

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№4 2021

Направления:

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

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

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

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

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

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

**Казань
2021**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №4 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – 138 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.ntvp.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.К. Половняк – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.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, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, С.Ю. Софьина, Р.М. Гаринов, А.В. Репина, Р.Х. Шагимуллин</i> СТРУКТУРА ПОЛИМЕРНЫХ СЕТОК КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА С РАЗЛИЧНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ	8
05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<i>Н.С. Алексеев, В.А. Осипова</i> ОБ ОТЛИЧИИ СВОЙСТВ ГРУППОВОГО ВЫБОРА ОТ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ВЫБОРА	12
<i>Д.В. Баранов</i> ПРОЦЕДУРА НАЗНАЧЕНИЯ ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМАНДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ РАША	17
<i>Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов, В.М. Нигметзянова, Д.К. Шакуров</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ДАВЛЕНИЮ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ	25
<i>Д.С. Горбатенко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	28
<i>И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина</i> АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	31
<i>С.Н. Ефимов, В.А. Терсков, К.В. Ярков, О.Ю. Серикова</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	35
<i>Д.Ю. Карандеев</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ КЛОДА ШЕННОНА И А.Я. ХИНЧИНА	38
<i>Г.В. Кузнецова, А.А. Морозов, Т.А. Морозова, С.А. Шальнов</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ	41
<i>П.Н. Кузьмичев, С.Ю. Меженин, Ю.С. Егоров</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА	45
<i>А.Т. Кулаков, Е.П. Барыльникова, З.А. Аюкин, В.Н. Никишин, И.П. Талипова, Р.Ф. Калимуллин, Н.А. Шерстнев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ СМАЗКИ ДИЗЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	51
<i>Н.А. Максимов, О.К. Осипчук, А.С. Семин</i> ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	55
<i>А.А. Морозов, Т.А. Морозова, А.В. Старков</i> ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	62
<i>И.С. Полякова, Ф.Г. Хисамов</i> ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ	67
<i>С.А. Ямашкин, А.А. Ямашкин, О.А. Зарубин</i> ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕМПИОНАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ- ТЕХНОЛОГИЙ	70

05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ	73
Н.Д. Ахметов, М.М. Гимадеев, В.А. Кривошеев МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЁТА СКОРОСТИ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОДВОДНОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВЕ	77
В.А. Егоров, А.В. Шангутова, Д.В. Шангутова ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В MATLAB	80
Д.В. Зими́на, А.В. Флеров ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОИМОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА, ВЫРАЖЕННОЙ В КОЛИЧЕСТВЕ ОПЕРАЦИЙ, С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА	84
В.К. Ионычев, А.А. Шестеркина АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА МИКРОПЛАЗМЕННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ В P – N-ПЕРЕХОДАХ	89
В.В. Лебедев, О.В. Пухова ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АСУТП ФОРМИРОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЛЫХ ГОРШОЧКОВ	93

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

Д.В. Горбачев СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ДОСТУПНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ВРАЧЕБНОЙ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ	96
А.Н. Пономарев, Л.В. Казанцева МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ	100

05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Р.Ф. Илдарханов, В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов, Р.Х. Тахавиев ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ	103
А.Ю. Барыкин, А.Ф. Малаховецкий, Э.М. Мухаметдинов, Д.И. Нуретдинов, А.А. Малаховецкий МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРООБЪЁМНОЙ ПЕРЕДАЧИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ	107
В.Ю. Мельцов, А.А. Гуцина, А.А. Чудинов ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ В ЛОГИКЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ	111
О.В. Соловьева, С.А. Соловьев, Р.С. Зарипова, М.М. Тюрина, А.В. Чупаев ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ В ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ ГРАНИЦЕЙ	115
А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, О.А. Шипилова, Э.М. Хасанишина ПРИМЕНЕНИЕ КАЛОРИМЕТРИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ	119

**05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ
ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<i>А.А. Воробьева, Я.К. Гафарова, Г.А. Самоследов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ БАНКОВСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ОТЗЫВОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ	123
<i>Н.А. Тишина, И.А. Щудро, Л.Ф. Тагирова, Е.Н. Чернопрудова</i> АНСАМБЛЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ В ОБНАРУЖЕНИИ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ	126

АННОТАЦИИ	130
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, S.U. Sofyina, R.M. Garipov, A.V. Repina, R.Kh. Shagimullin</i> STRUCTURE OF POLYMER MESHES OF COMPOSITIONS BASED ON AN EPOXY OLIGOMER WITH VARIOUS MODIFIERS	8
--	---

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>N.S. Alekseyev, V.A. Osipova</i> ON THE DIFFERENCE BETWEEN COLLECTIVE CHOICE PROPERTIES AND CHARACTERISTIC PROPERTIES OF THE INDIVIDUAL CHOICE	12
<i>D.V. Baranov</i> PROCEDURE FOR ASSIGNING TASKS IN DISTRIBUTED TEAMS USING THE RASCH MODEL	17
<i>R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov, R.F. Ildarhanov, V.M. Nigmatzyanova, D.K. Shakurov</i> PROCEDURE FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE BY THE PRESSURE OF CASE GASES IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE	25
<i>D.S. Gorbatenko</i> ENSURING TRAFFIC SAFETY DURING THE OPERATION OF AMBULANCE VEHICLES	28
<i>I.V. Grubrin, I.U. Lygina</i> ADAPTIVE PROCESSING OF THE ULTRAWIDEBAND SIGNALS IN SPACE SENSING IN MULTI-CHANNELS INFORMATION SYSTEMS	31
<i>S.N. Efimov, V.A. Terskov, K.V. Yarkov, O.Yu. Serikova</i> COST OPTIMIZATION WHEN DESIGNING THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX OF THE REAL TIME SYSTEM	35
<i>D.J. Karandeev</i> PROCEDURE FOR SELECTING THE DISTRIBUTION NETWORK STRUCTURE BASED ON THE MODELS OF CLAUDE SHANNON AND A. Y. KHINCHIN	38
<i>G.V. Kuznetsova, A.A. Morozov, T.A. Morozova, S.A. Shalnov</i> INFORMATION AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF TECHNICAL SPECIALISTS	41
<i>P.N. Kuzmichev, S.Yu. Mezhenin, Yu.S. Yegorov</i> FORMALIZATION OF TECHNOLOGICAL COMMUNICATION NETWORK DESIGN FOR PIPELINE TRANSPORT OBJECTS	45
<i>A.T. Kulakov, E.P. Barylnikova, Z.A. Ayukin, V.N. Nikishino, I.P. Talipova, R.F. Kalimullin, N.A. Sherstnev</i> INVESTIGATION OF METHODS AND CONTROL SYSTEMS FOR TESTING DIESEL ENGINE LUBRICATION ELEMENTS THAT AFFECT PERFORMANCE DURING OPERATION	51
<i>N.A. Maksimov O.K. Osipchuk, A.S. Semin</i> DETERMINING THE LOCATION OF ROBOTIC TOOLS BASED ON GEOSPATIAL DATA IN URBAN CONDITIONS	55
<i>A.A. Morozov, T.A. Morozova, A.V. Starkov</i> GENERAL APPROACH TO DISTRIBUTED REMOTE SENSING DATA PROCESSING	62
<i>I.S. Polyakova, F.G. Khisamov</i> LABOR PROTECTION DURING COMMISSIONING	67
<i>S.A. Yamashkin, A.A. Yamashkin, O.A. Zarubin</i> TECHNICAL ASPECTS OF CHAMPIONSHIPS ORGANIZING USING MODERN WEB TECHNOLOGIES	70

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>G.A. Alekseev, V.N. Kudashov, E.G. Selina</i> ENSURING THE QUALITY OF THE AUTOMATED PROCESS OF FORMING A PRECISION REGULAR MICRORELIEF BY THE COMBINED METHOD	73
<i>N.D. Akhmetov, M.M. Gimadeev, V.A. Krivosheev</i> ENGINEERING CALCULATION METHODS OF PRESSURE WAVE SPEED BY UNDERWATER ELECTRIC EXPLOSION	77

<i>V.A. Egorov, A.V. Shangutova, D.V. Shangutova</i> DEFINITION OF THE DESIGN MODEL OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR WHEN SIMULATING IN MATLAB	80
<i>D.V. Zimina, A.V. Flerov</i> EVALUATING THE VALUE OF A BUSINESS PROCESS IN TERMS OF NUMBER OF TRNSACTIONS BY MEANS OF AN ACTIVITY-BASED COSTING	84
<i>V.K. Ionychev, A.A. Shesterkina</i> AUTOMATED INSTALLATION FOR MICROPLASMA SPECTROSCOPY OF DEEP LEVELS IN <i>P</i> - <i>N</i> -JUNCTIONS	89
<i>V.V. Lebedev, O.V. Puhova</i> SOFTWARE FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR FORMATION OF PEAT HOLLOW POTS	93

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

<i>D.V. Gorbachev</i> SYSTEMIC ASPECTS OF DECISION-MAKING WHEN ANALYZING THE AVAILABILITY OF PRIMARY AND SPECIALIZED HEALTH CARE	96
<i>A.N. Ponomarev, L.V. Kazantzeva</i> MACHINE VISION: RELEVANCE AND APPLICATION	100

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, R.F. Ildarhanov, V.M. Nigmatzyanova, D.I. Nuretdinov, R.Kh. Tahaviev</i> SELECTION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS WHEN SIMULATING THE WORK OF THE CARDAN TRANSMISSION	103
<i>A.Yu. Barykin, A.F. Malahoveckij, E.M. Mukhametdinov, D.I. Nuretdinov, A.A. Malahoveckij</i> MATHEMATICAL MODEL OF HYDRAULIC DISTRIBUTION APPLIED IN HIGH PERFORMANCE VEHICLE TRANSMISSION	107
<i>V.Yu. Meltsov, A.A. Gushchina, A.A. Chudinov</i> INTELLIGENT DATA PROCESSING BY THE ACCELERATED METHOD IN THE PROPOSITIONAL CALCULUS	111
<i>O.V. Soloveva, S.A. Solovev, R.S. Zaripova, M.M. Tyurina, A.V. Chupaev</i> NUMERICAL SIMULATION OF THE GAS SUSPENSION MOTION IN A TUBE WITH A POROUS BOUNDARY	115
<i>A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, O.A. Shipilova, E.M. Khasanshina</i> APPLICATION OF CALORIMETRY IN PHYSICAL PRACTICE	119

05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>A.A. Vorobeva, Ya.K. Gafarova, G.A. Samosledov</i> RESEARCH OF BANKING ORGANIZATIONS REPUTATIONAL RISKS REDUCING POSSIBILITY BASED ON SENTIMENT ANALYSIS OF REVIEWS IN RUSSIAN	123
<i>N.A. Tishina, I.A. Shudro, L.F. Tagirova, E.N. Chernoprudova</i> ENSEMBLE CLASSIFICATION MODEL IN NETWORK INTRUSION DETECTION	126

ABSTRACTS	130
------------------	-----

05.13.06

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ²С.Ю. Софьина, ³Р.М. Гарипов,
¹А.В. Репина, ⁴Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
¹факультет наноматериалов и нанотехнологий,
кафедра физики,
²факультет технологии и переработки пластмасс и композитов,
кафедра технологии пластических масс,
³факультет технологии и переработки пластмасс и композитов,
кафедра технологии полиграфических процессов и кинофотоматериалов,
⁴главный редактор журнала Научно-технический вестник Поволжья

СТРУКТУРА ПОЛИМЕРНЫХ СЕТОК КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА С РАЗЛИЧНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

Изучены процессы образования полимерных сеток композиций на основе эпоксидного олигомера с различными модификаторами. Методом ЯМР установлено наличие частично микрокристаллических областей образующейся полимерной сетки. Показано действие вводимых модификаторов на некоторые параметры полимерных матриц.

Ключевые слова: *отверждение, эпоксидный олигомер, полимерные сетки.*

Изучение влияния вводимых модификаторов на процессы отверждения и особенности образующейся структуры полимерной матрицы при обычных условиях представляет значительный научный и практический интерес.

Были изучены процессы образования трехмерной полимерной сетки в присутствии как реакционноспособных, так и нереакционноспособных модификаторов из композиций на основе эпоксидного олигомера ЭД-20, содержащих 20 масс. % модификаторов. В качестве основного отвердителя был использован диэтилентриамин (ДЭТА). Исследования полимерной сетки были проведены после полуторамесячной выдержки образцов с момента изготовления, а также после шестичасовой термообработки при 120°C. Температуру стеклования образцов определяли по термомеханическим кривым, а эффективную плотность сшивки – по измененному методу Клаффа-Гледдинга на релаксметре сжатия при температуре, превышающей температуру стеклования на 50°C [1].

На рисунке 1а представлены ИК-спектры в области 980-880 см⁻¹ отвержденных композиций в виде пленок толщиной 10-50 мкм, содержащих различные модификаторы. Видно, что все композиции, отвержденные при естественных условиях в течение 1,5 месяца содержат некоторое количество остаточных эпоксидных групп (характеристическая полоса поглощения 910 см⁻¹ [2]), что свидетельствует о неполном протекании реакции отверждения.

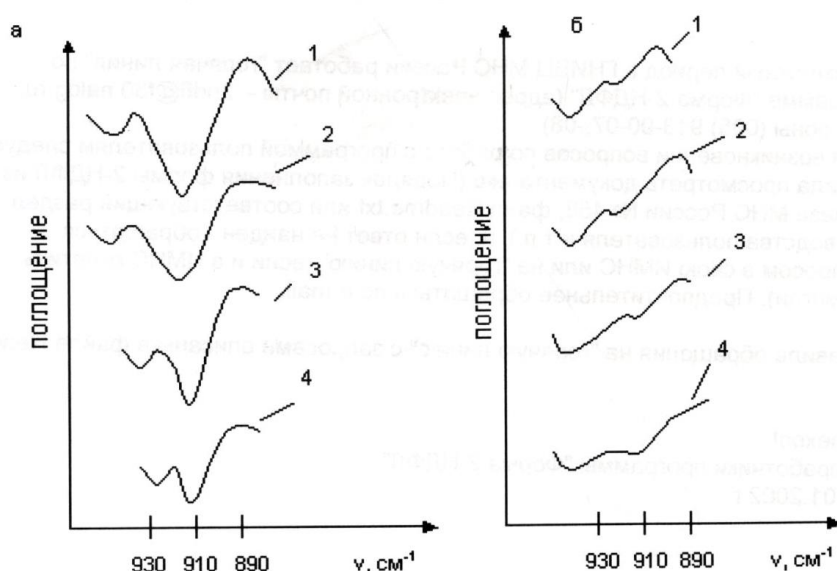


Рис. 1 – Фрагменты ИК-спектров модифицированных композиций, отвержденных:
 а – без подвода тепла в течении 1,5 месяцев; б – при 120°C в течении 6 часов;
 1 – без модификатора; 2 – «Оксилин-6»; 3 – ПЭФ-3А; 4 – ДОФ

Термообработка этих же образцов при температуре 120°C в течении 6 часов приводит к практически полному исчезновению эпоксидных групп (рис. 1б), что свидетельствует о завершении химических процессов образования полимерной матрицы.

Значения найденных T_g образцов представлены в таблице 1. Видно, что добавление всех модификаторов приводит к незначительному снижению T_g по сравнению с чистым олигомером ЭД-20 при отверждении без подвода тепла. Близость значений T_g говорит о том, что при отверждении без подвода тепла все модифицированные композиции приблизительно одинаково переходят в стеклообразное состояние по мере увеличения количества эффективно сшитых цепей. При этом n_c образцов достаточно существенно отличаются. Можно отметить, что при использовании монофункциональных реакционноспособных модификаторов (ПК и ФГЭ) образуются более густосшитые матрицы, что трудно объяснить с точки зрения принципа действия монофункциональных модификаторов. Такое противоречие исчезает при отверждении при повышенных температурах. При отверждении композиций, модифицированных ФГЭ, n_c полимерной матрицы наименьшая. Повышенные значения n_c в случае использования ПК могут быть объяснены наличием в структуре полимера концевых уретановых и гидроксильных групп, способных образовывать достаточно сильные водородные связи [3].

Таблица 1. Некоторые характеристики эпоксидных матриц на основе олигомера ЭД-20

Модификатор	T_g , °C		n_c , кмоль/м ³	
	отверждение без подвода тепла	6 ч. при 120°C	отверждение без подвода тепла	6 ч. при 120°C
без модифик.	60,0	118,0	1,28	3,33
ЭДОС	55,5	59,5	0,53	1,86
ДБФ	59	58,5	0,64	1,85
ДОФ	57,5	96	0,76	1,53
ПК	54,5	59,0	1,17	1,68
ФГЭ	53,0	82,0	1,10	1,12
ПЭФ-3А	54,5	82,0	0,89	1,77
«Оксилин-6»	56,0	89,5	0,74	2,70

Отвержденные образцы на основе ЭД-20 с различными модификаторами исследовались также методом ЯМР. Основными параметрами для сравнения получаемой структуры и молекулярной подвижности являлись значения ширины и второго момента линии поглощения ЯМР, а также анализ ее формы. Условия записи спектров приведены в работе [4].

На рисунке 2 приведен вид спектров ЯМР исследованных образцов.

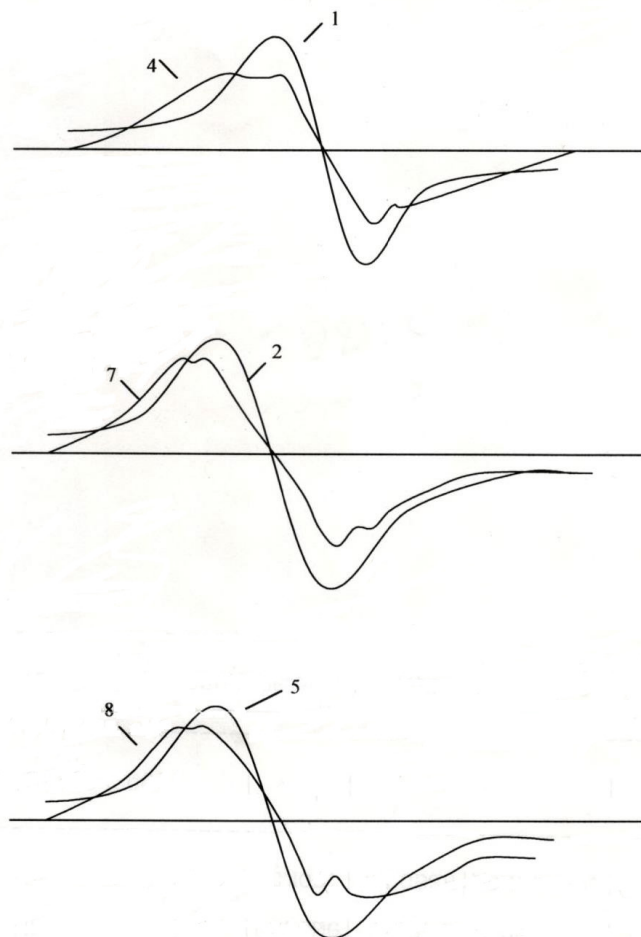


Рис. 2 – Вид спектров ЯМР-широких линий для образцов ЭД-20, отверженных с различными добавками. Номера на кривых соответствуют номерам образцов в таблице №1:
1 – ЭД-20; с добавками: 2 – ЭДОС; 3 – ДБФ; 4 – ДОФ; 5 – ПК; 6 – ФГЭ;
7 – ПЭФ-3А; 8 – «Оксилин-6»

Наиболее существенным для них является изменение формы линии поглощения ЯМР. Особенно явно сложная двухкомпонентная линия поглощения ЯМР наблюдается для ЭД-20 с ДОФ и ЭД-20, модифицированных эпоксиуретановым олигомером ПЭФ-3А, а также олигомером «Оксилин-6». Можно отметить переход формы линии поглощения ЯМР от Лоренцевой к Гауссовой при сравнении ее для образцов с добавками с исходным отверженным образцом ЭД-20.

