морозов,
 Р.В. Фархутдинов, Т.Р. Шагвалиев
 ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
 ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ. КОМБИНИРОВАННЫЙ
 МИКРОВОЛНОВЫЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПОДХОД

Ключевые слова: выщелачивание тяжелых нефтей и коксов; извлечение ванадия; микроволновые технологии; ультразвуковые технологии; математические модели и методика комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации; экспериментальная установка.

Е.А. Basumatorova, N.V. Sashina
 DEVELOPMENT OF RELAY PROTECTION AND
 EMERGENCY PROTECTION AUTOMATION OF THE
 PRIOBSKY BUSH SITE DEPOSITS, THE CITY OF
 NEFTEYUGANSK, ХМАО

Keywords: development, relay protection, automation, cluster site, deposit, reliability, power supply, lighting equipment.

The article presents the results of theoretical studies of the application of technology Problems of quality, durability and reliability of power supply are relevant on the 6 kV overhead line of the Priobskoye field. In most cases, such problems arise due to physically and morally outdated equipment of the organization. Corrosion of high-voltage equipment (air, oil switches, electromechanical relay protection, operational power supply) is the main cause of failures in the power supply of an ever-growing production. The main disadvantages of the above equipment are the lack of spare parts, low productivity and a high level of product quality, periodic downtime due to the failure of individual components of the equipment, high complexity of troubleshooting.

D.S. Grabovetsky, S.V. Smirnov,
 O.G. Morozov, A.R. Nasybullin, G.A. Morozov,
 R.V. Farkhutdinov, T.R. Shagvaliev
 INTENSIFICATION OF VANADIUM EXTRACTION
 TECHNOLOGIES FROM HEAVY OILS. MICROWAVE
 APPROACH

Keywords: leaching of heavy oils and coke; vanadium extraction; microwave technologies; microwave intensification technique; experimental setup.

When developing mineral resources, the priority is their integrated use, reliable accounting of recoverable reserves of the main minerals and associated components. For fossil liquid hydrocarbons, this means the most complete use of useful associated components contained in heavy oils and oil refining wastes. To date, the main element extracted from petroleum coke is vanadium, for which acid or alkaline leaching is used. In most of the studies considered, a high recovery of metals from coke into solution was achieved. However, due to the relatively low content of vanadium, the duration of leaching, and the high consumption of reagents, the processes of direct extraction of vanadium from petroleum cokes have not found practical application. This article discusses the technique of microwave intensification of the leaching process, based on the development and trial operation of microwave technologies, performed at the KNRTU-KAI named after A.N. Tupolev R&D Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems.

D.S. Grabovetsky, S.V. Smirnov,
 G.A. Morozov, A.R. Nasybullin, O.G. Morozov,
 R.V. Farkhutdinov, T.R. Shagvaliev
 INTENSIFICATION OF VANADIUM EXTRACTION
 TECHNOLOGIES FROM HEAVY OILS. COMPLEX
 MICROWAVE AND ULTRASONIC APPROACH

Keywords: leaching of heavy oils and cokes; extraction of vanadium; microwave technologies; ultrasonic technologies; mathematical models and methods of combined microwave and ultrasonic intensification; experimental setup. Leaching of vanadium from petroleum cokes is mainly carried

Выщелачивание ванадия из нефтяных коксов в основном осуществляется либо в кислотном, либо в щелочном исполнении. Растворение окислов ванадия в щелочном растворе термодинамически более предпочтительно. В области металлургии микроволновая и ультразвуковая интенсификация выщелачивания широко применяются для повышения его эффективности. Повышение эффективности при нагреве микроволновым излучением может быть связано с тем, что твердые частицы кокса содержат более одной фазы, что приводит при разных параметрах нагрева к образованию трещин и пустот от термического напряжения, увеличивающих площадь реакции. Эффекты ультразвуковой кавитации могут значительно улучшить процесс реакции, снизить температуру реакции, уменьшить концентрацию катализаторов, ускорить скорость выщелачивания и, тем самым, повысить эффективность выщелачивания. В данной статье рассматриваются математические модели и экспериментальная установка для комбинированной микроволновой и ультразвуковой интенсификации процесса выщелачивания, основанная на разработках и опытной эксплуатации микроволновых технологий, выполненных в НИИ ПРЭФЖС КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева и внедренных на ряде предприятий.