Двухкомпонентная форма линии поглощения ЯМР для образца ЭД-20 с ПЭФ-3А и частично с вводимым «Оксилином-6» связана с наличием в полимере областей, отличающихся по молекулярному движению на несколько порядков. К таким областям можно отнести образующиеся частично-микрористаллические области полимерных цепей, которые участвуют между собой в протонном межмолекулярном взаимодействии, даже если они расположены в различных плоскостях. Наличие нескольких видов молекулярного движения протонов полимерных цепей оказывает влияние на топологию образующихся полимерных сеток и значения их плотностей.

Увеличение вклада межмолекулярной составляющей за счет изменения структуры полимерных сеток наглядно видно из таблицы 2, в которой приведены рассчитанные значения ширины (δH) и второго момента (ΔH_2^2) линии поглощения ЯМР.

Таблица 2. Рассчитанные значения ширины (δH) и второго момента линии поглощения ЯМР (ΔH_2^2) композиций на основе олигомера ЭД-20

№п/п	Модификатор	δH , э	ΔH_2^2 , э ²	Форма линии
1	без модификатора	7,8	10,4	сложная
2	ЭДОС	8,2	11,6	
3	ДБФ	8,1	11,2	
4	ДОФ	8,4	12,6	
5	ПК	8,2	11,6	
6	ФГЭ	8,2	11,4	
7	ПЭФ-3А	8,7	13,2	сложная
8	«Оксилин-6»	8,6	13,1	сложная

* Отвердитель – ДЭТА. Отверждение без подвода тепла.

Анализ спектров ЯМР образцов свидетельствует о том, что значения вторых моментов ΔH_2^2 линии ЯМР для образцов с ПЭФ-3А и «Оксилином-6» возрастают до 13,2 э², что хорошо подтверждает более жесткую образующуюся сетчатую структуру отвержденных олигомеров. Увеличение вклада во второй момент на 1,5-2 э² при введении ПЭФ-3А и «Оксилина-6» в отверждаемую систему связано с образованием в них более упорядоченных областей и более регулярной и плотной сетки.

Список литературы

1. Иржак В.И. Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства / Розенберг Б.А., Ениколопан Н.С. М.: Наука, 1979. – 248 с.
2. Никаниси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. Пер. с англ. / Под ред. А.А. Мальцева. - М: Мир, 1965. – 216 с.
3. Райт П., Камминг А. Полиуретановые эластомеры. Пер. с англ. / Под ред. Н.П. Апухтиной. – Л.: Химия, 1973. – 304 с.
4. Минкин В.С. ЯМР в промышленных полисульфидных олигомерах. К.: изд-во «Абак», 1997. – 222 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)**

05.13.01

Н.С. Алексеев канд. физ.-мат. наук, В.А. Осипова канд. физ.-мат. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Математическая кибернетика»,
nickolay_alekseev@hotmail.com, victoria.a.osipova@gmail.com

**ОБ ОТЛИЧИИ СВОЙСТВ ГРУППОВОГО ВЫБОРА
ОТ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ВЫБОРА**

В работе рассматриваются известные процедуры группового выбора и показано, что характеристические свойства функций выбора, которые являются “разумными требованиями” для индивидуального выбора, не всегда выполняются для группового выбора. Показано, что в общем случае, отражающие “рациональное” поведение условия наследования, отбрасывания и константности выбора не выполняются для правил голосования с подсчетом очков и правил Коупленда и Симпсона, а условие согласия выполняется только для правила Симпсона.

Ключевые слова: коллективное принятие решений, групповой выбор, правило голосования, механизм выбора, характеристические условия функций выбора.

Введение

Исследованию характеристических свойств индивидуального выбора посвящено значительное число исследований при разработке моделей принятия решений [1–4]. При коллективном принятии решений проводится агрегирование индивидуальных выборов и осуществляется групповой выбор или, как принято говорить, осуществляется процедура голосования.

Систематический анализ процедур голосования был проведен К. Эрроу еще в 1951 году, им был предложен аксиоматический подход к построению процедур голосования и доказана известная “теорема о невозможности”. Оценка процедур голосования может определяться только свойствами, характеризующими “рациональность” самой процедуры. В силу этого возникает дополнительный интерес к анализу условий, выражающих различные естественные требования к разумному выбору. Формализация понятий, отражающих “рациональное поведение”, была проведена многими известными авторами имеющими в виду общую задачу: описание механизмов и классов функций выбора.

В настоящей работе рассматриваются процедуры группового выбора и показано, что характеристические свойства функций выбора, которые являются “разумными требованиями” для индивидуального выбора, далеко не всегда присущи групповому выбору.

Этот результат следует учитывать при выработке согласованного группового мнения и, в частности, в ситуациях, когда выбор осуществляется группой экспертов при коллективном принятии решений.

Анализ выполнения характеристических свойств для группового выбора

Теория выбора предполагает рассмотрение конечного множества вариантов A , состоящее из двух или более элементов. Пусть $\mathcal{A} \subseteq 2^A \setminus \{\emptyset\}$ – некоторое заданное множество непустых подмножеств множества A . Любое подмножество $X \in \mathcal{A}$ может быть предъявлено для осуществления акта выбора и называется предъявлением. Акт выбора состоит в выделении из предъявления X по некоторому фиксированному правилу

подмножества $Y \subseteq X$, называемого «выбор из X » или в установлении факта отказа от выбора, в этом случае выбор пуст $Y = \emptyset$. Акт выбора описывается функцией выбора $Y = C(X)$.

В теории выбора рассматриваются условия, характеризующие ту или иную черту «рационального выбора» в виде ответа на вопрос: как изменится выбор при определенной модификации исходного предъявления. Основными условиями «рациональности» являются условия наследования (Н), согласия (С), отбрасывания отвергнутых вариантов (О) и константности (К) [1, 2].

Рассмотрим задачу группового выбора типа Упорядочение – Выбор, которая формулируется следующим образом [5]. Пусть m избирателей (выборщиков) осуществляют выбор на множестве A из n кандидатов. Предпочтения i -го выборщика определяются бинарным отношением R_i , являющимся ранжированием на множестве кандидатов. Требуется по профилю индивидуальных предпочтений $\langle R_1, \dots, R_m \rangle$ построить групповое предпочтение в виде выбора $C(A) = F(R_1, \dots, R_m)$ из множества кандидатов A . При этом считается, что для любой пары кандидатов a и b предпочтение R_i между ними для каждого из выборщиков сохранится, если удалить из рассмотрения или добавить любого другого кандидата.

Одно из известных правил голосования – правило с подсчетом очков: каждый выборщик производит ранжирование, ранги кандидатам определяются фиксированной неубывающей последовательностью чисел: $s_0 \leq s_1 \leq \dots \leq s_{n-1}$. Наименее предпочтительный кандидат получает s_0 очков, следующий по предпочтительности кандидат получает s_1 очков и т.д., наиболее предпочтительный кандидат получает s_{n-1} очков. Побеждает кандидат с наибольшей суммой очков по всем выборщикам. Частными случаями правила с подсчетом очков являются правило относительного большинства (ранги определяются последовательностью $0, \dots, 0, 1$) и правило Борда (ранги определяются последовательностью $0, 1, 2, \dots, n-1$).

При анализе выполнения характеристических свойств для группового выбора можно было бы рассуждать следующим образом. Поскольку все правила с подсчетом очков реализуют отображение $A \rightarrow \mathbb{R}$ множества сравниваемых вариантов (кандидатов) A во множество действительных чисел $\mathbb{R}$, то для этих правил имеет место однокритериально - экстримизационный механизм выбора, для которого свойство К выполняется и тогда выполняются также свойства Н, С и О [1]. Однако, в таком рассуждении имеется логическая ошибка, поскольку функция подсчета очков зависит от предъявления $X \subseteq A$. Один и тот же кандидат $x \in X$ получит разное количество очков в зависимости от того в какой «компании» он будет предъявлен, т.е. на самом деле реализуется отображение $A \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$, где $\mathcal{A}$ – множество возможных предъявлений.

Покажем, что свойства Н, К, С и О для правил с подсчетом очков в общем случае не выполняются.

Пусть в голосовании участвуют пять выборщиков и три кандидата из множества $A = \{a, b, c\}$. Для предъявления $X = A$ индивидуальные предпочтения выборщиков следующие: два выборщика ранжируют свои предпочтения как $a \succ b \succ c$, один как $b \succ c \succ a$, и еще два как $c \succ a \succ b$. Тогда

$$r(a) = 2 \cdot s_2 + 1 \cdot s_0 + 2 \cdot s_1; \quad r(b) = 2 \cdot s_1 + 1 \cdot s_2 + 2 \cdot s_0; \quad r(c) = 2 \cdot s_0 + 1 \cdot s_1 + 2 \cdot s_2.$$

$$\text{Так как } r(a) - r(b) = s_2 - s_0 > 0; \quad r(a) - r(c) = s_1 - s_0 > 0, \text{ то } C(\{a, b, c\}) = \{a\}.$$

Для предъявления $X' = \{a, c\}$ предпочтения тех же выборщиков следующие: для первых двух выборщиков $a \succ c$, для одного $c \succ a$, и для последних двух также $c \succ a$. Тогда

$$r(a) = 2 \cdot s_1 + 1 \cdot s_0 + 2 \cdot s_0 = 2 \cdot s_1 + 3 \cdot s_0; r(c) = 2 \cdot s_0 + 1 \cdot s_1 + 2 \cdot s_1 = 3 \cdot s_1 + 2 \cdot s_0.$$

Отсюда $r(a) - r(c) = s_0 - s_1 < 0$ и, следовательно, $C(\{a, c\}) = \{c\}$. Таким образом, хотя $a \in C(x)$, $X' \subset X$, и $a \in X'$, но $a \notin C(X')$. Следовательно, условие Н, и тем более условие К не выполнены для этого правила группового выбора. С другой стороны, в предъявлении X' был отброшен невыбранный в предъявлении X вариант b , а выбор изменился, следовательно условие О также не выполнено.

Пусть теперь в голосовании пяти выборщиков участвуют четыре кандидата и $A = \{a, b, c, d\}$. Для предъявления $X=A$ индивидуальные предпочтения выборщиков следующие: первые два выборщика считают, что $a \succ d \succ b \succ c$, один, что $b \succ c \succ a \succ d$ и последние два $d \succ c \succ a \succ b$.

Ранги кандидатов, вычисленные по правилу Борда, равны $r(a)=9$, $r(b)=5$, $r(c)=6$, $r(d)=10$ и выбор $C(\{a, b, c, d\}) = \{d\}$.

Рассмотрим предъявления $X' = \{a, b, c\}$ и $X'' = \{a, d\}$. Тогда $X = X' \cup X''$. Для предъявления X' два выборщика ранжируют свои предпочтения как $a \succ b \succ c$, один как $b \succ c \succ a$, и еще два как $c \succ a \succ b$. Тогда $C(\{a, b, c\}) = \{a\}$. Индивидуальные предпочтения для предъявления X'' имеют вид: для первых двух выборщиков и еще одного $a \succ d$ и для двух выборщиков $d \succ a$. Тогда $C(\{a, d\}) = \{a\}$. Отсюда $a \in C(X')$ и $a \in C(X'')$, но $a \notin C(X' \cup X'')$, то есть вариант a выбирается из каждого из предъявлений $X' = \{a, b, c\}$ и $X'' = \{a, d\}$, но не выбирается из их объединения $X = \{a, b, c, d\}$. Следовательно, условие С также не выполняется.

Рассмотрим теперь правило Кондорсе и состоятельные по Кондорсе правила Коупленда и Симпсона. Пусть $m(a, b)$ – число выборщиков, для которых кандидат a предпочтительнее, чем кандидат b ; $m(b, a)$ – количество выборщиков, для которых кандидат b предпочтительнее, чем кандидат a . В правиле Кондорсе проводится попарное сравнение кандидатов и формируется групповое отношение $P: aPb \Leftrightarrow m(a, b) > m(b, a)$. Если во множестве кандидатов по построенному отношению P , существует наибольший элемент, то он является победителем по Кондорсе.

В [1] показано, что парнодоминантный механизм выбора порождает функцию выбора, удовлетворяющую условиям Н и С. Поскольку правило Кондорсе реализует парнодоминантный механизм выбора, где бинарное отношение P , определяется приведенным выше соотношением, то для него выполнены условия Н и С. Парадокс Кондорсе показывает, что отношения P может содержать циклы, следовательно, условия О, а, значит, и К для правила Кондорсе не выполняются.

Победитель по Коупленду – кандидат с наибольшей оценкой $f(a)$, которая вычисляется как разность между числом пар $\langle a, x \rangle \in P$ по всем $x \neq a$ и числом пар $\langle x, a \rangle \in P$, $x \neq a$.

Победитель по Симпсону – кандидат, с наибольшей оценкой, которая вычисляется по формуле
$$f(a) = \min_{x \in A} m(a, x)$$
.

Покажем, что для механизма выбора, реализующего правило Коупленда, не выполняются условия Н, С, О и К, а для механизма выбора, реализующего правило Симпсона, не выполняются условия Н, О и К, но выполняется условие С.

В рассмотренном выше примере голосования пяти выборщиков на множестве из четырех кандидатов имеем:

$$m(a,b)=4; m(b,a)=1; m(a,c)=2; m(c,a)=3; m(a,d)=3; m(d,a)=2; \\ m(b,c)=3; m(c,b)=2; m(b,d)=1; m(d,b)=4; m(c,d)=1; m(d,c)=4.$$

Для предъявления $X = \{a,b,c,d\}$ оценки Коупленда $f(a)=1, f(b)=-1, f(c)=-1, f(d)=1$. Победители по Коупленду – кандидаты a и d , $C(\{a,b,c,d\}) = \{a,d\}$.

Исключим из предъявления X невыбранный вариант c и рассмотрим предъявление $X' = \{a,b,d\}$. Оценки Коупленда для кандидатов из этого предъявления равны $f(a)=2, f(b)=-1, f(d)=0$. Победитель по Коупленду кандидат a и $C(\{a,b,d\}) = \{a\}$.

Поскольку $d \in C(X) \cap X'$, но $d \notin C(X')$, то условия Н и, тем более, К не выполнены. Условие О также не выполнено для правила Коупленда, поскольку $C(X) \subseteq X' \subseteq X$, но $C(X') \neq C(X)$.

В рассмотренном примере голосования для предъявления $X = \{a,b,c,d\}$ оценки Симпсона $f(a) = \min(4,2,3) = 2; f(b) = \min(1,3,1) = 1; f(c) = \min(3,2,1) = 1; f(d) = \min(2,4,4) = 2$. Победители по Симпсону – кандидаты a и d , $C(\{a,b,c,d\}) = \{a,d\}$. Для предъявления $X' = \{a,b,d\}$ оценки Симпсона $f(a) = \min(4,3) = 3; f(b) = \min(1,1) = 1; f(d) = \min(2,4) = 2$. Победитель по Симпсону – кандидат a и $C(\{a,b,d\}) = \{a\}$. Поскольку $d \in C(X) \cap X'$, но $d \notin C(X')$, то условия Н и, тем более, К не выполнены для правила Симпсона. Условие О также не выполнено, так как $C(X) \subseteq X' \subseteq X$, но $C(X') \neq C(X)$.

Покажем, что условие С для правила Коупленда не выполнено, а для правила Симпсона выполняется.

Пусть индивидуальные предпочтения двух выборщиков $a \succ b \succ c$ и $b \succ c \succ a$ соответственно. Тогда для предъявления $X = \{a,b,c\}$ оценки Коупленда кандидатов: $f(a) = 0; f(b) = 1; f(c) = -1$ и победитель по Коупленду – кандидат b и $C(\{a,b,c\}) = \{b\}$. В то же время для предъявления $X' = \{a,b\}$ выбор $C(\{a,b\}) = \{a,b\}$, а для предъявления $X'' = \{a,c\}$ выбор $C(\{a,c\}) = \{a,c\}$, т.е. кандидат a выбирается из предъявлений X' и X'' , но не выбирается из их объединения X .

Покажем, что функция выбора $C(X)$, реализующая правило Симпсона, удовлетворяет условию согласия С. Рассмотрим три предъявления X', X'' и $X = X' \cup X''$. Пусть $X = \{a_1, \dots, a_n\}$, $X' = \{a_1, \dots, a_l\}$ и $X'' = \{a_k, \dots, a_n\}$, то есть $X' \cap X'' = \{a_k, \dots, a_l\}$, где $1 \leq k \leq l \leq n$. Обозначим $m(a_i, a_j) = m_{ij}$. Пусть a_{j_i} – кандидат, для которого достигается минимум величины $m_{ij} = m(a_i, a_j)$ при сравнении кандидата a_i с остальными кандидатами из предъявления X , то есть $m_{j_i} = \min_{a_j \in X, a_i \neq a_j} m(a_i, a_j) = m_{j_i}(X)$ оценка Симпсона кандидата a_i , вычисленная для предъявления X .

Предположим, что один и тот же кандидат a_i^* был выбран из предъявлений X' и X'' . Покажем, что тогда он будет выбран из предъявления X . Оценка Симпсона для каждого кандидата при расширении предъявления не уменьшается. Следовательно, поскольку $X' \subseteq X$, то для любого $a_i \in X'$, $i = 1, \dots, l$ выполняется

$$m'_{ij'_i} = m_{ij_i}(X') \geq m_{ij_i}. \quad (1)$$

Аналогично, поскольку $X'' \subseteq X$, то для любого $a_i \in X''$, $i = k, \dots, n$ выполняется

$$m''_{ij''_i} = m_{ij_i}(X'') \geq m_{ij_i}. \quad (2)$$

Для $a_i \in X' \cap X''$ $m_{ij_i} = \min(m'_{ij'_i}, m''_{ij''_i})$. Поскольку кандидат a_i^* выбран как из X' , так и из X'' , то $m_{i^*j'_i}^* = m_{i^*j''_i}^*$ и среди кандидатов $a_{j'_i}^*$ и $a_{j''_i}^*$ найдется такой кандидат $a_{j_i^*}^*$, что $m_{i^*j_i^*}^* = m_{i^*j'_i}^* = m_{i^*j''_i}^*$.

С другой стороны, т.к. кандидат a_i^* выбран из X' , то $m_{i^*j_i^*}^*$ – наибольшая из оценок Симпсона кандидатов из X' :

$$m_{i^*j_i^*}^* = \max_{a_i \in X'} m_{ij'_i} = \max_{1 \leq i \leq l} m_{ij'_i}. \quad (3)$$

А т.к. кандидат a_i^* выбран из X'' , то $m_{i^*j_i^*}^*$ – наибольшая из оценок Симпсона кандидатов из X'' :

$$m_{i^*j_i^*}^* = \max_{a_i \in X''} m_{ij''_i} = \max_{k \leq i \leq n} m_{ij''_i}. \quad (4)$$

Из (1) и (3) получаем, что $m_{i^*j_i^*}^* \geq m_{ij_i}$ для $i = 1, \dots, l$, а из (2) и (4), что $m_{i^*j_i^*}^* \geq m_{ij_i}$ для

$i = k, \dots, n$. Таким образом, $m_{i^*j_i^*}^* = \max_{a_i \in X} m_{ij_i} = \max_{1 \leq i \leq n} m_{ij_i}$ и кандидат a_i^* является победителем по Симпсону для предъявления X и будет выбран из него: $a_i^* \in C(X)$.

Заключение

Показано, что для рассмотренных классических правил группового выбора результат выбора принципиально меняется при сужении предъявления. “Разумные требования” к выбору могут не выполняться, если выборщики в своих предпочтениях не учитывают часть кандидатов.

В прикладных задачах принятия решений группой экспертов или равноправных лиц, принимающих решение, этот результат следует учитывать для получения обоснованного выбора.

Список литературы

1. Айзерман М.А., Алескерев Ф.Т. Выбор вариантов (основы теории).- М.: Наука, 1990. 240 с.
2. Айзерман М.А., Малишевский А.В. Некоторые аспекты общей теории выбора лучших вариантов //Автоматика и телемеханика.1981,№2, 65-83
3. Sen A.K. Choice functions and revealed preference // Rev.Econ. Stud.- 1971.v. 38. №3, p. 307-317.
4. Вольский В.И. Процедуры голосования в малых группах // Проблемы управления. 2016. №2. с.2-23
5. Осипова В.А., Алексеев Н.С. Математические методы поддержки принятия решений.. – М.: ИНФРА-М, 2019. 133 с.

05.13.01

Д.В. Баранов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
институт радиоэлектроники и информационных технологий,
кафедра электроники и сетей ЭВМ,
Нижний Новгород, smart.village.14@gmail.com

ПРОЦЕДУРА НАЗНАЧЕНИЯ ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМАНДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ РАША

Статья посвящена задаче поддержки принятия решений в распределенных командах. Рассмотрены существующие модели определения вероятности успешного выполнения тестовых заданий. Анализируется практическая реализация модели Раша и процедура назначения заданий в распределенных командах с ее применением. Намечены пути усовершенствования этой процедуры.

Ключевые слова: электронный бизнес, распределенные команды, системы поддержки принятия решений, интеллектуальные системы.

Распределенные команды, участники которых работают на значительном расстоянии друг от друга, приобретают в современной производственной практике существенное значение. Это обусловлено тем, что информация становится не средством обработки сырья, а самим сырьем в текущем технологическом укладе, что хорошо описано исследователем информационной эпохи М. Кастельсом [1], а также другими авторами, например крупным специалистом по разработке программного обеспечения Ф. Бруксом-младшим [2].

Как показывает практика [3], удаленная работа позволяет экономить средства. Например, компания «Билайн» еще в 2016 году планировала перевести большинство персонала на формат частично удаленной работы (что впоследствии и было сделано), а Nortel предлагает с помощью виртуализации экономить на бензине. Кроме того, есть и другие статьи расходов: инфраструктура, питание и т.д.

Важность дистанционной работы при ряде чрезвычайных ситуаций, например, при карантинах во время эпидемий, техногенных катастрофах, возрастает.

В наше время применяются различные сервисы для краудсорсинга (привлечение значительного числа людей к совместной работе с использованием современных инфокоммуникационных технологий) – например, GoDesigner. Специфика GoDesigner в том, что работодатель предлагает свое задание (например, создание логотипа компании, фирменного стиля), требования, сроки и заявляемый гонорар за выполнение, затем получает варианты сделанного задания и выбирает из них нужный ему. Участникам этого интернет-сервиса новые предлагаемые задачи высылаются на электронную почту.

Другие примеры: Workle – отечественный стартап, который позиционируется как первый интернет-работодатель в России, Huddle – британская частная облачная компания по разработке программного обеспечения.

В компаниях используются и общепринятые сервисы для управления проектами, например, Microsoft Project, Covisint, Project Caiser и др. Наиболее современные продукты – это Asana (позволяет осуществлять мониторинг активности, доступа и приоритетов), ProofHub (предусматривает чаты и обсуждения для пользователей, здесь также применены диаграммы Ганта и доска Кабмана), средство с высокой степенью сотрудничества Bascamp (применимо для предприятий всех размеров, используются шаблоны проектов и совместный доступ к документам), облачное средство визуального планирования Proggio и централизованная платформа Hive.

Информационно-технологическая база распределенных команд и виртуальных организаций не всегда сочетается с обеспечением поддержки заинтересованности претендентов и результативности проекта. Требуется разработка ясных и удобных в использовании моделей эффективного управления компетенциями в удалённых командах в условиях неопределённости с учетом всей специфики их организации, которые позволят повысить точность оценки вероятности выполнения проекта (см. [4]). Одна из проблем по формированию эффективной и надёжной распределенной (краудсорсинговой) команды заключается в том, что тестирование сотрудников, направленное на повышение вероятности успешной работы компании, не дает возможности выявить все ошибки и максимизировать эффективность. Для этого требуются следующие процедуры, из которых строится алгоритм принятия решений:

- выполнять начальный отбор кандидатов для выполнения заданий на основе тестов (пробных заданий);
- распределять задания между исполнителями (задача о назначениях, см. [5, 6, 7, 8]);
- оценивать и сравнивать эффективность выполнения сотрудниками тестовых и реальных заданий, а также совершенствовать шкалу оценки работы на основе полученных данных и предлагать варианты итогового выбора кандидатов. Для этой задачи требуется дополнение процедуры назначений обратной связью, то есть принятием решений на основе сбора и систематизации информации по выполненным проектам (рис. 1).

Рассмотрим общую схему работы системы поддержки принятия решений (СППР), построенную на основе работы [9] (рис. 1):



Рис. 1 – Архитектура СППР

Рассмотрим основные два этапа алгоритма принятия решения.

Определение вероятности выполнения заданий в виртуальных командах на основе модели Раша

Оценить вероятность правильного выполнения задания позволяют модели, основанные на теориях тестирования. Известны классическая (СТТ, Classical Test Theory) и современная (IRT, Item Response Theory) теории. В основе СТТ лежит идея, что наблюдаемый тестовый балл x любого испытуемого состоит из истинного компонента измерения и ошибочного

компонента или погрешности. Основные допущения IRT в том, что есть скрытые и напрямую неизмеримые параметры человека, и существуют индикаторы, связанные с латентными параметрами, но доступные для наблюдения.

Самая применяемая за счёт своей относительной простоты модель в современной теории тестирования – модель Раша [10, 11]:

$$P_{ij} = \frac{e^{(\theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{(\theta_i - \beta_j)}} \quad \text{или} \quad P_{ij} = \frac{1}{1 + \exp(-(\theta_i - (\beta_j)))} = \frac{1}{1 + \exp(\beta_j - \theta_i)}, \quad (1)$$

где P_{ij} – вероятность выполнения тестового j -го задания с трудностью β_j i -м испытуемым с уровнем подготовки θ_i . В разных источниках эти обозначения могут меняться.

Рассмотрим два вида модели Раша. В дихотомической модели данные для обучения – это элементы матрицы x_{ij} выполнения задания, принимающие значения 0 и 1 при правильном и неправильном ответе на вопрос (этап тестирования) и хорошо или плохо выполненном задании (этап работы). В полиномической модели значения матрицы могут принимать и другие значения, в зависимости от системы оценок. Соответственно, находится вероятность не просто выполнения задания, а выполнения задания на определенном уровне.

По логистической функции требуется решить задачу настройки параметров, основываясь на матрице оценок x_{ij} .

Существуют также другие модели IRT – модель Бирнбаума (с параметром наклона характеристической кривой – чем больше этот параметр, тем выше дифференцирующая способность задания, и параметром угадывания c) и четырехпараметрическая модель IRT, принимающая во внимание дополнительные факторы (почему отличники с высокими значениями параметра θ могут терпеть неудачу). Но, как отмечает Д.В. Айдаркин, такой вариант модели представляет лишь теоретический, а не практический интерес [12]. Поэтому остановимся в рамках статьи на классической модели Раша.

Оценка параметров модели Раша, определяющей вероятность выполнения заданий кандидатами

Укажем основные методы и средства, которыми решается задача оценки параметров модели Раша по итогам результатов тестирования. Классический алгоритм с бинарной шкалой – строится по методу максимального правдоподобия (поиск такого значения искомого параметра распределения вероятностей, при котором имеющаяся выборка становится наиболее вероятной). Этот алгоритм используют большинство пакетов для вычисления параметров модели Раша [10, 13].

Большую достоверность дает метод наименьших квадратов, когда вычисляется среднеквадратическая ошибка измерения уровня подготовленности испытуемых в зависимости от метода получения оценок параметров модели Раша и наличия пропусков. Преимущество МНК (кроме простоты реализации в сравнении с ММП и отсутствия высоких требований к программному обеспечению и соответствующих затрат) состоит в том, что вместо дихотомических данных можно использовать нечеткое множество x_{ij} со значениями от 0 до 1 [10, 13].

Существует множество разных библиотек (например, eRm на языке R и др.) и программных продуктов для настройки параметров модели Раша, например, WinGen, WINSTEPS и др. Материалы по этой теме регулярно публикуются в журнале «Rasch measurement transactions».

Доступный алгоритм для непрерывной шкалы реализован в статье [10]. Он основан на методе наименьших квадратов, когда ищется минимум суммы квадратов разностей между значениями функции Раша и оценки кандидата, нормированной на шкалу от 0 до 1 (что реализуется через надстройку «Поиск решений» в MS Excel):

$$S(\theta_i, \beta_j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - p_{ij})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(x_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Рассмотрим пример результата оценки параметров модели Раша с исходными данными в таблице.

Таблица – Оценки ответов 10 кандидатов на 12 вопросов												
Студент \	Номер вопроса											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	4	3
B	3	4	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2
C	3	5	3	2	2	4	3	3	3	3	3	3
D	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2
E	4	5	4	3	3	2	4	3	3	2	4	3
F	4	4	3	3	4	4	4	2	4	3	4	3
G	3	2	2	3	3	2	3	2	2	5	2	2
H	3	3	4	2	3	3	4	3	3	1	2	3
I	3	5	4	2	3	2	4	3	3	2	3	3
J	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3

После применения алгоритма МНК получили следующие оценки, представленные на графиках (рисунки 2, 3).

Полученные в результате расчёта по методу наименьших квадратах меры способностей и трудностей измеряются в логитах – безразмерных величинах, которых можно перевести в любую другую шкалу.

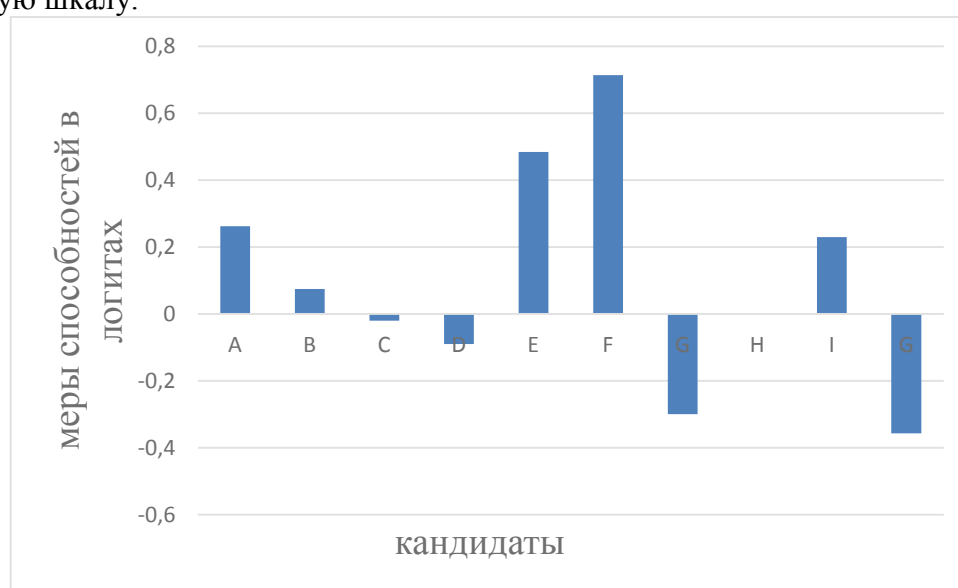


Рис. 2 – Оценки способности тестируемых в логитах

По итогам вычислений следовало бы принять на работу студентов с наивысшим значением способности с учётом числа нужных исполнителей, а также с учётом порога, принимаемого за 0,7 (выбор порога – тема отдельного исследования). Если принимать во внимание затраты, получится многокритериальная задача о назначениях, пример которой будет рассмотрен ниже. В статье [14] приводится оценка параметров модели Раша, по сути решающая многокритериальную задачу о назначениях, вместо оценки человека по данному вопросу там присутствует оценка по критерию.

Оценки трудности заданий в логитах, вычисленные после применения МНК для оценки параметров модели Раша, представлены на диаграмме. Чаще всего за нуль логитов принимается среднее значение оценок индикаторных переменных.

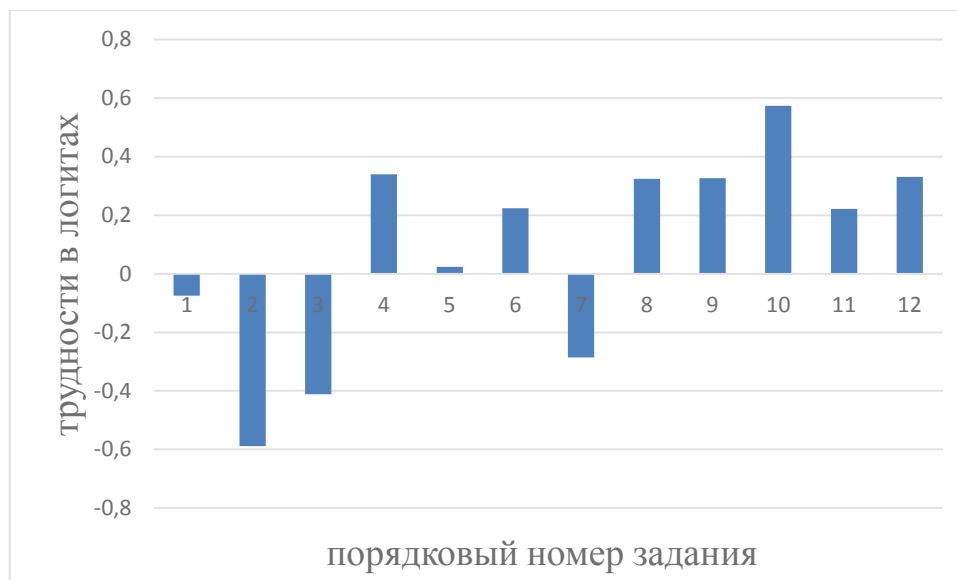


Рис. 3 – Итоговые оценки сложности заданий в логитах

Шкала логитов позволяет оценить тестовый материал и способности кандидатов в сравнении друг с другом [10] и отобрать лучших кандидатов (1 этап алгоритма принятия решения), полученные значения можно конвертировать. На этапе выполнения реальных заданий желательно применение многомерной модели Раша, описанной в ряде зарубежных книг, статей, и других источников (среди русскоязычных можно отметить статью [12]).

Основные типы многомерных моделей Раша (или Раша/Бирнбаума) – это конъюнктивная (когда вероятность успешного выполнения задания зависит от одновременно высокого уровня разных мер вектора компетенций) и компенсаторная (когда имеющаяся по одному «направлению» компетенция «покрывает» другую).

Пример конъюнктивной описан в статьях [12, 15]:

$$P_{ij} = P(Y_{ij} = 1) = \prod_{m=1}^M \frac{e^{\alpha_{jm}(\theta_{im} - \beta_j)}}{1 + e^{\alpha_{jm}(\theta_{im} - \beta_j)}} \quad (3)$$

θ_{im} – компонента m вектора способностей учащегося (кандидата) i , α_{jm} – параметр, определяющий дифференцирующую способность j -го задания, а β_j обозначает общий уровень сложности элемента j .

Так как параметр α соответствует модели Бирнбаума, которая является обобщением модели Раша, можно упростить многомерную модель, приведя её к виду классической модели Раша и несколько изменить с учётом возможности разбиения значения сложности на компоненты.

$$P_{ij} = P(Y_{ij} = 1) = \prod_{m=1}^M \frac{e^{(\theta_{im} - \beta_{jm})}}{1 + e^{(\theta_{im} - \beta_{jm})}} \quad (4)$$

Способ распределения заданий в виртуальных командах с использованием модели Раша

Сформируем критерии результативности распределённых команд. Они основаны на показателях «треугольника проекта» – времени, цене и качестве. Во времени главное – своевременность (разница во времени проекта и времени, соответствующего нужному вектору назначения $T_p - T(r) \geq 0$), в цене – соответствие затрат на назначение задач бюджету проекта ($C_p - C(r) \geq 0$), а показателем качества могут являться оценки экспертов или заказчиков за исполнение проекта. Доля выполненных заданий (или не выполненных), своевременность, мера качества продукта (соответствия его характеристик требованиям) – это количественные показатели результативности.

Эффективность – это отношение количества успешно выполненных задач к затратам на их выполнение (в реальности прибыль предприятия). Ожидаемая эффективность – отношение ожидаемого количества успешно выполненных задач из пакета к планируемым затратам на их выполнение.

Необходимо найти вектор назначений, доставляющий максимум целевой функции ожидаемой результативности:

$$\hat{r} = \operatorname{argmax} P_A(r, P), \quad (5)$$

$$P_A(r, P) = \prod_{n=1}^N P_{r_n, n}, \quad (6),$$

где

здесь N – число заданий, P_{r_n} – вероятность выполнения для каждого вектора назначений r_n , P_A означает вероятность успешного выполнения всех заданий.

Вторая целевая функция (минимизируемая), которая при решении задачи сводится к ограничению, – это затраты, также вычисляемые для векторов назначений.

$$c(C, r) = \sum_{n=1}^K C_{r_n, n}, \quad (7)$$

где C – значения матрицы стоимости, K – количество разработчиков.

Её «обратный» вариант – функция экономии

$$\Delta c(r, C, C_p) = C_p - c(C, r) \quad (8)$$

Требуется найти оптимальную вероятность качественного выполнения заданий при допустимых значениях функции затрат или экономии

Для вероятностной целевой функции подходит частично классическая и, особенно, политомическая модели Раша.

Разберем применение процедуры назначений на основе модели Раша на этапе выполнения реальных заданий.

Например, способности сотрудников (число $K = 3$ и число мер компетенций $M = 2$) и сложности заданий (число заданий $N = 2$ и число мер сложности $M = 2$) характеризуются соответствующими матрицами, оценки даны соответственно по пятибалльной шкале

$$a = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 5 & 4 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1,5 & 1,5 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{в матрице } b \text{ столбцы соответствуют мерам компетенций, строки – заданиям}).$$

В результате оценки вероятности успешного выполнения заданий с помощью модели Раша (8) получим:

$$P = \begin{pmatrix} 0,509 & 0,644 \\ 0,756 & 0,839 \\ 0,897 & 0,935 \end{pmatrix}.$$

Сгенерированная матрица всех возможных решений, каждый столбец которой – это вектор назначений (строка соответствует номеру задания).

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 & 1 & 3 & 2 \end{pmatrix}.$$

Решается двухкритериальная задача о назначениях, при этом один критерий сводится к ограничению. Целевая функция (максимизируемая), как было отмечено ранее, – это вероятность успешно решить все назначенные задачи (если эта вероятность мала, то назначается два исполнителя – аналог резервирования в технике), затраты и экономия – это ограничения.

После анализа характеристик пакета заданий, генерации возможных решений рассчитываются показатели экономии с учётом бюджета проекта $C_p = 8$. Для удобства они представлены в транспонированном виде.