Ю.Г. Кабалдин, М.С. Аносов, А.А. Галкин,
Ю.С. Муругов, А.А. Роговик, А.А. Подувальцев
ДИАГНОСТИКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: *WAAM, неразрушающий контроль, нейросетевое моделирование.*

В последнее время активно развиваются аддитивные технологии, позволяющие на основе 3D-модели изготовить любое изделие послойно. Однако их механические свойства, особенно усталостные, определяющие остаточный ресурс материалов, плохо изучены. В связи с этим в данной работе представлены методика и результаты диагностики конструкционных сталей, полученных методом 3D-печати электродуговой наплавкой, с использованием неразрушающего контроля и нейросетевого моделирования.

А.Г. Коробейников, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ
ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ ШВОВ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ключевые слова: *Надежность, остаточные термические-механические напряжения, деформация, сварка, индукционные системы.*

Статья посвящена актуальной проблеме повышения надежности элементной базы объектов транспортной инфраструктуры, в частности анализа сварных швов в трубопроводах. Осуществлено выявление причин деформаций и остаточных напряжений в металлоконструкциях со сварными элементами после высокотемпературного воздействия на структуру металла объектов транспортной инфраструктуры. Предложены эффективные пути снижения вероятности наступления отказа сварных элементов в следствие дефектов металлоконструкций возникших под воздействием сварочных операций.

С.С. Кочковская
АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ключевые слова: *подсистема управления; сталеплавильное производство; алгоритмическое обеспечение; сырьевые и энергетические ресурсы.*

Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения подсистемы управления производственными ресурсами

out either in acidic or alkaline versions. The dissolution of vanadium oxides in an alkaline solution is thermodynamically more preferable. In the field of metallurgy, microwave and ultrasonic leaching intensification is widely used to increase its efficiency. The increase in efficiency during heating by microwave radiation may be due to the fact that coke solid particles contain more than one phase, which leads, at different heating parameters, to the formation of cracks and voids from thermal stress, which increase the reaction area. The effects of ultrasonic cavitation can greatly improve the reaction process, lower the reaction temperature, reduce the concentration of catalysts, accelerate the leaching rate, and thereby improve the leaching efficiency. This article discusses mathematical models and an experimental setup for combined microwave and ultrasonic intensification of the leaching process, based on the development and trial operation of microwave technologies, performed at the KNRTU-KAI named after A.N. Tupolev R&D Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems.

Yu.G. Kabaldin, M.S. Anosov, A.A. Galkin,
Yu.S. Murugov, A.A. Rogovik, A.A. Poduvaltsev
DIAGNOSTICS OF STRUCTURAL STEELS USING NON-
DESTRUCTIVE TESTING METHODS AND NEURAL
NETWORK MODELING

Keywords: *WAAM, non-destructive testing, neural network modeling.*

Recently, additive technologies have been actively developed, which make it possible to produce any product layer by layer based on a 3D model. However, their mechanical properties, especially fatigue properties that determine the residual life of materials, are poorly understood. In this regard, this paper presents the methodology and results of diagnosing structural steels obtained by 3D printing by electric arc welding using non-destructive testing and neural network modeling.

A.G. Korobeynikov, V.L. Tklich, O.I. Pirozhnikova
INCREASING RELIABILITY AND DECREASING
RESIDUAL STRESSES OF WELDED JOINTS OF METAL
STRUCTURES IN OBJECTS OF TRANSPORT
INFRASTRUCTURE

Keywords: *reliability, residual thermal-mechanical stresses, deformation, welding, induction systems.*

The article is devoted to the actual problem of increasing the reliability of the element base of transport infrastructure facilities, in particular, the analysis of welds in pipelines. The causes of deformations and residual stresses in metal structures with welded elements after high-temperature impact on the metal structure of transport infrastructure facilities have been identified. Effective ways are proposed to reduce the probability of failure of welded elements due to defects in metal structures that have arisen under the influence of welding operations.