Значения функции вероятности для каждого вектора назначений (10):

$$P_A^T = (0,427 \quad 0,476 \quad 0,487 \quad 0,578 \quad 0,707 \quad 0,753)$$

Аналогично – значения функции затрат (11):

$$C_A^T = (7 \quad 8 \quad 6 \quad 8 \quad 9 \quad 10)$$

и значения функции экономии (12):

$$\Delta C_A^T = (1 \quad 0 \quad 2 \quad 0 \quad -1 \quad -2)$$

Строим график, показанный на рисунке.

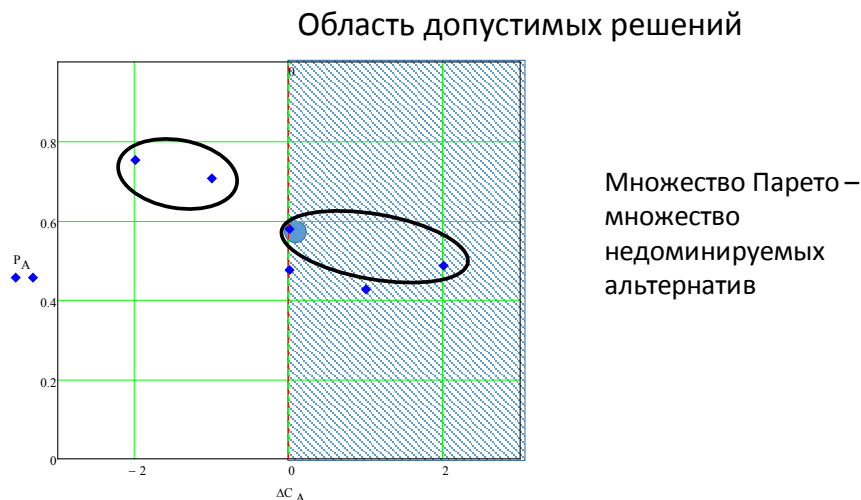


Рис. 4 – Графическое решение задачи

На рисунке 4 выделена штриховкой область допустимых решений, овалами выделено множество Парето. Ранжирование решений на этом множестве возможно на основе дополнительной информации [5] (что для лица, принимающего решения, более привлекательно), на экспертной оценке значимости критериев – через суммирование критериальных оценок (с учетом важности критериев или порогов отсечения), при помощи расчёта коэффициентов ранговой корреляции. Вектор назначений, нахождение которого основано на задаче условной оптимизации с ограничением на затраты, для найденного

решения $r = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Благодаря описанным методам прогнозируются вероятности и распределяются задания. А обратная связь, о которой было сказано, обеспечивает верификацию прогноза.

Предложенный подход к распределению задач позволит увеличить результативность и эффективность работы распределенных команд, а также будет полезен при управлении проектами, за счет повышения точности оценки вероятности выполнения поставленных задач (вероятность выполнения проекта – это произведение вероятностей успешного выполнения всех заданий в нем), а также будет полезен в обычных предприятиях и в учебных заведениях при тестировании студентов.

Возможные варианты использования алгоритма – система поддержки принятия решений при управлении проектами. Отдельные процедуры могут использоваться при проектном обучении студентов.

Список литературы

1. *Кастельс, М.* Информационная эпоха: экономика, общество и культура / Пер. с англ. под науч. ред. О. И. Шкаратана. – М.: ГУ ВШЭ, 2000 – 608 с.
2. *Брукс мл. Ф.П.* Проектирование процесса проектирования. Записи компьютерного эксперта: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 464 с.: ил.
3. Технологии управления удаленными надомными сотрудниками – обзор [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.livemanagement.ru/tags/organizacija_udalenoj_raboty. Загл. с экрана (дата обращения: 09.04.2021).
4. *Полицын С.А.* Система планирования проектов разработки программного обеспечения // Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии, 2013, № 1.
5. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а Также Хроника событий в Волшебных Странах: Учебник. - М.: Логос, 2000. – 296 с.: ил.
6. *Катаев А.В.* Виртуальные бизнес-организации. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. – 120 с
7. *Баранов Д.В.* Основные аспекты интеллектуализации процесса управления поручениями / Алексеев В.В., Баранов Д.В., Егоров Ю.С. // Информ. Системы и технологии. ИСТ-2018: тез.докл. Междунар. науч.-техн. конф. НГТУ. – Н. Новгород, 2018. – с. 468 – 472.
8. *Баранов Д.В.* Модели управления компетенциями в распределенных командах // Информ. Системы и технологии. ИСТ-2019: тез.докл. Междунар. науч.-техн. конф. НГТУ. – Н. Новгород, 2019. – с. 386 – 390.
9. *Баранов В.Г., Милов В.Р., Суслов Б.А.* Способы аналитической обработки для системы поддержки принятия решений // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. № 2. С. 12-15.
10. *Баркалов С.А., Моисеев С.И., Кочерга Н.С., Соловьева Е.В.* Математические модели подготовки и проверки качества освоения компетенций в образовательном процессе / Открытое образование. – 2014. – № 2. – С. 9 – 16.
11. Сигмоида. Статья из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BC%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%B0>. Загл. с экрана (дата обращения: 09.04.2021).
12. *Айдаркин Д.В.* Математические методы анализа результатов тестирования // Научный вестник УВАУ ГА(И), 2011, т. 3. С. 22 – 28.
13. *Маслак А.А., Моисеев С.И., Осипов С.А.* Сравнительный анализ оценок параметров модели Раша, полученных методами максимального правдоподобия и наименьших квадратов // Проблемы управления, № 5, 2015.
14. *Баркалов С.А., Калинина Н.Ю., Моисеев С.И., Насонова Т.В., Баркалов Н.Н.* Модель качественного отбора кадров, основанная на модели Раша оценки латентных переменных // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2018. Т. 18, № 1. С. 83–95.
15. *Park JY, Cornillie F, van der Maas HLJ and Van Den Noortgate W* (2019) A Multidimensional IRT Approach for Dynamically Monitoring Ability Growth in Computerized Practice Environments. *Front. Psychol.* 10:620. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00620.

05.13.01

**Р.М. Галиев канд. техн. наук, А.Ю. Барыкин канд. техн. наук,
Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, Р.Ф. Илдарханов канд. техн. наук,
В.М. Нигметзянова канд. педагог. наук, Д.К. Шакуров канд. техн. наук**

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, radikraborta@mail.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ДАВЛЕНИЮ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ

В статье проведено исследование процесса разработки бортовой системы диагностики. Рассматриваются конструкция двигателя внутреннего сгорания, его основные детали и узлы, по которым можно определить остаточный ресурс. Приведена методика определения остаточного ресурса двигателя современного грузового автомобиля по давлению картерных газов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, грузовой автомобиль, давление картерных газов, остаточный ресурс, цилиндропоршневая группа.

На сегодня определение остаточного ресурса каждого агрегата автомобиля, особенно двигателя, является актуальной задачей, так как до 39 % от всех отказов на транспорте приходится на него [1, 2, 3].

Целью исследования является разработка методики определения остаточного ресурса двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на современном дизельном двигателе грузового автомобиля по давлению картерных газов.

Главные задачи исследования – определить основные детали двигателя, влияющие на расход и импульс давления картерных газов, проанализировать влияние этих деталей на отказ двигателя и разработать методику определения остаточного ресурса.

Остаточный ресурс – наработка деталей агрегата или узла до предельного состояния, отсчитываемая от момента проверки (микрометража, диагностики). Для его определения необходимо рассмотреть детали и узлы ДВС, которые в процессе эксплуатации изнашиваются и изменяются в размере, а иногда и по форме. Остаточный ресурс ДВС можно определить по давлению картерных газов параметрами технического состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ). В ЦПГ двигателя входят поршень, кольца компрессионные и маслосъемные, гильза цилиндров.

Причинами прорыва газов из камеры сгорания в картер являются износ поршневых колец и задиры в стенках цилиндра. Импульс давления картерных газов - очень чувствительный и информативный диагностический параметр, что позволяет получать более достоверную информацию от установленного датчика в двигателе.

Чтобы получить необходимую информацию, анализировать и обработать для исследования, необходимо не менее трех испытываемых ДВС. Современные грузовые автомобили имеют ресурс до 1 200 000 км., а межсервисный пробег для магистральных тягачей - 150 000 км, для самосвалов - 100 000 км. Поэтому диагностику на стенде по давлению картерных газов и микрометраж деталей целесообразно провести с такой же периодичностью $L_1, L_2, \dots$, и так до значения ресурса двигателя L_p , как показано на рис. 1.

Таким образом собираются статистические данные, строится график изменения параметров технического состояния, определяются значения структурных ($Y_n, Y_1, Y_2, \dots, Y_n$) и диагностических ($P_n, P_1, P_2, \dots, P_n$) параметров от номинального до предельного.

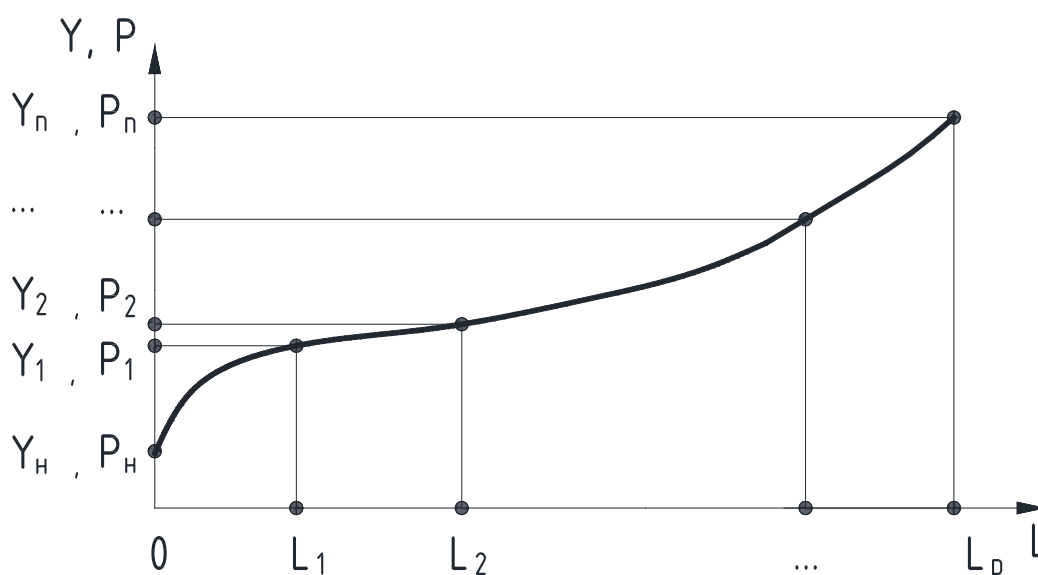


Рис. 1 – Изменения параметров технического состояния во время эксплуатации:

Y – структурный параметр, P – диагностический параметр, L – наработка

Причем диагностику на стенде необходимо провести до и после разборки двигателя, как показано на рис. 2. Это дает возможность при исследовании получить более достоверную информацию и контролировать правильность и качество разборочно-сборочных работ. Диагностические параметры до и после разборки-сборки должны быть идентичны.

Во время испытания на стенде контролируются следующие параметры двигателя: мощность, кВт (л.с.); минимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м); максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м); цикловая подача топлива, мм³; давление масла в главной масляной магистрали (на месте установки датчика), кПа (кгс/см²); температура воздуха на входе в стендовый охладитель наддувочного воздуха, °С; давление на входе в охладитель наддувочного воздуха, кПа (кгс/см²); температура отработавших газов на выходе из турбины, °С; давление картерных газов, кПа (кгс/см²); предельная дымность отработавших газов, % (м⁻¹); максимальная частота вращения холостого хода, мин⁻¹; минимальная частота вращения холостого хода, мин⁻¹; массовый расход воздуха на впуске, кг/час.

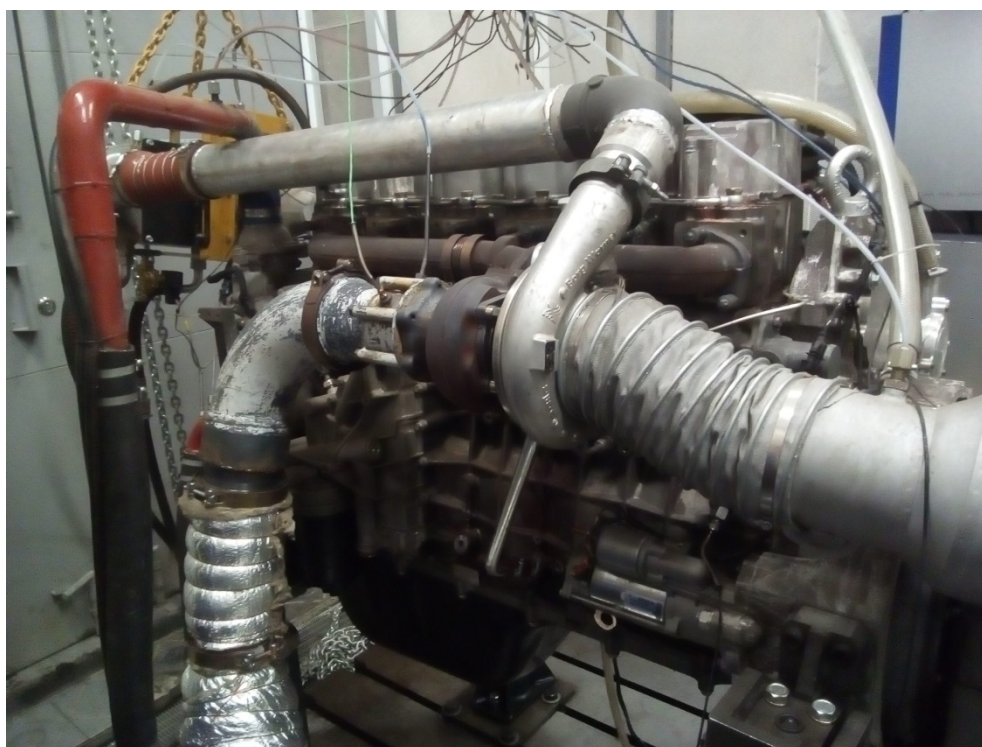


Рис. 2 – Испытание двигателя на стенде

Следующим этапом является подбор датчика для бортовой системы диагностики с соответствующим диапазоном контроля диагностических параметров, как на стенде для диагностики двигателя по давлению картерных газов.

Используя статистические данные, собранные при испытаниях конкретной модели двигателя, можно определить остаточный ресурс ДВС по давлению картерных газов:

$$L_{\text{ост}} = f(P)$$

где f – зависимость наработки от диагностического параметра.

Завершающим этапом является разработка бортовой системы диагностики (БСД) определения остаточного ресурса ДВС по давлению картерных газов [4, 5]. Бортовая диагностика проводится в определенном режиме двигателя, как при испытании двигателя. Например, когда необходимо узнать остаточный ресурс при пробеге L_k , запускается режим самодиагностики, датчик фиксирует значение P_k картерных газов, полученная информация анализируется, обрабатывается в БСД и определяется остаточный ресурс $L_{\text{ост}}$, как показано на рис. 3.

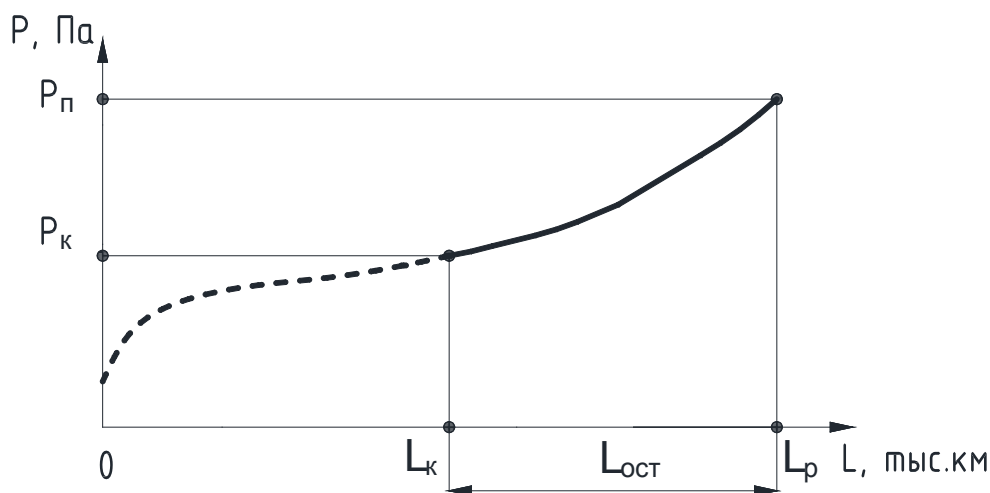


Рис. 3 – Определение остаточного ресурса двигателя по встроенному датчику бортовой системы диагностики

Предложенная методика позволяет определить остаточный ресурс ДВС по давлению картерных газов, отслеживать интенсивность изнашивания деталей ЦПГ двигателя, контролировать качество технического обслуживания и используемого моторного масла, тем самым повысить вероятность его безотказной работы во время эксплуатации.

Список литературы

1. Баженов Ю.В. Исследование работоспособности двигателей в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XVIII Междунар. науч. практ. конф. (24 -25 нояб. 2016 г.). - Владимир: Аркаим, 2016. - С.18-23.
2. Филькин Н.М. Сбор информации для бортовых систем диагностирования о техническом состоянии двигателя при эксплуатации грузового автомобиля / Н.М. Филькин, Р.М. Галиев, Ф.Л. Назаров, Р.А. Хафизов // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. - Ижевск, 2019. - Т.22, №2. - С. 58-64.
3. Engalychev R.N, Kulakov A.T, Barylnikova E.P, Talipova I.P, Decrease in the Transport Process Indicators Due to Wear of the Elements of the Power Unit of the Truck // International Journal of Engineering Research and Technology. - 2021. - Vol.13, Is.12. - P.4421 - 4426.
4. Макарова И.В. Диагностирование и оперативный контроль остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля / И.В. Макарова, А.Т. Кулаков, Э.М. Мухаметдинов, Л.М. Габсалихова, А.В. Васильев // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 2. С. 54–60.
5. Денисов А.С. Разработка алгоритма бортового диагностирования смазочной системы автомобильного двигателя / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов, З.А. Аюкин, Ф.Л. Назаров // Научно-технический вестник Поволжья. - 2020. - №3. - С. 113-116.

05.13.01

Д.С. Горбатенко

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

В статье рассматривается проблематика аварийности с участием автомобилей скорой медицинской помощи. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий как с участием автомобилей скорой медицинской помощи, так и по вине водителей автомобилей скорой медицинской помощи. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности с участием автомобилей скорой медицинской помощи.

Ключевые слова: *безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, скорая медицинская помощь, автомобиль скорой медицинской помощи, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.*

Скорая медицинская помощь (СМП) оказывается людям при состояниях, требующих срочного медицинского вмешательства (при несчастных случаях, травмах, отравлениях, и других состояниях и заболеваниях), осуществляется безотлагательно лечебно-профилактическими учреждениями независимо от территориальной, ведомственной подчиненности и формы собственности, медицинскими работниками, а также лицами, обязанными ее оказывать в виде первой помощи по закону или по специальному правилу. СМП является важным элементом государственной системы здравоохранения. Основной структурной единицей СМП является выездная бригада, непосредственно оказывающая экстренную медицинскую помощь больным и пострадавшим. Выезд бригады осуществляется на специальных автомобилях, именуемых автомобилями скорой медицинской помощи (АСМП). В настоящее время АСМП делятся на три класса. Класс «А» - для санитарной эвакуации пациентов без явных признаков угрозы жизни, класс «В» - для оказания скорой медицинской помощи, санитарной эвакуации и мониторинга состояния пациента при транспортировке, и класс «С», иначе именуемый «реанимобиль», - для проведения мероприятий скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи. Самый распространенный сегодня - автомобиль класса «В».