S.S. Kochkovskaya
ALGORITHMIC SUBSYSTEM OF STEELMAKING
PRODUCTION RESOURCES MANAGEMENT

Keywords: *control subsystem; steelmaking; algorithmic support; raw materials and energy resources.*

The article is devoted to the development of algorithmic support for the subsystem for managing the production resources of steelmaking. A model of the control subsystem is presented, aimed at improving the efficiency of management of

сталеплавильного производства. Представлена модель подсистемы управления, направленная на повышение эффективности управления процессами потребления сырьевых и энергетических ресурсов.

Т.Г. Орешенко, И.В. Назаров, А.В. Смирнов
 МОНИТОРИНГ ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ
 РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
 НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
 МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: сенсорная система, мониторинг, предотказное состояние, рельсовые плети, безопасность, сенсоры, диагностика железнодорожной инфраструктуры.

Статья посвящена системам мониторинга предотказного состояния рельсовых плетей с использованием наномодифицированных композиционных материалов. В данной работе описываются основные аспекты этой области, проблема контроля деформации путей и необходимость контроля, методы и способы контроля, используемые во всем мире, наиболее перспективный подход - китайская система, усовершенствованная система с использованием наномодифицированных композиционных материалов и принципиальная схема передающего устройства представленная в виде рисунка. Научная новизна заключается в универсальном подходе эффективного мониторинга критического предвыбросного состояния большого количества плетей с учетом их индивидуальных параметров закрепления, геометрии, материала, срока использования, режима нагрузки, режима освещенности, а также заключается в повышении точности мониторинга с учетом быстрых изменений напряженного состояния или технического состояния плетей при помощи калибровочной сенсорной системы.

А.В. Степура, А.А. Иванов,
 Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов, О.Г. Морозов,
 Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов

МЕТОД УМНОЖЕНИЯ РАДИОЧАСТОТЫ
 ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО ГЕТЕРОДИНА
 С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ

Ключевые слова: радиофотоника; радио-по-волокну; нисходящий канал; двухчастотный гетеродин; восходящий канал; несущая; амплитудный электрооптический модулятор; фотонное умножение; фотосмешение.

«Радио-по-волокну» (РПВ) – многообещающая технология с рядом преимуществ, включая широкую полосу пропускания, высокую надежность, прозрачность и гибкость, которые делают ее привлекательной для удовлетворения требований к пропускной способности каналов передачи данных. Экономичное полнодуплексное решение является еще одной областью, на которую стоит обратить внимание. В работе для построения оптического двухчастотного гетеродина нисходящего канала, восстановления оптической несущей для восходящего канала и основной частоты связи для радиоканала предложено применить фотонное двенадцатикратное умножение радиочастоты с поляризационным подавлением несущей на одном амплитудном электрооптическом модуляторе, работающем в точке максимального пропускания для того, чтобы получить разностную частоту в 60 ГГц. Необходимость получения указанной частоты обусловлена возможностью при ее передаче по волокну избежать потерь на поглощение кислорода и обеспечить широкую полосу пропускания в радиоканале. Кроме того, использование радиоканала в указанном диапазоне не требует получения лицензии.

А.В. Степура, А.А. Иванов,
 Р.Р. Спиридонов, В.Ю. Виноградов, О.Г. Морозов,
 Г.А. Морозов, А.А. Кузнецов

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО ЧИСТОГО
 ДВУХЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРВОМ КАСКАДЕ
 УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТ НА АМПЛИТУДНОМ

the processes of consumption of raw materials and energy resources.

T.G. Oreshenko, I.V. Nazarov, A.V. Smirnov
 MONITORING THE PRE-FAILURE CONDITION OF RAIL
 TRACK SWITCHES USING NANOMODIFIED
 COMPOSITE MATERIALS

Keywords: sensor system, monitoring, pre-failure condition, rail lashes, safety, sensors, diagnostics of railway infrastructure.

The article is devoted to the system for monitoring the pre-failure condition of rail track switches using nanomodified composite materials. This work describes the main aspects of this field, the problem of track deformation control, the necessity of monitoring, methods and approaches used worldwide, the most promising approach - the Chinese system, an improved system using nanomodified composite materials, and the schematic diagram of the transmitting device presented in the form of a figure. The scientific novelty lies in the universal approach to effective monitoring of the critical pre-failure state of a large number of switches, taking into account their individual parameters of attachment, geometry, material, service life, load regime, lighting conditions, as well as in increasing the monitoring accuracy considering rapid changes in the stress state or technical condition of the switches using a calibration sensor system.

A.V. Stepura, A.A. Ivanov,
 R.R. Spiridonov, V.Yu. Vinogradov, O.G. Morozov,
 G.A. Morozov, A.A. Kuznetsov

RADIO FREQUENCY MULTIPLYING METHOD
 FOR FORMING A TWO-FREQUENCY HETERODYNE
 WITH POLARIZATION CARRIER SUPPRESSION

Keywords: microwave photonics; radio-over-fiber; downlink; two-frequency heterodyne; uplink; carrier; amplitude electro-optical modulator; photon multiplication; photomixing.

Radio-over-Fiber (RPF) is a promising technology with a number of advantages, including high bandwidth, high reliability, transparency and flexibility, which make it attractive for broadband bandwidth requirements. A cost-effective full-duplex solution is another area worth paying attention to. In order to build an optical two-frequency heterodyne of the downlink, restore the optical carrier for the uplink and the main communication frequency for the radio channel, it is proposed to apply a photonic twelve-fold multiplication of the radio frequency with polarization carrier suppression on one amplitude electro-optical modulator operating at the point of maximum transmission in order to obtain the difference frequency at 60 GHz. The need to obtain this frequency is due to the possibility of its transmission over the fiber to avoid losses due to oxygen absorption and provide a wide bandwidth in the radio channel. In addition, the use of a radio channel in the specified range does not require a license.

A.V. Stepura, A.A. Ivanov,
 R.R. Spiridonov, V.Yu. Vinogradov, O.G. Morozov,
 G.A. Morozov, A.A. Kuznetsov

METHOD FOR FORMING SPECTRALLY PURE TWO-
 FREQUENCY RADIATION IN THE FIRST STAGE OF A
 FREQUENCY MULTIPLIER

МОДУЛЯТОРЕ

Ключевые слова: радиофотоника; радио-по-волокну; двухчастотный гетеродин; амплитудный электрооптический модулятор; поляризационный метод; метод Каваниши; метод Ильина-Морозова.

«Радио-по-волокну» (РПВ) является многообещающим методом предоставления услуг широкополосного беспроводного доступа в новых оптико-беспроводных сетях передачи данных. Технология РПВ имеет много преимуществ по сравнению с распределением электрических сигналов, таких как низкие потери на затухание, широкая полоса пропускания, устойчивость к радиочастотным помехам, простота установки и обслуживания, низкое энергопотребление и многофункциональность. Одним из ключевых каскадов в системе РПВ является генерация сигнала миллиметрового диапазона для формирования базовой частоты радиоканала. Предлагается несколько методов генерации высокочастотных миллиметровых волн на основе амплитудного электрооптического модулятора с использованием модулирующего радиочастотного (РЧ) сигнала, лежащего в низкочастотной области СВЧ-диапазона (единицы ГГц). В работе приводится обзор методов получения спектрально чистого двухчастотного излучения в указанном частотном диапазоне, являющегося первым звеном каскада умножения и определяющего спектральную чистоту излучения выходного каскада умножения с разностной частотой в области миллиметровых волн (десятки ГГц).

О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, В.В. Авсиевич,
Ю.Е. Резников, А.В. Иващенко

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ
МАШИННОГО ЗРЕНИЯ «ГАРАНТИР КАЧЕСТВА»

Ключевые слова: управление качеством, менеджмент качества, организация производства, гарантир качества, машинное зрение, цифровая трансформация.

В статье предлагается методика по реализации и внедрению системы машинного зрения в рамках цифровой трансформации визуального технического контроля качества производства. Рассматриваются достоинства и недостатки современных технологий. Описываются новые возможности по реализации машинного зрения с помощью технологий искусственного интеллекта в цифровой платформе «Гарантир качества». Излагается новая методика построения системы технического контроля продукции с использованием предложенной цифровой платформы.