Доля дорожно-транспортных происшествий (ДТП), произошедших с участием АСМП, в общем количестве ДТП мала, но, учитывая предназначение и специфику использования АСМП, наличие угрозы безопасности движения при их эксплуатации вызывает беспокойство.

Рассмотрим статистические данные о дорожно-транспортной аварийности, произошедшей с участием АСМП, на территории Московской области за 2015-20 гг. [1].

Почти все ДТП с участием АСМП (92 %) – это столкновения. Большинство (60 %) ДТП происходили в зонах пересечений (на нерегулируемых и регулируемых перекрестках). При сухом состоянии проезжей части произошло 55 % ДТП. Самыми распространенными нарушениями требований правил дорожного движения (ПДД), приведшими к ДТП, явились «несоблюдение очередности проезда» (в 35 % ДТП), «неправильный выбор дистанции» (в 20 %), «выезд на полосу встречного движения» (15 %), «нарушение требований дорожных знаков или сигналов светофора» (14 %), «не предоставление преимущества в движении ТС, имеющему нанесенные на наружные поверхности специальные цветографические схемы, надписи и обозначения, с одновременно включённым проблесковым маячком синего цвета и специальным звуковым сигналом» (10 %), и «несоответствие скорости конкретным условиям движения» (в 8 % ДТП).

В 10 % ДТП помимо нарушений ПДД, приведших к ДТП, было зафиксировано наличие алкогольного или наркотического опьянения у водителей, а в 8 % ДТП было зафиксировано нарушение режима труда и отдыха водителей.

Примерно в 40 % ДТП с участием АСМП определено нарушение требований ПДД водителями АСМП. Самыми распространенными нарушениями ПДД водителями АСМП, приведшими к ДТП, явились «несоблюдение очередности проезда» (в 30 % ДТП), «выезд на полосу встречного движения» (17 %), «нарушение требований сигналов светофора» (16 %), «неправильный выбор дистанции» (15 %), и «несоблюдение условий, разрешающих движение транспорта задним ходом» (в 10 % ДТП).

Треть ДТП по вине водителей АСМП произошла в темное время суток. В 20 % ДТП по вине водителей АСМП, было установлено нарушение режима труда и отдыха водителями АСМП.

К сожалению, за последние 5 лет были зафиксированы единичные случаи алкогольного опьянения у водителей АСМП – виновников ДТП.

Почти все водители АСМП, виновники ДТП, за редким исключением, находились в возрасте старше 40 лет, а из них более половины – старше 50 лет. 90 % водителей с солидным водительским стажем (более 15 лет) [1].

Анализ статистических данных об аварийности с участием АСМП на территории Московской области позволил определить основные причины возникновения ДТП с участием АСМП:

1) не предоставление преимущества АСМП в движении со стороны других участников дорожного движения;

2) недостаточное кадровое обеспечение бригад скорой помощи, выражающееся в несоблюдении необходимого режима труда и отдыха водителями АСМП;

3) игнорирование водителями АСМП требований к управлению движения автомобильного транспорта специального назначения, имеющего нанесенные на наружные поверхности специальные цветографические схемы, надписи и обозначения, с одновременно включённым проблесковым маячком синего цвета и специальным звуковым сигналом.

Обеспечение выполнения участниками дорожного движения требований ПДД, предоставление преимущества в движении АСМП в частности, является важной государственной и общественной задачей. Роль государства и общества в возможности оказания своевременной медицинской помощи и доставке в стационарное лечебное учреждение, в том числе должна заключаться в обеспечении беспрепятственного движения АСМП. Основным направлением осуществления этого является усиление надзора и контроля за дорожным движением, выражаемое в следующем [2]:

1) увеличение присутствия на улично-дорожной сети (УДС) нарядов дорожно-патрульной службы (ДПС);

2) активная разъяснительная работа среди населения о необходимости недопущения создания препятствий движению АСМП;

3) усиление видов и размеров ответственности за создание помех движению АСМП, административной и уголовной.

Следующим важным направлением обеспечения безопасности дорожного движения при эксплуатации АСМП является оптимизация расположения станций СМП, численности бригад СМП, численности населения обслуживаемой территории, протяженности УДС обслуживаемой территории, расположения стационарных лечебных учреждений, с целью обеспечения безусловного соблюдения водителями АСМП режима труда и отдыха без последствий для своевременного прибытия к месту вызова. Труд водителей АСМП остается нелегким. Помимо управления автомобилем, проблем с дорожными условиями и напряженного графика работы, на водителях сказывается и некомплект бригады скорой помощи. Часто им приходится помогать переносить пациентов и оборудование, хотя этим должны заниматься санитары, которых с каждым годом становится всё меньше [3].

Согласно требованиям ПДД водители АСМП с включенным проблесковым маячком синего цвета могут отступать от некоторых требований ПДД, при условии обеспечения безопасности движения. А водители других автотранспортных средств (а также другие участники движения) должны уступать дорогу автомобилям специального назначения, следующими с включенными звуковым и световым сигналами: а именно автомобилям СМП, полиции, пожарных и спасательных служб, даже если они не соблюдают требования ПДД. Обгонять такие автомобили запрещается. Но обязательным условием является то, что при начале маневра водитель спецтранспорта обязан убедиться, что ему предоставляют преимущество (его пропускают) [4].

Также немаловажную роль в обеспечении безопасности пациентов и медицинского персонала АСМП в случае ДТП играют технические характеристики АСМП. Носилки, которые крепятся к полу, сиденья для персонала и шкафчик для медикаментов - вот и все устройство типичного АСМП. Но, при этом обычный с виду АСМП может являться «реанимобилем», а это уже целый стационар на колесах, в котором много приборов для поддержания жизни пациентов. Естественно, ремни безопасности тут не предусмотрены. Работать с пациентом и одновременно быть пристегнутым - это абсолютно нереально.

В России для нужд скорой медицинской помощи используют переделанные в АСМП микроавтобусы [3], которые имеют один существенный недостаток - высокий центр тяжести. При боковом ударе микроавтобус легко валится на бок. При этом по инерции срываются крепления носилок, носилки с пациентом летят к борту, который становится полом, и на пациента сверху летит медицинское оборудование. Если состояние пациента тяжелое, то шансов выжить у него при таком ударе крайне мало.

В используемых в России АСМП салон и водительскую кабину разделяет перегородка, значительно снижающая возможность эвакуации пострадавших из АСМП.

Заключение. Своевременное прибытие, оказанная медицинская помощь и транспортировка в стационарное лечебное учреждение выездной бригадой скорой медицинской помощи могут быть выполнены, в том числе, при безусловном предоставлении преимущества в движении на улицах и дорогах как со стороны водителей других транспортных средств, так и пешеходов.

Поэтому, двигаясь по проезжей части, даже на разрешающий сигнал светофора, необходимо убедиться, не подъезжает ли автомашина скорой помощи. Она может ехать и к вашим родственникам.

Список литературы

1. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2015-20 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2015-20;
2. Кузнецов В.В., Горбатенко Д.С., Порташников О.М. Математическое моделирование как основа разработки программ мероприятий по повышению безопасности движения на улично-дорожной сети. М.: Безопасность дорожного движения: сборник научных трудов, ФКУ «НЦ БДД МВД России», Выпуск № 18, 2019 г., с. 110-114;
3. Колесников А.В., Бреусов А.В., Шичанин В.В., Бреусов Р.А. Удовлетворенность населения региона качеством работы службы скорой медицинской помощи. Журнал «Вестник РУДН. Серия: Медицина». 2017 г., Т. 21, Выпуск № 1. с. 109-116;
4. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, -106 с.

05.13.01

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

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

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В работе предлагается адаптивный алгоритм обработки сверхширокополосных сигналов при зондировании трехмерного пространства. Алгоритм пригоден для оценки характеристик пространства в рассматриваемой зоне ответственности. Основное внимание уделяется обработке информации и не затрагивает вопросы техники излучения и приема сигналов.

Ключевые слова: адаптация, сверхширокополосность, сигнал.

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

Из множества применений сверхширокополосных сигналов в данной работе рассматривается одно - зондирование трехмерного пространства с целью оценки характеристик пространства в рассматриваемой области ответственности.

Принятые допущения и ограничения удобнее всего рассмотреть на типовом примере системы зондирования рис. 2 в [3]. Она состоит из одного или множества излучателей, множества приемников. Связь между излучаемым i -м излучателем сигналом $f_i(t)$ и принятым k -м приемником $g_k(t)$ осуществляется через переотражение или поглощение в объеме зоны ответственности. Эта зона разбита на элементы разрешения. Число элементов разрешения N не должно превышать число приемников, иначе решение (оценка зоны ответственности) будет неоднозначным. Каждый v -й элемент разрешения оценивается интенсивностью переотражения (поглощения) сигнала q_v так, что составляющая принимаемого k -м приемником от переотражения v -го элементом разрешения сигнала от i -го источника сигналов равна $f_i(t - \tau_{i,v,k}) \cdot q_v$, где $\tau_{i,v,k}$ - задержка в прохождении сигнала от i -го излучателя через v -й элемент переотражения до k -го приемника; $f_i(t)$ - излучаемый i -м источником сигнал; q_v - коэффициент переотражения v -го элемента разрешения.

Полный сигнал k -го приемника равен сумме всех переотраженных сигналов от всех источников сигналов (излучателей)

$$g_k(t) = \sum_i \sum_v f_i(t - \tau_{i,v,k}) \cdot q_v. \quad (1)$$

Метод определения $\tau_{i,v,k}$ в (1) базируется на предположении, что эта задержка определяется только расстоянием распространения от источника до приемника. Кроме того, предполагается, что на трассе распространения сигнала $i - v - k$ нет затеняющих,

переотражающих элементов разрешения, кроме единственного v -го. Основное свойство сверхширокополосных сигналов - некогерентность, отсутствие понятий несущая частота, амплитуда, фаза. В связи с этим, не применимы методы когерентной обработки, связанной с управляемым изменением фазы узкополосных сигналов, синфазное сложение. Вместо управляемых фазовращателей придется применять

управляемые линии задержки, вместо синфазного суммирования - синхронное сложение сигналов. Поэтому многоканальная система сверхширокополосных сигналов выглядит так, как показано на рис. 1 в [3]. Здесь задержка управляемых элементов $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ регулируется сигналами системы управления (СУ).

Удачный выбор задержек $[\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n]^T = \vec{\tau}$ позволяет сделать синхронным на выходах сумматора тот сигнал, который излучается (переизлучается) одним выбранным элементом разрешения. Таким образом, можно провести сканирование по всем требуемым элементам разрешения зоны ответственности.

В то же время, задержка на τ_i не представляется умножением на комплексный весовой коэффициент и поэтому все разработанные для узкополосных систем алгоритмы адаптации неприменимы, требуется разработка новых.

Рассматривается зондирование поверхности объекта настолько короткими импульсами, что разрешающая способность локации по дальности существенно меньше размеров объекта.

Если длина импульса τ_u , а скорость распространения V , то разрешающую способность по дальности определим, как

$$\Delta = V \cdot \tau_u. \quad (2)$$

Разобьем объект, в котором находится зондируемая поверхность объекта на элементарные кубики, каждая сторона которых равна разрешающей способности (2). Пронумеруем элементарные кубики индексом v . Система зондирования состоит из приемно-передающих модулей, каждый из которых может и излучать и принимать отраженные эхо-сигналы.

Сигнал $f_i(t)$, излученный i -м модулем, отраженный v -м элементом объекта и принятый k -м модулем равен

$$g_{i,v,k} = W_{k,v} W_{v,i} f_i, \quad (3)$$

Где $W_{k,v} = K_{k,v} e^{-p\tau_{k,v}}$ - передаточная функция канала k - v , включающая и диаграмму направленности излучателя и переотражающие свойства v -го элемента объема, в котором находится переотражающая поверхность объекта: $W_{v,i}$ - передаточная функция канала v - i , $f_i(t)$ - излучаемый i -м модулем зондирующий импульс.

Суммируя по всем излучающим модулям i и по всем элементарным объемам v , получим принимаемый k -м модулем сигнал

$$g_k = \sum_i \sum_v W_{k,v} W_{v,i} f_i, \quad (4)$$

Рассматривая g_k и f_i , как компоненты векторов $\vec{g}$ и $\vec{f}$, а $W_{k,v}$ как компоненты матрицы W передачи, получим

$$\vec{g} = W W^T \vec{f} = V^T \vec{f}, \quad (5)$$

где $V^T = W W^T$.

Задавая поочередно разные зондирующие сигналы $\vec{f}_1, \vec{f}_2, \dots$, получим систему уравнений (5), которую можно объединить в одно матричное

Уравнение $G = WW^T F = V^T F$, где $G = [\vec{g}_1, \vec{g}_2, \dots]$, $F = [\vec{f}_1, \vec{f}_2, \dots]$

- составные матрицы.

Один из самых подходящих методов зондирования - поочередное, когда каждый такой зондирующий сигнал $\varphi(t)$ подается только на один из передающих излучателей. Вектор $\vec{f}$ при этом содержит только одну компоненту $\varphi(t)$, а остальные равны нулю, а матрица F превращается в единичную, умноженную на $\varphi(t)$.

Составим вектор $\vec{\Phi}(t)$, компонентами которого являются сдвинутые во времени зондирующие импульсы $\vec{\Phi}(t) = [\varphi(t), \varphi(t-\tau_3), \varphi(t-2\tau_3), \dots]^T$,

где τ_3 - шаг задержки, приблизительно равный длительности импульса $\varphi(t)$ на уровне 0,5, так, чтобы сумма компонент $\vec{\Phi}(t)$ была как можно более близкой к прямой.

С помощью вектора $\vec{\Phi}(t)$ принимаемый сигнал $\vec{g}_k(t)$ можно представить взвешенной суммой компонент $\vec{\Phi}(t)$, т.е. скалярным произведением $\vec{\Phi}(t)$ на весовой вектор $\vec{a}_k$

$$\hat{g}_k(t) = \sum_{\mu} a_{k\mu} \varphi[t - (\mu - 1)\tau_3] = \vec{a}_k^T \vec{\Phi}(t). \quad (6)$$

Компоненты вектора $\vec{a}_k$ ищутся минимизацией подходящего функционала между истинным значением $g_k(t)$ и его оценкой $\hat{g}_k(t)$, например, такого

$$\eta = \int_0^{\infty} (\hat{g}_k(t) - g_k(t))^2 dt$$

или квадратичного

Возьмем преобразование Лапласа от (6)

$$\hat{g}_k(p) = \sum_{\mu} a_{k\mu} e^{-p(\mu-1)\tau_3} \varphi(p) = \vec{a}_k^T \vec{S}(p) \varphi(p). \quad (7)$$

где $S(p) = [1, e^{-p\tau_3}, e^{-p2\tau_3}, \dots]^T$ - вектор задержек.

Возвратимся к соотношению (3). Если при поочередном зондировании в i -ый такт импульс $\varphi(t)$ поступает на i -ый излучатель, то на k -м приемном излучателе получим сигнал, определяемый соотношением (7):

$$\hat{g}_{i,k}(p) = \vec{a}_{i,k}^T \vec{S}(p) \varphi(p).$$

Из этого выражения находим (i, k) -ю компоненту матрицы V в выражении (4):

$$\hat{V}_{ik}(p) = \vec{a}_{i,k}^T \vec{S}(p) = \sum_{\mu} a_{ik\mu} e^{-p(\mu-1)\tau_3}. \quad (8)$$

Но из (4) следует

$$V_{ik}(p) = \sum_v W_{kv} W_{vi} = \sum_v k_{kv} k_{vi} e^{-p(\tau_{kv} + \tau_{vi})}. \quad (9)$$

В выражении (9) суммирование ведется по всем элементам объема, в котором наверняка расположена поверхность исследуемого объекта. Координаты центров элементарных элементов этого объекта известны заранее, они определяются в соответствии с априорной информацией о расположении объекта в пространстве. Координаты приемо-передающих модулей также известны. Следовательно, временные задержки τ_{kv}, τ_{vi} могут быть заранее

просчитаны и округлены с точностью до длительности импульса τ_3 :
 $\tau_{kv} = b_{kv} \tau_3$, $\tau_{kv} + \tau_{vi} = (b_{kv} + b_{vi}) \tau_3$, где b_{kv} - целое число.

Таким образом, из (9) получаем

$$V_{ik}(p) = \sum_v k_{kv} k_{vi} e^{-p(b_{kv} + b_{vi}) \tau_3}. \quad (10)$$

В выражении (8) все компоненты известны: для каждого μ определены $a_{ik\mu}$. Сравнивая (8) и (10), нужно определить b_{kv} для всех k . Этого достаточно для оценки геометрии объекта. Кроме того, можно определить k_{kv} для всех k , и это даст оценку отражающих свойств поверхности объекта.

Список литературы

1. Радзиевский В.Г., Трифонов П.А. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех.- М.: Радиотехника, 2009 г.- 190 с.
2. Чапурский В.В. Избранные задачи теории сверхширокополосных сигналов и помех (3-е издание).- Изд-во МГТУ, 2017 г.-280 с.
3. Грубрин И.В. Адаптивная обработка сверхширокополосных сигналов в многоканальных информационных системах // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 10. С.29-32.

05.13.01

¹С.Н. Ефимов канд. техн. наук, ¹В.А. Терсков д-р техн. наук,
²К.В. Ярков, ²О.Ю.Серикова

¹ Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций, кафедра информационно-управляющих систем,
²Красноярский институт железнодорожного транспорта,
филиал Иркутского государственного университета путей сообщения,
кафедра управление персоналом,
Красноярск, efimov@bk.ru, terskovva@mail.ru, kyarkov@mail.ru, olesyaserik@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Описывается постановка задачи оптимизации затрат при проектировании аппаратно-программного комплекса системы реального времени. Задача однокритериальной условной оптимизации, критерием в которой является минимизация затрат, а ограничениями - требования к производительности и надёжности функционирования аппаратно-программного комплекса. В качестве метода решения задачи предлагается использовать эволюционные алгоритмы оптимизации.

Ключевые слова: Аппаратно-программный комплекс, система реального времени, стоимость создания аппаратно-программного комплекса, производительность, надёжность.

Система реального времени (СРВ) – это аппаратно-программный комплекс (АПК), который решает задачи управления различными процессами в условиях временных ограничений. Как правило, СРВ управляет критически важными процессами: управление воздушным движением, военные операции, управление опасными производствами и т. п. [1]. В связи с этим на функционирование АПК СРВ накладываются высокие требования по производительности и надёжности.

Производительность вычислительной системы (ВС) при проектировании как правило оценивают при помощи решения тестовых задач на изготовленных образцах. Данный метод связан со значительными затратами времени и ресурсов на создание действующих образцов ВС.

В [2] предлагается аналитическая модель производительности, которая рассматривает многопроцессорную вычислительную систему, как систему массового обслуживания с ограниченной очередью, состоящую из разнородных процессоров, шин интерфейса и общей памяти.

Одним из показателей надёжности является вероятность безотказной работы. Применительно к вычислительной технике этот показатель можно интерпретировать как вероятность работы ВС с заданным уровнем производительности. В работе [3] построена модель надёжности аппаратно-программного комплекса. В данной модели учтены возможные выходы из строя структурных компонентов оборудования (процессоров, шин интерфейса), от которых зависит надёжность функционирования аппаратной части, а также элементов программного обеспечения (ПО). В данном случае предлагается использовать подход мультиверсионного программирования при создании АПК СРВ [4].