К.А. Ходжанепесов, А. Ниязгульева,
Д.Н. Матвеев, И.И. Нуреев, В.Ю. Виноградов, Г.Д. Коверин
ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ
СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ. РАДИОФОТОННЫЙ ПОДХОД

Ключевые слова: фотоэлектрическая панель; мониторинг температуры; сеть волоконно-оптических датчиков; выбор структуры сети; адресные волоконные брэгговские структуры, радиофотонное мультиплексирование.

На эффективность фотоэлектрической панели (ФП) серьезно влияют препятствия, блокирующие солнечное излучение, грязь, скопившаяся на защитном стекле солнечной панели, старение материала фотоэлементов, а также температура. Эффекты старения фотоэлементов, а в большей степени их температура влияют на ВАХ ФП, поэтому система измерения на месте параметров ее рабочих характеристик может предоставить ценную информацию для оптимизации выработки электроэнергии. Панели ФП обычно тестируются на заводе-изготовителе один раз и в стандартных условиях, при этом стоимость демонтажа с монтажного приспособления и их испытания всегда непомерно высока. Следовательно, каждая ФП обычно остается без присмотра в течение всего срока службы, что приводит к неоптимальной выработке электроэнергии со значительными затратами. В статье

BASED ON AMPLITUDE MODULATOR

Keywords: microwave photonics; radio-over-fiber; two-frequency local oscillator; amplitude electro-optical modulator; polarization method; Kavanishi method; Il'in-Morozov method.

Radio-over-fiber (ROF) is a promising method for providing broadband wireless access services in new optical-wireless data networks. ROF technology has many advantages over electrical signal distribution, such as low attenuation loss, power consumption, wide bandwidth, RFI resistance, easy installation and maintenance, and multi-functionality. One of the key stages in the ROF system is the generation of a millimeter wave signal to form the base frequency of the radio channel. Several methods are proposed for generating high-frequency millimeter waves based on an amplitude electro-optical modulator using a modulating radio frequency (RF) signal in the low-frequency region of the microwave range (GHz units). The paper presents a review of methods for obtaining spectrally pure two-frequency radiation in the specified frequency range, which is the first link of the multiplication cascade and determines the spectral purity of the radiation of the output multiplication cascade with a difference frequency in the millimeter-wave region (tens of GHz).

O.L. Surnin, P.V. Sitnikov, V.V. Avsievich,
Yu.E. Reznikov, A.V. Ivaschenko

IMPROVEMENT OF PRODUCTION TECHNICAL
QUALITY CONTROL BASED ON THE MACHINE VISION
PLATFORM "QUALITY GUARANTOR"

Keywords: quality control, quality management, production management, quality assurance, machine vision, digital transformation.

Abstract: The paper presents a technology for implementation of a machine vision system as part of the digital transformation of production visual technical quality control. The advantages and disadvantages of related modern technologies are considered. Implementation of machine vision using artificial intelligence technologies in the digital platform "Quality Guarantor" give new opportunities for production enterprises. For practical application there is presented a new methodology for building a product technical control system using the proposed digital platform.

К.А. Hojanepesow, A. Niyazgulyyeva,
D.N. Matveev, I.I. Nureev, V.Yu. Vinogradov, G.D. Koverin
PRINCIPLES OF SOLAR BATTERIES TEMPERATURE
MONITORING. MICROWAVE PHOTONIC APPROACH

Keywords: photovoltaic panel; temperature monitoring; a network of fiber-optic sensors; choice of network topology; addressable fiber Bragg structures, microwave photonic multiplexing.

The efficiency of a photovoltaic panel (PVP) is seriously affected by obstacles blocking solar radiation, dirt accumulated on the protective glass of PVP, aging of the material of the photocells, as well as temperature. The aging effects of PVP-cells, and to a greater extent their temperature, affect the VA-characteristics of the PVP, so an in-situ measurement system for its performance parameters can provide valuable information for optimizing power generation. PVP are usually tested at the factory once and under standard conditions, and the cost of removing them from the mounting fixture and testing them is always prohibitive. Consequently, each PVP is typically left unattended throughout its lifetime, resulting in sub-optimal power generation at significant cost. The article proposes a methodology for monitoring the temperature of PVP, which provides determination of their

предлагается методология мониторинга температуры фотоэлементов ФП, которая обеспечивает определение их температуры по площади на основе сетей волоконно-оптических датчиков (ВОД) и их адресного опроса с использованием радиофотонного подхода.