При проектировании АПК СРВ невозможно повышать показатели производительности и надёжности неограниченно, т.к. с этим связано увеличение стоимости разработки, которая складывается из стоимости аппаратных компонентов и стоимости разработки мультиверсионного ПО [5].

Математическая модель оценки стоимости разработки ПО [6] позволяет:

- учитывать трудозатраты персонала, занятого на различных этапах жизненного цикла программного обеспечения;
- определять размер разрабатываемой системы, исходя из количества различных функциональных точек;
- для обеспечения критически важного уровня надежности систем управления, работающих в реальном масштабе времени, учитывать трудозатраты на введение программной избыточности различными методами.

Таким образом, разработанные математические модели позволяют формализовать задачу выбора оптимальных вариантов архитектуры аппаратно-программного комплекса системы реального времени.

В задаче оптимизации структуры АПК СВВ имеем три группы критериев:

- критерии производительности (производительность многопроцессорной вычислительной системы; вероятность нахождения в состоянии, в котором производительность достаточна для выработки управляющего воздействия и т.п.) должны быть максимизированы;
- критерии надежности (вероятность работы вычислительной системы с заданным уровнем производительности и т.п.) должны быть максимизированы;
- критерии стоимости (стоимость системы, стоимость разработки системы, стоимость эксплуатации, стоимость ремонта и т.п.) должны быть минимизированы.

При этом на переменные задачи будут наложены ограничения, например: по энергопотреблению, срокам разработки и т.д. Для упрощения задачи критерии производительности и надежности можно перевести в ограничения, так как обычно специализированные вычислительные системы проектируются для конкретной задачи управления, которая определяет минимальные уровни производительности и надежности.

Выделив среди критериев стоимости ведущий, получим задачу однокритериальной условной оптимизации с набором существенных ограничений, в которые перейдут остальные критерии. Кроме того, имеется набор естественных ограничений (например, количество компонентов аппаратного обеспечения является целочисленным, все параметры задачи могут принимать только положительные значения).

Приведем формальную запись задачи оптимизации структуры аппаратно-программного комплекса с мультиверсионным программным обеспечением для системы реального времени:

$$C_0(m_1, \dots, m_N, n, k) \rightarrow \min,$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} C_l(m_1, \dots, m_N, n, k) &\leq C_l^0, \quad l=1, \dots, L_C, \\ P_l(m_1, \dots, m_N, n, k) &\geq P_l^0, \quad l=1, \dots, L_P, \\ R_l(m_1, \dots, m_N, n, k) &\geq R_l^0, \quad l=1, \dots, L_R, \\ m_i^- &\leq m_i \leq m_i^+, \quad i=1, \dots, N, \\ n^- &\leq n \leq n^+, \\ 1 &\leq k \leq K. \end{aligned}$$

Здесь приняты следующие обозначения:

C_0 – ведущий критерий оценки стоимости;

C_l – второстепенные критерии оценки стоимости;

P_l – критерии оценки производительности;

R_l – критерии оценки надежности;

L_C, L_P, L_R – количество соответствующих критериев;

C_l^0, P_l^0, R_l^0 – предельные допустимые уровни критериев, переведённых в ограничения;

N – максимальное количество типов процессоров;

K – максимальное количество версий программного обеспечения;

m_i – количество процессоров i -го типа, включаемых в структуру АПК;

n – количество шин интерфейса;

k – количество версий программного обеспечения.

Рассмотрим, какими особенностями, влияющими на выбор методов оптимизации, обладает пространство поиска.

Прежде всего, нужно отметить, что пространство возможных решений является дискретным, так как конфигурация аппаратно-программного комплекса определяется количеством процессоров различных типов, шин интерфейса и версий программного обеспечения, которые могут быть только целыми числами. При этом мощность пространства поиска быстро растёт с увеличением количества типов процессоров и версий ПО.

Если приблизительно оценить мощность пространства оптимизации, то получим общее число возможных конфигураций более $6 \cdot 10^{20}$. При этом существенные ограничения не будут значительно сокращать количество поисковых точек.

Традиционные методы оптимизации не могут быть использованы для решения подобных задач. Градиентные методы неприменимы из-за дискретности переменных, полный перебор всех возможных вариантов невозможно выполнить за разумное время из-за слишком большого размера пространства поиска, а информация о свойствах целевых функций, которые являются либо сложными аналитическими выражениями, либо заданы алгоритмически, отсутствует.

При решении подобных задач оптимизации хорошо зарекомендовали себя эволюционные алгоритмы оптимизации [7-10]. Поэтому исследование эффективности эволюционных алгоритмов при оптимизации структуры аппаратно-программных комплексов систем реального времени может быть рассмотрено в качестве возможного направления дальнейших исследований.

Список литературы

1. Buttazzo G. Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications. New York, NY, Springer, 2011. – 521 p.
2. Терсков В.А., Ефимов С.Н. Аналитический метод оценки показателей производительности для параллельных вычислительных систем // Информационные технологии. – 2003. – №7. – С.13-20.
3. Ефимов С.Н., Терсков В.А., Серикова О.Ю. Алгоритм нахождения вероятности функционирования с заданной производительностью аппаратно-программного комплекса систем реального времени // Вестник Воронежского института МВД России. – 2021. – №1. – С. 72-81.
4. Avizienis A. The N-Version Approach to Fault-Tolerant Software // IEEE Trans. Soft. Eng. – 1985. – Vol. SE-11 (12). – P. 1511-1517.
5. Липаев В.В. Экономика производства сложных программных продуктов. – М. : СИНТЕГ, 2008.
6. Шеенок Д.А., Кукарцев В.В. Оценка затрат на модернизацию программного обеспечения критических по надежности систем // Вестник СибГАУ. Вып. 5(45). – Красноярск, 2012. – С. 62-65.
7. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
8. Ефимов С.Н., Егоров А.С., Семенкин Е.С. Алгоритм генетического программирования с автоматически определяемыми функциями для выбора спецпроцессоров МВС интеллектуального анализа данных в режиме реального времени // Вестник Томского государственного университета. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика». – № 19. – 2006. – С. 223-225.
9. Тархов Д.А., Радченко Д.С. Распределенные алгоритмы оптимизации // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. – Том 11. №2. – С. 404-408.
10. Semenkina O.E., Popov E.A., Semenkin E.S. Cooperative self-configuring nature-inspired algorithm for a scheduling problem // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russia. 2021. – P. 12080.

05.13.01

Д.Ю. Карандеев

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Инженерно-технологический институт,
кафедра информационных технологий и систем,
Абакан, DenisKhsu@bk.ru

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ КЛОДА ШЕННОНА И А.Я. ХИНЧИНА

В работе представлена вычислительная процедура выбора эффективной структуры распределительной сети, базирующаяся на моделях Клода Шеннона и А.Я. Хинчина. В качестве показателя, выражающего структурную надежность, выступает мера неопределенности информации. Процедура предусматривает анализ выявления несоблюдения условия поддержания требуемого уровня надежности структуры сети.

Ключевые слова: теория информации, мера неопределенности информации, подход Клода Шеннона, модель А.Я. Хинчина, структуры распределительных сетей.

Распределительные сети являются сложными техническим системам, одним из наиболее важных показателей которых выступает их надежность, отражающая требования по сохранению в требуемых пределах значений параметров, которые характеризуют выполнение функций сети в ходе эксплуатации [1]. Решение задачи по обеспечению требуемого уровня надежности сети нацелено на разработку и применение новаторских инструментов, потребность в разработке которых связана со своевременной обработкой данных, получением достоверных оценок и выработкой эффективных решений. В этой связи актуальной является разработка вычислительных процедур, направленных на решение данного рода задач [2].

Разработанная вычислительная процедура основывается на подходах к определению количества информации Клода Элвуда Шеннона и Андрея Яковлевича Хинчина. Одной из причин применения данного показателя является его универсальность в силу того, что показатель служит мерой близости состояния системы к равновесному [3]. В задаче же анализа и оценки уровня надежности распределительных сетей применение данного показателя позволит существенно облегчить процесс анализа путем разграничения показателя надежности на два несовместных состояния [4].

В качестве основы для разработки вычислительной процедуры в первую очередь послужил подход Клода Шеннона [5], базирующийся на формуле

$$H = - \sum_{i=1} p_i \log p_i,$$

которая является по своей сути обобщением формулы Ральфа Хартли [6], которая в свою очередь была применима лишь для равновероятных событий. Второй базовой основой выступила

$$H(AB) = - \sum_i \sum_j p_{ij} \log p_{ij},$$

формула Андрея Яковлевича Хинчина, которая отражает роль информационной энтропии в решении задачи передачи информации [7]. В данных формулах H – количество энтропии, p_{ij} – вероятность появления событий i и j в состояниях A и B . При этом формула А.Я. Хинчина имеет ключевое значение в решении описанной ранее задачи в силу возможности описывания полной системы событий элементов сети.

Рассматривая несовместные состояния сети с позиции структурной надежности, её элемент i характеризуется вероятностью работоспособного p_i и неработоспособного $q_i=1-p_i$ состояний. Данные состояния определяются исходя из наличия показателей надежности,

значения которых отвечают закономерностям распределения случайных величин и заносятся в статистический ансамбль состояний [8].

Работы К. Шеннона и А.Я. Хинчина подтверждают связь теории информации и теории вероятности, которая в свою очередь также связана с теорией надежности. С точки зрения анализа структурной надежности, разграничение по качественному признаку состояний на работоспособное и неработоспособное с целью расчета энтропии является обоснованным в связи с возможностью решения задачи выбора из множества вариаций. Количество энтропии системы в случае независимости и противоположности событий будет рассчитываться по формуле:

$$H_{\Sigma} = -\left(\sum_{i=1}^{N_1} p_i \log_2 p_i + \sum_{j=1}^{N_0} q_j \log_2 q_j\right), \quad \text{при условии} \quad \sum_{i=1}^{N_1} p_i + \sum_{j=1}^{N_0} q_j = 1, \quad (1)$$

$$p(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(t)}{N_0},$$

где p_i , q_j – вероятности несовместных состояний сети,

$$q(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{\sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0},$$

n_i – количество отказавших элементов; N_0 – общее количество элементов;

$N(t)$ – количество безотказно работающих элементов.

Выражение (1) формализует возможность получения конечного значения энтропии системы. В обобщенном виде оптимизационная задача предполагает наличие целевой функции и системы ограничений:

$$\sum_{i=1} c_i x_i \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$\begin{cases} H(P_{01}) \leq H^0(P_{01}); \\ H(P_{02}) \leq H^0(P_{02}); \\ \dots \\ H(P_{0l}) \leq H^0(P_{0l}); \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} p_{1i}^{x_{1i}} \cdot (-\log_2 p_{1i}) \leq H^0(P_{01}); \\ \sum_{i=1}^{n_2} x_{2i} p_{2i}^{x_{2i}} \cdot (-\log_2 p_{2i}) \leq H^0(P_{02}); \\ \dots \\ \sum_{i=1}^{n_l} x_{li} p_{li}^{x_{li}} \cdot (-\log_2 p_{li}) \leq H^0(P_{0l}); \end{cases} \quad (3)$$

где c_i – затраты; $H(P_{0l})$ – энтропия работоспособного состояния связи 0- l ; $H^0(P_{0l})$ – граничное значение энтропии; 0 – индекс источника питания; l – индекс потребителя электроэнергии.

Каждое неравенство в системе ограничений характеризует энтропию работоспособного состояния связи 0- l , сопоставляемую с граничным значением. Для того чтобы построить математические выражения левых частей системы ограничений можно воспользоваться подходом Клода Шеннона и методами минимальных путей/сечений. Согласно данным условиям, выражение (1) будет преобразовано к следующему обобщенному виду:

$$H_{\Sigma} = -\sum_{i=1}^N [H(p_i) + H(q_i)] = -\sum_{i=1}^N (p_i \log_2 p_i + q_i \log_2 q_i), \quad (4)$$

где N – число элементов в структуре системы; p_i и q_i – вероятности несовместных состояний элемента i ; $H(p_i)$ и $H(q_i)$ – информационные энтропии несовместных состояний элемента i . Выражение (4) позволяет определить суммарную энтропию системы.

В итоге была сформирована вычислительная процедура:

1. Формируется структура распределительной сети в виде графа, в котором: ветви –

элементы сети (оборудование, ЛЭП и др.); вершины – источник и потребители.

2. На основе статданных о состоянии элементов сети (частота отказов и время восстановления оборудования) определяются вероятности состояния элементов: $q_j = 1 - p_i$ и рассчитывается энтропия каждого элемента сети.

3. Строится целевая функция минимума затрат, имеющая линейный вид.

4. Для всех потребителей вычисляется величина граничного значения энтропии согласно категории надежности электроснабжения потребителя. Данный расчет осуществляется путем

$$p_i^0 = \frac{M_{pi}}{T}; \quad q_i^0 = \frac{M_{qi}}{T}.$$

вычисления вероятности состояний электроприемника по выражениям:

Полученные вероятности позволяют вычислить граничные значения энтропии состояний потребителей по формуле $H^0(Q_i) = -q_i^0 \log_2 q_i^0$.

5. Выделяется участок «источник-потребитель» (0-1), для которого строится левая часть ограничений.

6. Каждое полученное значение энтропии участка сети сопоставляется с величиной граничной энтропии потребителя. На основании их сопоставления делаются выводы о выполнении условия по обеспечению требуемого уровня надежности участка сети. В случае $H(Q_{0i}) < H^0(Q_i)$, то условие выполняется, в противном случае – не выполняется и необходимо принять ряд мер для повышения уровня надежности участка до требуемого значения, например, путем добавления резервных элементов [9].

В данной вычислительной процедуре предусмотрен анализ выявления несоблюдения условия поддержания требуемого уровня надежности рассматриваемой структуры. Можно констатировать, что предложенная процедура может быть использована на этапах проектирования распределительных сетей, сложность заключается лишь в сборе статданных для формирования статистического ансамбля показателей.

Список литературы

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения // Москва. Стандартинформ, 2016. – 28 с.
2. Farag Reda, Achintya Haladar A novel reliability evaluation method for large engineering systems // Ain Shams Engineering Journal. – 2016. – P. 1-13.
3. Дулесов А.С., Карандеев Д.Ю., Калугин Д.А. Оптимизация сетей технического назначения при заданных условиях соблюдения уровня структурной надежности // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 47-51. DOI: 10.17513/snt.37407
4. Dulesov A.S., Karandeev D.J., Khrustalev V. I., Dulesova N.V., Krasnova T.G. Determining the number of redundant elements of the distribution network in compliance with the specified amount of information entropy // Journal of Physics: Conference Series, APITECH. – 2019. – Vol. 1399. – P. 1-6. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055030
5. Hartley R.V.L. Transmission of Information // Bell System Technical Journal. – 1928. – Vol. 7(3). – P. 535–563.
6. Shannon C.E. Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27(1). – P. 379–423.
7. Хинчин А.Я. Понятие энтропии в теории вероятностей // УМН. 1953. – №3(55). – С. 3–20.
8. Семенов А.П., Лакин И.К., Хромов И.Ю. Информационная энтропия систем технического диагностирования локомотивов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3 (67). – С. 42-53. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.3(67).42-53
9. Karandeev D.J., Dulesov A.S., Bazhenov R.I. and Karandeeva I.J. Calculation of the optimal number of redundant elements of power systems using the Lagrange multipliers method and information theory // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, MIP Engineering. – 2020. – Vol. 862. – P. 1-6. DOI:10.1088/1757-899X/862/6/062026

05.13.01

¹Г.В. Кузнецова, ²А.А. Морозов, ¹Т.А. Морозова, ¹С.А. Шальнов канд. техн. наук

¹ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, azazara@rambler.ru, morozova_ta_66@mail.ru

²Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы»,
Москва, aamorozko@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

В статье обосновывается целесообразность введения в учебный процесс вузов информационных образовательных технологий. Это позволит существенно сократить недостатки в обеспечении подготовки специалистов технического направления, основным источником которых является разрыв между современными требованиями к кадрам, способным обеспечить создание приоритетных образцов техники и возможностями современного образования. Использование информационных образовательных технологий в процессе обучения позволит обеспечить подготовку специалистов технического направления нового уровня.

Ключевые слова: *информационные технологии, система образования, вуз, дистанционное обучение, интенсивные технологии обучения.*

Подготовка специалистов технического направления – это важный этап подготовки кадрового состава для ракетно-космической отрасли, базирующийся на использовании широкого спектра традиционных, новых информационных и телекоммуникационных технологий и технических средств. Это позволяет создать условия для изучения образовательных дисциплин, соответствующих современным стандартам диалогового обмена обучающихся технического направления с преподавателями вузов и сотрудниками предприятий ракетно-космической промышленности и учитывающих возможную удаленность учебных заведений и предприятий, что повлечет за собой необходимость применения новых образовательных технологий.

Актуальность использования этих технологий в образовательных учреждениях обязывает внести коррективы в список требований к отечественной системе образования, позволяющие быстро и наиболее продуктивно реагировать на изменение ситуации в образовательной деятельности вузов, а также для повышения конкурентоспособности самой системы образования. Без единой стратегии развития информационных технологий трудно надеяться на создание эффективной модели управления образовательным процессом.

Анализ состояния информатизации в области образования показывает, что в большинстве вузов с развитой информационной инфраструктурой персонал и студенты не удовлетворены качеством данных в корпоративных средах, а точнее, недостатком нужной информации и избытком некорректной или устаревшей. У сотрудников и преподавателей часто нет возможности оперативно опубликовать учебные материалы или справочно-нормативные документы так, чтобы они были доступны определенной целевой группе. В учебном процессе имеется явный дефицит качественных цифровых учебно-методических материалов, а то, что есть, трудно «донести» до студента, поскольку различные материалы (программы, презентации, видеолекции, индивидуальные задания, тесты, руководства и др.) не связаны логически в единый комплекс или банк данных. Также есть проблемы с разграничением прав пользователей при доступе к данным и управлением самими информационными ресурсами. А недавно добавилась еще одна проблема: необходимо обеспечить защиту персональных

данных в соответствии с требованиями вступившего в силу Федерального закона «О персональных данных». И часто отсутствует информационно-аналитическая поддержка для ключевых задач управленческого учета.

Назрела потребность более активно применять в учебном процессе информационные образовательные технологии. Поэтому можно выделить основные направления для исследований:

- повышение качества и эффективности обучения;
- повышение заинтересованности в получаемом и излагаемом материале как самих обучающихся, так и преподавателей;
- создание более легкодоступной информационной библиотеки;
- объединение либо комбинирование учебной, учебно-исследовательской, научной деятельности вуза и, в частности, кафедры;
- введение компьютерного тестирования как одной из форм контроля усвоения учебного материала;
- внедрение в учебный процесс элементов информационных технологий, таких как имитационное моделирование, наглядная визуализация учебного материала, дистанционное обучение и др.

В настоящее время образовательные технологии в мире развиваются в основном на основе университетов, которые, в свою очередь, занимаются трансляцией образовательных программ на другие формы образования, к которым можно отнести, например, подготовку специалистов на базовых кафедрах. Что позволяет нам говорить о создании непрерывного образовательного процесса в контексте программы подготовки и переподготовки кадров для ракетно-космической промышленности. Поэтому интерес представляет создание систем, использующих новые образовательные технологии именно на базе университетов.

Кроме того, отдельные коммерческие компании, не относящиеся к ракетно-космической промышленности, готовы использовать элементы информационных технологий в своей профессиональной деятельности, в частности, дистанционные образовательные программы, составляющие четвертую часть всех программ по данной форме. Сам образовательный процесс основывается на интенсивных технологиях обучения (ИТО).

К разряду ИТО, нашедших свое применение в сфере бизнеса, можно отнести компьютерные технологии, технологии графического, матричного и стенографического сжатия информации, технологии проблемной ориентации, технологии тотальной индивидуализации и др. [1-2].

В ИТО входят технологии, оптимально обеспечивающие формирование у специалистов технического направления императива генерирования и воспроизводства новых знаний, то есть таких профессиональных качеств, которые наиболее востребованы на рынке труда.

Для формирования технологической базы системы непрерывного многоуровневого интегрированного образования необходимо:

- во-первых, отдать предпочтение интенсивным и высоким (в том числе, интеллектуальным) технологиям обучения;
- во-вторых, признать приоритет информационных компьютерных технологий, которые в наиболее полной мере соответствуют сформированным выше требованиям, предъявляемым к специальным образовательным технологиям, и в той или иной мере используются в большинстве перечисленных технологиях обучения.

Средства дистанционного образования являются весьма действенным инструментом познания, революционизирующим образовательный процесс на основе создания информационных технологий обучения. С их помощью становится возможным осуществить переход от традиционного репродуктивного обучения к продуктивному обучению.

В такой модели информационные технологии перестают быть подручным средством, они становятся системообразующим фактором системы образования.

К учебному процессу привлекаются банки данных, базы данных и знаний. Поэтому студент приобретает знание не просто в образовательной сети, а в научно-образовательной. При этом повышается эффективность решения задач, стоящих перед системой образования, и качественный уровень взаимодействия между элементами системы. В данном случае уместно рассматривать процесс системной интеграции, проходящий последовательно этапы от накопления в системе интеграционных предпосылок до определенного уровня готовности.

Главная интеграционная предпосылка состоит в следующем: не обязательно иметь в каждом образовательном учреждении все ресурсы, сама задача состоит в том, чтобы из каждой географической точки, где организован процесс преподавания или получения знаний, обеспечить доступ к образовательным ресурсам. В чем и заключается концептуальное обоснование и идеология развития новых технологий образования.

Реализацию внедрения информационных технологий в образование необходимо начать с того, что все обучающиеся, вне зависимости от направления обучения и изучаемых дисциплин, должны знать и понимать, как учиться. Обучающиеся должны иметь возможность пользоваться активной средой обучения, где преподаватель представляет материал выразительно и наглядно. Таким образом, информация от профессионала к обучаемому передается с помощью визуализации, образно, что позволяет добиться хорошего усвоения программы обучения, чем просто при изучении соответствующей рекомендованной литературы.

Причем речь идет не только о мультимедиа-технологиях. Важно осознавать все элементы в их взаимодействии и в динамике, а также оперировать не фотографиями или кадрами, а целыми объектами.

Такая подача знаний позволит не просто запоминать и воспроизводить представленную на занятиях информацию, но и научит мыслить логически, образно, находить нестандартные решения задач, принимать ответственные решения, выполнять реальные действия в реальных условиях, что необходимо хорошему специалисту в технической области.

При создании технической и образовательной поддержки процесса подготовки специалистов по техническим специальностям необходимо учесть следующие основные моменты:

- должны быть разработаны принципы формирования основных положений профессиональных стандартов, учебных планов, учебных программ и электронных учебников нового типа, предусматривающих различные формы сочетания очного и дистанционного обучения. Необходимо, чтобы электронный учебник обеспечивал изучение нового не только через изучение написанной теории, а в сочетании с выполнением практических и лабораторных работ;

- проведены организация и анализ деятельности преподавателей, являющиеся главным условием развития учебно-методического обеспечения любой кафедры ВУЗа;

- должна учитываться возможность выбора индивидуальной образовательной траектории учащимися, группами учащихся или преподавателями. Здесь важна роль вариативной составляющей программы подготовки обучающихся.

Современность диктует необходимость модернизации не только высшего профессионального образования, но и всего образовательного процесса в целом:

- совершенствование используемых инновационных образовательных и информационных технологий при проведении учебного процесса, используя сочетание традиционных технологий очного обучения и возможности электронного и дистанционного видов обучений;

- формирование востребованных профессиональных умений и навыков у выпускников, которые должны уметь анализировать требования к рассматриваемой системе, разрабатывать решения на основе результатов исследования, владеть инструментами анализа и синтеза, методами обработки данных, формировать требования к системам и методам, уметь оценивать качество, эффективность и надежность системы;

- введение на уровне ВУЗа совместно с предприятием недостающих компетенций;

- соответствие выпускных квалификационных работ интересам предприятий;
- ежегодное обновление основной образовательной программы с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, технологий и социальной сферы.

Существуют определенные системные недостатки в обеспечении подготовки специалистов технического направления. Основным источником этих недостатков – разрыв между современными требованиями к кадрам, способным обеспечить создание приоритетных образцов ракетно-космической техники и возможностями современного уровневго образования. Использование информационных образовательных технологий в процессе обучения позволит обеспечить подготовку специалистов технического направления нового уровня, учитывая требования предприятия, которое рассматривает эту подготовку как составную часть подсистемы управления кадрами в контексте программы подготовки и переподготовки кадров для ракетно-космической промышленности.

Список литературы

1. Информатизация образования: направления, средства, технологии / Под общ. ред. С.И. Маслова – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 868 с.
2. Новый подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам / Ю.В. Арбузов, В.Н. Леньшин, С.И. Маслов и др. - М.: Центр-Пресс, 2000. - 238 с.
3. *Норенков И.П.* Системные вопросы дистанционного обучения // Информационные технологии. – 2001. - №3. – С.17-21.

05.13.01

¹П.Н. Кузьмичев, ¹С.Ю. Меженин, ²Ю.С. Егоров

¹ООО «Газпром проектирование»,
²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»,
кафедра «Электроника и сети ЭВМ»,
kupavnik@bk.ru, megenin@mail.ru, ckar@list.ru

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрен подход к проектированию сети технологической связи для объектов трубопроводного транспорта, который позволит повысить эффективность принимаемых решений за счет оптимизации системно-сетевых и технико-экономических характеристик проектируемого объекта. Формализация в процессе принятия системно-сетевых решений по организации связи позволит проводить анализ значительно большего объема исходных данных, снизить временные затраты и повысить качество принимаемых при этом решений. Предлагается создание паттернов (шаблонов) для повышения эффективности решения типовых задач системного проектирования в рамках некоторого часто возникающего контекста. В результате проектировщики получают доступ к корпоративной базе актуальных знаний, включающей шаблоны проектирования, а ведущие специалисты и руководители – обоснование для принимаемых решений.

Ключевые слова: *трубопроводный транспорт, сеть технологической связи, системно-сетевые решения, система поддержки принятия решений, онтология.*

В настоящее время при проектировании сетей технологической связи трубопроводного транспорта часто возникают вопросы, связанные с эффективностью ее использования, что в ряде случаев ставит под сомнение целесообразность строительства того или иного объекта телекоммуникаций. На практике возникает необходимость оптимизации системно-сетевых и технико-экономических характеристик проектируемого объекта связи, определяющих его функционирование. Выбор таких характеристик не может производиться изолированно, а напротив должен осуществляться комплексно с учетом рассмотрения работы проектируемого объекта, как составного элемента большой многоканальной распределённой сети связи, включающей сегменты проводной и беспроводной связи (фиксированной прямой видимости радиорелейной и спутниковой, также мобильной транкинговой) [1, 2].

С целью обеспечения организационно-технического единства и целостности систем связи трубопроводного транспорта на начальном этапе проектирования осуществляется разработка системно-сетевых решений по организации связи. Такие работы охватывают большую область знаний, включая сетевое планирование, технологии передачи информации, типы используемого оборудования, выбор среды передачи информации [3]. Требуется проведение анализа большого объема данных в части текущего состояния сети, выполненных и планируемых к выполнению проектов, планов развития сети связи на ближайшую и отдаленную перспективу, тенденций в использовании новых технологий передачи информации, технико-коммерческих предложений поставщиков оборудования.

В качестве дополнительного инструмента, который мог бы существенно облегчить процесс принятия системно-сетевых решений, предлагается использование современных подходов и технологий моделирования процессов, позволяющих без весомых затрат быстро фиксировать все необходимые связи, а также очень быстро отвечать на ежедневные вопросы по проекту и генерировать согласованные между собой документы, тратя минимум времени на управление изменениями. Примеры таких ежедневных вопросов приведены на рис. 1.

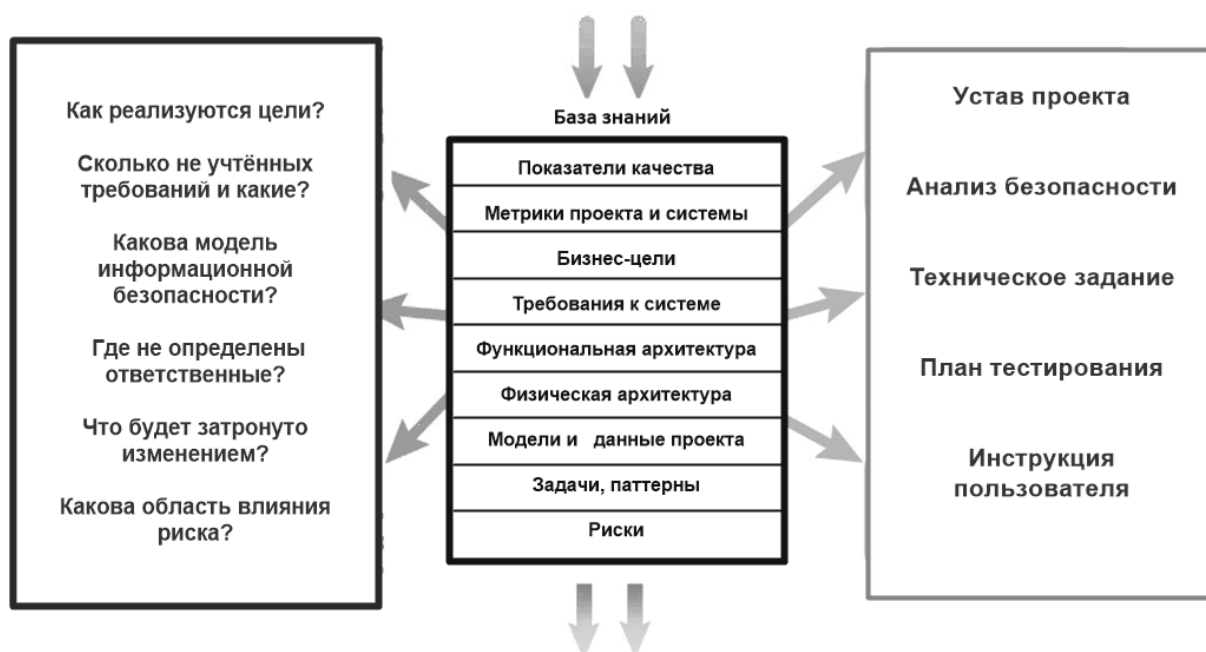


Рис. 1 – Подход к проектированию и обслуживанию с использованием корпоративной базы знаний

Подход к проектированию должен быть систематизированным, организованным. На практике это означает, что команда проекта должна хорошо представлять сами этапы проектирования и какие в рамках каждого этапа создаются проектные данные, например: варианты использования, функциональные требования и т.д. Чтобы обеспечить сквозную прослеживаемость – трассируемость требований, необходимо чётко описать допустимые связи между этими проектными данными, их направление и семантику (смысл) [4].

Представляется возможным формализовать процесс проектирования сети технологической связи для объектов трубопроводного транспорта на основе карт концептов, позволяющих представлять объекты в виде системы взаимосвязанных понятий и концепций, которая является необходимой и достаточной для описания требуемых аспектов этих объектов.

На рисунке 2 представлен фрагмент карты концептов, описывающей процесс проектирования сети технологической связи для управления объектами трубопроводного транспорта.

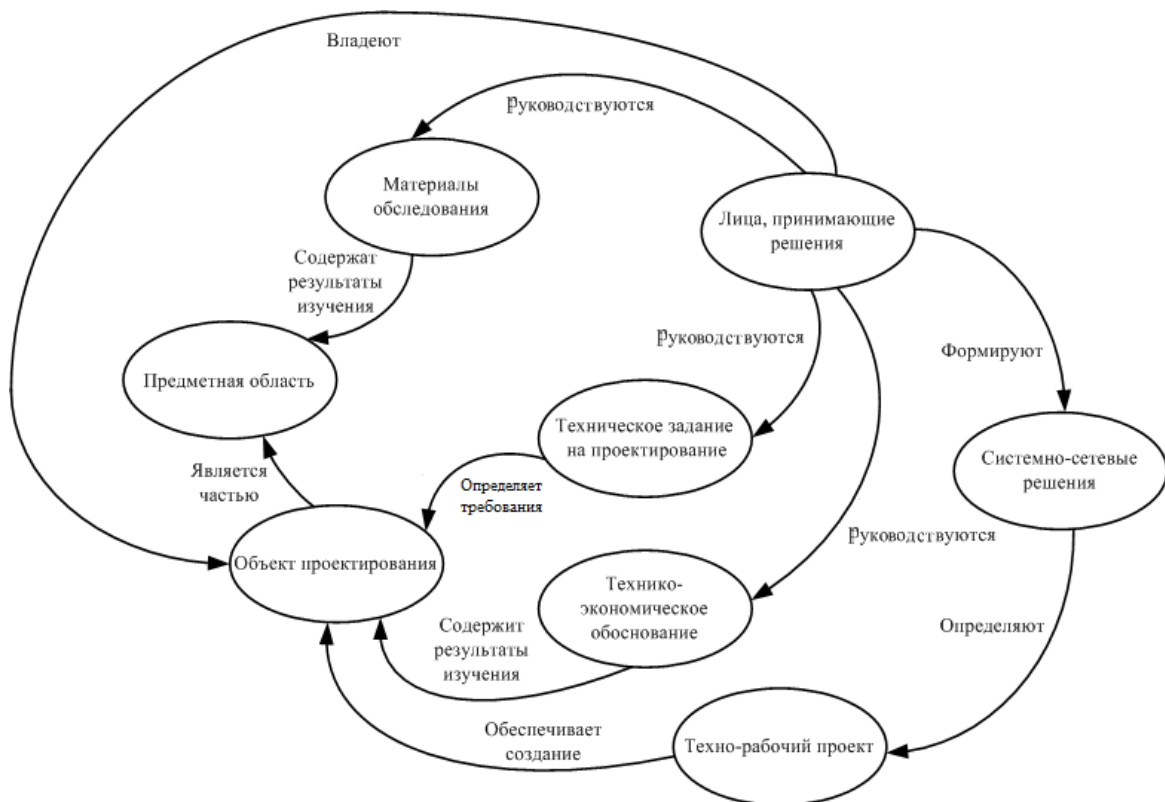


Рис. 2 – Фрагмент карты концептов процесса проектирования сети технологической связи для объектов трубопроводного транспорта

Применительно к процессу проектирования сети технологической связи это позволит формализовать описание знаний участников каждого конкретного проекта о процессе проектирования и технических решениях, принятых в рамках других – новых или модернизируемых объектов. Корпоративная база знаний должна состоять из тезауруса – словаря определений предметной области, сведений о самом объекте проектирования и близких к нему по свойствам объектах, а также ранее разработанной документации.

Онтология проектирования сети технологической связи может включать партономию – иерархическую структуру подсистем и элементов сети связи, таксономию, представляющую классификацию технологических сетей по различным основаниям и атрибутивную структуру, содержащую описание характеристик и параметров сетей связи.

Реализация онтологий с использованием соответствующих инструментальных средств будет способствовать интеллектуальной поддержке процесса проектирования посредством процедур извлечения знаний, логического вывода, многокритериального выбора системно-сетевых решений. Онтологическая модель процесса системно-сетевого планирования также позволит проводить анализ и интеграцию системно-сетевых решений, разработанных в рамках других проектов.

Онтологическая модель должна удовлетворять следующим требованиям [5]:

- функциональная полнота – наличие в онтологии всей необходимой для решения поставленных задач информации;
- общность – возможность определения степени разделения различных сущностей, таких как, например, оценка величины трафика, определение пропускной способности, выбор технологии и типов оборудования;
- эффективность – в первую очередь, наличие в онтологии эффективного вывода информации, в том числе с разделением памяти по времени;
- ясность и понятность – легкое понимание всеми возможными пользователями;
- точность и детализация – разделение онтологических примитивов по смыслу;
- отсутствие избыточности – возможность решений поставленных задач при минимально необходимом объеме исходных данных.

На уровне концептуального проектирования можно выделить три вида схем: концептуальная схема системно-сетевых решений, содержащая перечень основных понятий; концептуальная схема информационного источника, описывающая формализованное представление исходных данных и содержащая требования к отображению информации на уровне пользователя; концептуальная схема системно-сетевого проектирования, описывающая согласование и объединение концептуальных схем системно-сетевых решений и информационных источников.

На уровне исходных данных должен формироваться набор моделей отображения информации, содержащих набор атрибутов в привязке к объектам проектирования и понятиям системно-сетевых решений.

Так, например, процесс разработки системно-сетевых решений по организации связи в части телекоммуникационных объектов включает в себя [6]:

- оценку объёма входящего трафика, текущей и ожидаемой загрузки сети в штатном и аварийном режимах работы;
- выбор среды передачи и базовых сетевых технологий (методов коммутации и алгоритмов информационного обмена);
- синтез топологии сети с учетом всей номенклатуры и объемов предоставляемых и перспективных услуг связи;
- оптимизацию структуры сети с учетом схем маршрутизации информационных потоков и правил группообразования цифровых трактов;
- определение конструктивно-технических характеристик сети и поэлементного состава сетевого оборудования связи;
- анализ полученной реализации сетевых решений на предмет соответствия необходимому уровню надежности, живучести и защищенности с возможной корректировкой исходных данных и предъявляемых к сети требований.

Таким образом, в процессе системного проектирования может быть создан паттерн проектирования (или шаблон), обеспечивающий возможность решения задач системного проектирования в рамках некоторого часто возникающего контекста [7]. При этом шаблон не является законченным образцом – это лишь пример решения задачи, который можно использовать в различных ситуациях. Упорядоченная совокупность проиндексированных шаблонов проектирования должна составлять «архив проектов».

В рамках данной работы проект понимается как целостная совокупность моделей, свойств или характеристик, описанных в форме, пригодной для реализации технической системы и последующего многократного использования в других проектах. Проект является результатом проектирования – процесса принятия системно-технических решений относительно структуры, компонентов и других характеристик технической системы, а также ее составных частей и разработка проектной документации.

На практике в соответствии с требованиями технического задания (далее – ТЗ) на проектирование сети технологической связи на выбор проектных решений определяющее влияние оказывает определение типа проектируемых линий связи (РЛЛ – радиорелейная, ВОЛС – волоконно-оптическая, КЛС – кабельная, спутниковая линия связи и др.) [8]. При этом выбор осуществляется исходя из типовых системных решений по применению различных линий связи и их технико-экономического сравнения. В рамках развиваемого подхода предлагается каждый новый проект сравнивать с шаблонами в «архиве проектов» по заранее определенным (типовым) характеристикам.