О.И. Кидиеков

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова: телекоммуникационная система, программный продукт, телекоммуникационные сети, моделирование и проектирование систем.

В работе представлены результаты разработки приложения для моделирования телекоммуникационных сетей. Разработанное приложение позволяет моделировать схемы телекоммуникационных систем, проверять работоспособность системы с заданными параметрами IP-адреса и MAC-адреса. Также описываются область применения программного продукта, его основные идеи и стек технологий.

В.Е. Павлов

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ВИДЕО С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЕНЫ ЛИЦА

Ключевые слова: синтезированные видео-дипфейки, обнаружение лица, отслеживание лица, замена лица, программный продукт, компьютерное зрение.

В данной работе представлены результаты разработки приложения, предназначенного для создания синтезированных видео-дипфейков с заменой лица. Разработанное приложение основано на передовых алгоритмах компьютерного зрения и глубокого обучения, что обеспечивает высокую точность и реалистичность в замене лиц. Оно автоматически обнаруживает и отслеживает лица на видео, а затем заменяет их на другие лица, создавая эффект синтезированного видео. Разработанное приложение имеет широкий спектр применения, включая развлекательную индустрию. В работе также описываются область применения программного продукта, его основные идеи и используемые технологии.

А.А. Лобанов, Ю.С. Лобанова, Н.С. Николаев ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНОГО АССИСТЕНТА

Ключевые слова: система оценивания, когнитивный ассистент, функциональная модель, образовательная среда.

В настоящей статье описывается подход к проектированию и разработке информационных систем электронного оценивания, с интегрированным когнитивным ассистентом и улучшенной производительностью. Описан процесс проектирования информационной системы, создания функциональной модели когнитивного ассистента. Приведен стек технологий, оптимальный для решения подобных задач. Предложенный подход может быть использован для создания подобных систем.

Нгуен Фук Хау, Р.С. Зарипова, Р.Р. Галямов ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И АТТЕСТАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: программное обеспечение, обучение, аттестация, тестирование, информационная система, база данных.

В данной статье рассмотрен процесс проектирования и разработки программного обеспечения для планирования обучения и аттестации сотрудников предприятия. Данное программное обеспечение позволит модернизировать процесс передачи документов сотрудников между филиалами предприятия, упростить проведение тестирования и обучения сотрудников, а также отслеживать время обучения и тестирования.

temperature by area based on networks of fiber-optic sensors and their interrogation and multiplexing using a microwave photonic approach.

O.I. Kidiekov

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR MODELING TELECOMMUNICATION NETWORKS

Keywords: telecommunication system, software product, telecommunication networks, modeling and design of systems. The article presents the results of the development of the application for telecommunication networks modeling. This application allows you to model schemes of telecommunication systems and to check the performance of a system with the specified parameters of the IP address and MAC address. The article also describes the scope of the software product, its main ideas and technology stack.

V.E. Pavlov

APPLICATION FOR GENERATING SYNTHESIZED VIDEOS USING FACE REPLACEMENT TECHNOLOGY

Keywords: synthesized video dipfaces, face detection, face tracking, face replacement, software product, computer vision. This paper presents the results of the development of an application designed to create synthesized video dipfaces with face replacement. The developed application is based on advanced computer vision and deep learning algorithms, which provides high accuracy and realism in face replacement. It automatically detects and tracks the faces in the video and then replaces them with other faces, creating a synthesized video effect. The developed application has a wide range of applications including entertainment industry. The paper also describes the scope of the software product, its main ideas and the technologies used.

A.A. Lobanov, J.S. Lobanova, N.S. Nikolaev INFORMATION SYSTEM OF ELECTRONIC ASSESSMENT IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT USING A COGNITIVE ASSISTANT

Keywords: assessment system, cognitive assistant, functional model, educational environment.

This article describes an approach to the design and development of electronic assessment information systems, with an integrated cognitive assistant and improved performance. The process of designing an information system, creating a functional model of a cognitive assistant is described. The stack of technologies optimal for solving such problems is given. The proposed approach can be used to create similar systems.

Nguyen Phuc Hau, R.S. Zaripova, R. R. Galyamov SOFTWARE FOR TRAINING AND CERTIFICATION OF EMPLOYEES OF THE ENTERPRISE

Keywords: software, training, attestation, testing, information system, database.

This article considers the process of design and development of software for planning training and certification of employees of the enterprise. This software will allow to modernise the process of transfer of documents of employees between branches of the enterprise, to simplify carrying out of testing and training of employees, and also to trace time of training and testing.

Нгуен Фук Хау, Р.С. Зарипова, Нгуен Тхи Тху
CHATGPT И РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ INTERVIEWGPT
ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ
ВЫПУСКНИКАМИ

Ключевые слова: ChatGPT, чат-бот, обработка естественного языка, технология AI, языковой перевод, приложение, InterviewGPT.

ChatGPT – это механизм обработки естественного языка, который позволяет общаться аналогично человеку. Этот механизм может отвечать на вопросы, поддерживать диалог, давать ответы по электронной почте, писать контент, программный код, эссе и т. д. В этой статье рассмотрен процесс разработки приложения InterviewGPT для интерактивного взаимодействия и помощи в процессе собеседования.

Л.Г. Гомбоев

ПОТЕНЦИАЛ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАТИКИ

Ключевые слова: компетенции, информатика, кейс-технологии, аналитическое мышление, коммуникации, сотрудничество, проблемное решение.

В статье представлены исследования потенциала и эффективности применения кейс-технологий в преподавании информатики и оценка их влияния на развитие компетенций студентов.

О.И. Кидиеков

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА
С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ WINDOWS 10: ОСНОВНЫЕ
УГРОЗЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Ключевые слова: операционная система, информационная безопасность, уязвимости приложений.

В статье рассматривает важность обеспечения безопасности компьютеров, работающих на платформе Windows 10, подробно описываются основные угрозы, с которыми сталкиваются пользователи данной операционной системы, такие как вредоносное программное обеспечение, фишинг, сетевые атаки, уязвимости программного обеспечения и недостаточная защита паролей. Кроме того, предоставляются практические рекомендации и советы по обеспечению безопасности компьютера, включая защиту Wi-Fi, использование безопасных протоколов связи и настройку брандмауэра.

Nguyen Phuc Hau, R.S. Zaripova, Nguyen Thi Thu
CHATGPT AND THE DEVELOPMENT
OF INTERVIEWGPT APPLICATION FOR GRADUATE
INTERVIEWS

Keywords: ChatGPT, chatbot, natural language processing, AI technology, language translation, application, InterviewGPT. ChatGPT is a natural language processing engine that allows communication similar to a human being. This mechanism can answer questions, maintain dialogue, provide email responses, write content, program code, essays, etc. This paper discusses the development process of InterviewGPT application to interact and assist in the interview process.

L.G. Gomboev

POTENTIAL AND EFFICIENCY OF CASE
TECHNOLOGIES IN TEACHING INFORMATICS

Keywords: competencies, informatics, case technologies, analytical thinking, communications, collaboration, problem solving.

The article presents studies of the potential and effectiveness of the use of case technologies in teaching computer science and an assessment of their impact on the development of students' competencies.

O.I. Kidiekov

ENSURING SECURITY FOR WINDOWS 10 COMPUTERS:
KEY THREATS AND RECOMMENDATIONS

Keywords: operating system, information security, application vulnerabilities.

The article examines the importance of ensuring the security of computers running on the Windows 10 platform. It provides a detailed description of the main threats faced by users of this operating system, such as malware, phishing, network attacks, software vulnerabilities, and weak password protection. Additionally, practical recommendations and advice are provided on securing the computer, including Wi-Fi protection, the use of secure communication protocols, and firewall configuration.

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

№8 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 31.08.2023 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 31.08.2023
14,3 усл.печ.л. 17,6 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 5461.

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»