Установление степени соответствия нового проекта одному или нескольким паттернам из архива проектов, предопределяет возможность использования накопленного опыта и позволит значительно снизить затраты ресурсов – временных, финансовых, а также человеческих. Кроме того, в значительной мере уменьшаются проектные риски, связанные с наиболее критичными ошибками на ранних этапах проектирования, что в свою очередь, позволит снизить стоимость доработок или перепроектирования. Известно, что чем позднее выявлены несоответствия или ошибки, тем выше стоимость их исправления в будущем.

Для выбора прототипа (или проекта-аналога) из множества ранее выполненных проектов необходимо определить критерий и сформировать постановку задачи дискретной оптимизации. Поскольку задача является многокритериальной, то на первом этапе решения определяется множества Парето-оптимальных альтернатив (множество Парето) A_P . Выделение области допустимых решений A_D , удовлетворяющих всем ограничениям, позволяет отбросить заведомо неудовлетворительные (недопустимые) A_H альтернативы $A_D \cup A_H = A$. Принятые ранее проектные решения будем считать допустимыми, если обеспечено соответствие требованиям ТЗ на проектирование нового (планируемого) объекта, что можно представить в виде условий:

$$Q \geq Q_{TЗ}, T \leq T_{TЗ}, C \leq C_{TЗ}, \quad (1)$$

где Q – обобщенный показатель технического качества ранее выполненного проекта, связанный с функциональными требованиями, T – срок разработки, C – стоимость проектирования; $Q_{TЗ}$ – требуемое значение обобщенного показателя функциональных требований ТЗ на новый проект, $T_{TЗ}$ – заданная продолжительность срока разработки нового проекта, $C_{TЗ}$ – приемлемые затраты на проектирование нового объекта, определяемые на основе сметного расчета.

Условие (1) можно использовать для определения множества допустимых решений

$$A_D = \{a \in A | Q(a) \geq Q_{TЗ}, T(a) \leq T_{TЗ}, C(a) \leq C_{TЗ}\}. \quad (2)$$

Таким образом, все альтернативы $a \in A_D$ должны удовлетворять ТЗ.

Для определения проекта-аналога воспользуемся подходом, основанным на применении нечеткой логики и функций принадлежности специального вида, разработанным в [9] и развитым в [10].

Для решения задачи многокритериального выбора будем искать решение среди Парето-оптимальных альтернатив, удовлетворяющих требованиям ТЗ (2), т.е. на пересечении множеств $A_P \cap A_D$. Если множество $A_P \cap A_D$ содержит несколько альтернативных проектов, то их ранжирование будет зависеть от способа решения задачи многокритериального выбора.

Так выбор наилучшего варианта может осуществляться путем сведения многокритериальной задачи выбора к однокритериальной с использованием дополнительной информации, отражающей предпочтения проектировщика – лица, принимающего решения (ЛПР). Перейти к однокритериальной задаче позволяют методы свертки векторного критерия. Достаточно широко применяется метод аддитивной свертки критериев, основанный на оптимизации (например, максимизации) взвешенной суммы нормированных частных целевых функций

$$\bar{J}(a) = \sum_{i=1}^3 w_i J_i(a) \quad (3)$$

где $J_i(a)$ – нормированные частные целевые функции, w_i – веса, характеризующие

важность частных целевых функций такие, что $\sum_{i=1}^3 w_i = 1$.

Нормировку частных целевых функций предлагается выполнить так, чтобы максимизация (3) обеспечивала максимизацию относительного «запаса» выполнения ограничений (1) с учетом важности отдельных частных целевых функций

$$J_1(a) = \frac{T_{TЗ} - T(a)}{T_{TЗ}}, \quad J_2(a) = (C_{TЗ} - C(a))/C_{TЗ}, \quad J_3(a) = (Q(a) - Q_{TЗ})/Q_{TЗ}. \quad (4)$$

Другой, более простой подход к решению задачи многокритериального выбора основан на определении проектировщиком главной целевой функции. Так при выборе в качестве главной целевой функции $J_1(a) = J_2(a)$ задачу поиска наилучшего проекта-аналога можно представить в виде

$$\hat{a} = \arg \max_{a \in A_{\Pi} \cap A_{\text{Д}}} J_2(a) = \arg \min_{a \in A_{\Pi} \cap A_{\text{Д}}} C(a) \quad (5)$$

Основной ожидаемый эффект заключается в снижении проектного риска R и средней стоимости проектирования за счет переиспользования системно-технических решений, и минимизации «переделок», а также в увеличении доли проектов, выполненных в срок.

$$R = P_{\text{ош}} C_{\text{иош}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{ош}}$ – вероятность ошибки, $C_{\text{иош}}$ – стоимость исправления ошибки.

Таким образом, на основе предлагаемого подхода обеспечивается возможность повторно использовать принятые ранее системно-технические решения, соответствующие требованиям к новому объекту. Интеллектуальная поддержка процесса проектирования сети технологической связи для объектов трубопроводного транспорта будет способствовать повышению эффективности принимаемых решений за счет использования корпоративной базы знаний, содержащей сведения о ранее выполненных проектах («архив проектов») и онтологической модели процесса проектирования.

Список литературы

1. Горев П.В., Кузьмичев П.Н., Меженев С.Ю. Определение сетевых требований к объектам связи // XVIII Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2016»: Непрерывное профессиональное образование в сфере устойчивого развития (экологическая, гидрометеорологическая, энергетическая безопасность)», 17 – 20 мая 2016 г. / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; отв. ред. А.А. Лапшин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. С. 199-202.
2. Савченков С.В., Смычѣк М.А., Милов В.Р., Новиков Н.В. Способы оценки и анализа радиопокрытия проектируемой сети технологической подвижной радиосвязи // Электросвязь. 2011. № 2. С. 30-33.
3. Ремешков В.Ю., Милов В.Р. Метод многокритериального выбора оптимального проектного решения по технологической связи магистральных газопроводов с учетом надежности направлений информационного обмена // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 4. С. 132-150.
4. Мадорская Ю.М., Тимофеев А.Н. Базовый курс по 3SL Cradle // Учеб. пособие. – СПб.: ООО «САТУРС», 2020. – 281 с.
5. Новиков Н.В., Милов В.Р., Алексеев В.В., Севрюков А.А. Структурно-параметрическая оптимизация технологических сетей подвижной радиосвязи // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8. № 2. С. 55-59.
6. Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем // Новости искусственного интеллекта. № 2. 2003. С. 24-30.
7. Методы проектирования информационно-управляющих и телекоммуникационных систем. Монография / Под ред. В.Р. Милова, В.Г. Баранова. – М.: Радиотехника, 2016. – 216 с.
8. Ремешков В.Ю., Писарев О.В., Милов В.Р. Применение автоматизированного алгоритма расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей для анализа надежности технологических сетей связи в газовой отрасли // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 152.
9. Баранов В.Г., Седаков Д.В., Милов В.Р. Способ управления конфигурацией информационных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2017. № 8 (15). С. 26-33.
10. Скрипник И.В., Егоров Ю.С. Выбор системно-технических решений при построении радиосвязного оборудования с применением аппарата нечеткой логики // Проектирование и технология электронных средств. 2019. № 3. С. 21-27.

05.13.01

¹А.Т. Кулаков д-р техн. наук, ¹Е.П. Барыльникова канд. техн. наук,
¹З.А. Аюкин канд. техн. наук, ¹В.Н. Никишин д-р техн. наук,
¹И.П. Талипова канд. техн. наук, ²Р.Ф. Калимуллин д-р техн. наук, ³Н.А. Шерстнев

¹Набережночелнинский институт (филиал)
 ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
²Оренбургский государственный университет,
³АО «Ремдизель»,
 Набережные Челны, 692401@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ СМАЗКИ ДИЗЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье рассмотрено развитие методов и системы управления испытаниями элементов системы смазки дизелей с оценкой наряду со статическим давлением по стендовому манометру, колебаний давления и величины запаса производительности маслонасоса.

Ключевые слова: система смазки, производительность масляного насоса, управление сдаточными испытаниями двигателей, запас производительности маслонасоса, контроль давления в системе смазки, колебания давления.

Введение

Одним из важнейших параметров смазочной системы двигателя является производительность масляного насоса, которая характеризуется количеством масла, проходящего через систему в единицу времени. При проектировании не существует методики точного расчета, а для испытаний производительность насоса задается на основе опыта в зависимости от мощности двигателя: для карбюраторных $Ne = 8...20$ л/ч, для дизелей $Ne = 15...40$ л/ч [1,3]. Для стабилизации давления масла на каком-то не всегда обоснованном уровне, независящем от эксплуатационных параметров системы смазки и потребителей, в том числе подшипников коленчатого вала, масляный насос проектируют с небольшим запасом производительности (не менее двукратного).

Численное моделирование

Чрезмерное увеличение давления и расхода масла является нежелательным, так как требует больших затрат мощности на привод насоса и увеличения его размеров.

Определение размеров шестерен насоса по заданной производительности выполняется приблизительно, исходя из предположения, что впадины между зубьями по объему равны зубьям. Тогда объем масла, поданный двумя шестернями за один оборот, равен:

$$V_1 = \pi \cdot D \cdot h \cdot b \text{ мм}^3, \quad (1)$$

где D – диаметр начальной окружности; h – высота зуба, мм; b – длина зуба, мм.

Принимая $h = 2m$, где m – модуль зацепления, получаем теоретическую производительность при данных размерах и частоте вращения ведущей шестерни n .

$$V_0 = \frac{2\pi \cdot D \cdot m \cdot b \cdot n \cdot 60}{10^6} = \frac{D \cdot m \cdot b \cdot n}{2660} \text{ л/ч}, \quad (2)$$

С учетом потерь, действительная производительность

$$V = \mu \frac{D \cdot m \cdot b \cdot n}{2660} \text{ л/ч}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент подачи насоса, учитывающий утечки масла через неплотности (зазоры) и другие факторы ($\mu=0,6-0,8$). Величина μ увеличивается при возрастании длины зуба, так как снижается относительное влияние торцового протекания масла.

Из приведенных доводов следует, что основные параметры подачи масла в процессе эксплуатации практически не изменяются. Изменяется только коэффициент μ , учитывающий торцовый износ шестерен и корпуса насоса, снижение производительности из-за этого износа не превышает 2-5% в зависимости от скоростного режима [1]. Поэтому при достаточном запасе производительности масляного насоса должна быть обеспечена и сохранена стабильная смазка подшипников коленчатого вала (до 70-80% всего расхода масла) и других узлов двигателя на протяжении всего срока эксплуатации ДВС [2].

Постановка задачи

Обеспечение заданного давления в масляной системе при изменяющихся температурном, скоростном режимах и при различной степени изношенности двигателя КАМАЗ осуществляется клапаном системы смазки (КСС) или редукционным клапаном), настроенном на поддержание давления в главной масляной магистрали двигателя 0,4-0,45 МПа [3,4]. При этом значении давления в системе открывается клапан, и в дальнейшем возрастает расход через него на слив и стабилизируется давление в системе. Запас производительности призван и должен обеспечить стабильную «полку» (рис. 1, линия 2) на весь период эксплуатации.

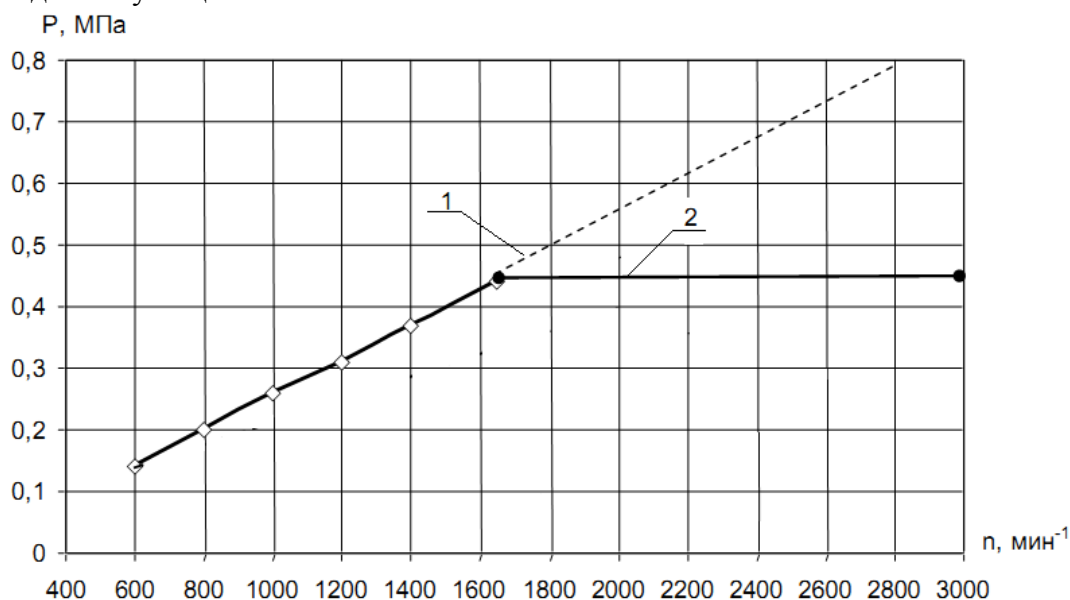


Рис. 1 - Требуемая характеристика давления в системе смазки двигателя КамАЗ 740.10 по частоте вращения [5]

Результаты эксперимента

В масляной системе при сдаточных испытаниях завода-изготовителя на новых двигателях реализуются различные характеристики давлений, зависящие от первоначальных зазоров в сопряжении двигателя и настройки КСС (рис. 2), они нестабильны и даже критичны.

Кривые 6 и 7 (рис. 2) указывают на отсутствие запаса производительности по отсутствию точки перегиба; кривые 1, 2, 3 указывают на наличие запаса; 4 и 5 – на малый запас. Двигатель с характеристикой 7 не проходит заводские испытания из-за низкого давления (менее 0,4 МПа) и подлежит переборке, как правило, заменяется масляный насос. Не удивительно, что в процессе эксплуатации вследствие изнашивания среднее давление на номинальном режиме снижается до 0,25 МПа и ниже. Это указывает на выработку запаса производительности маслонасоса, поскольку он незначителен, и это является недопустимым параметром на выпускаемых в эксплуатацию двигателях при испытаниях. Проводился комплекс исследований по возникновению в приводе маслонасоса колебаний из-за работы клапана системы смазки (КСС), а также их влияния на отказы [2,3].

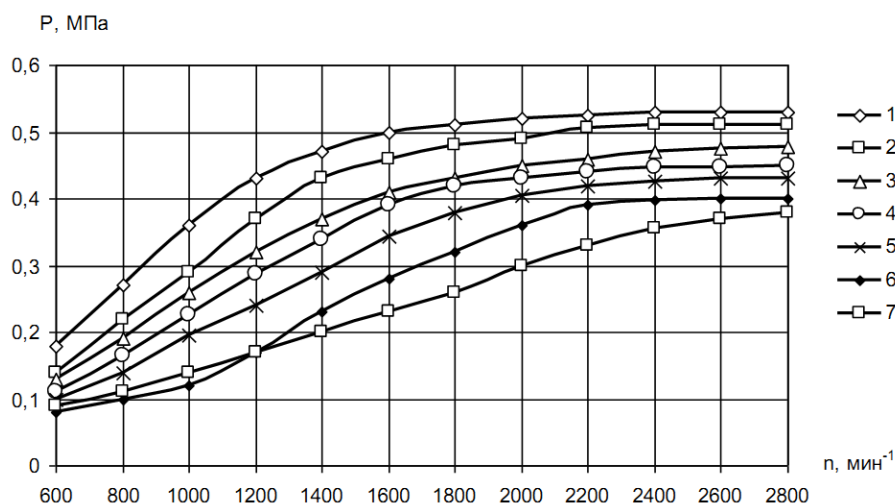


Рис. 2 – Характеристики давлений в главном масляном канале 7 новых серийных двигателей КамАЗ-740.10 без нагрузки (температура масла $t_m=80\ldots90^0\text{C}$) при заводских испытаниях [5]

Исследования по двигателям КамАЗ 740.11 -240 с исключением из работы КСС глушением трубки 15 (рис. 3) показали, что на испытательном стенде это приводит к росту давления на 0,02 МПа. Установлено, что это источник потерь [2]. В эксплуатации и при ремонте двигателей специалисты зачастую исключают из работы КСС, одновременно настраивая предохранительный клапан подрезкой пружины на давление 0,55-0,65 МПа, и обходясь при этом одним клапаном в нагнетательной секции.

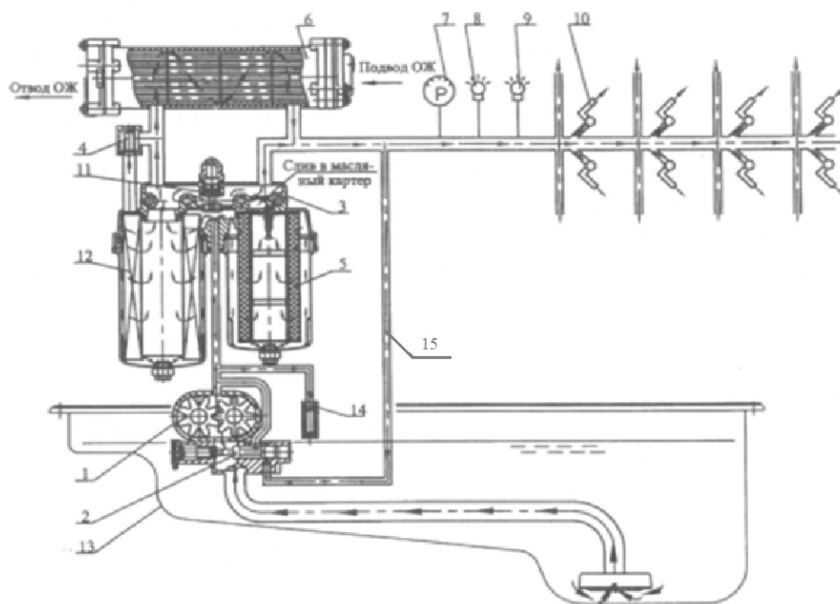


Рис. 3 - Схема смазочной системы двигателя КамАЗ-740.11 [6]:

- 1 - насос масляный; 2 – клапан системы смазки (КСС); 3 - фильтр; 4 - перепускной клапан;
- 5 - частично-поточный фильтроэлемент; 6 - водомасляный теплообменник;
- 7,8 и 9 - приборы контроля; 10 - форсунки охлаждения поршней; 11 - термклапан;
- 12 - полнопоточный фильтроэлемент; 13 - картер масляный;
- 14 - клапан предохранительный; 15-подводящая трубка

Неустойчивая работа КСС на нагретом двигателе, колебания и скачки давления способствуют возникновению в приводе маслоснасоса вибраций, и, как следствие, к поломке зубьев шестерен привода насоса (на самом насосе и на коленчатом валу, в срезе сегментных шпонок и разбитию пазов ведущих валов, повышенному износу бронзовых втулок подшипников скольжения, разрушению валика масляного насоса по посадочному месту под

шпонку приводной шестерни и сходу приводной шестерни с пробоем масляного картера [2].

Для исключения отказов и поломок на масляных насосах двигателей КАМАЗ проводилось большой объем конструкторско-технологических улучшений. Однако, внедренные заводские доработки не позволили исключить отказы масляных насосов и двигателя в целом.

Необходимо разработать и дополнить методики испытаний элементов системы смазки по оценке запаса производительности маслонасосов, влияющих на работоспособность в процессе эксплуатации. Запас производительности должен быть значимым параметром при испытаниях, как запас прочности: двигатели нельзя выпускать с завода и эксплуатировать при недостаточности давления из-за необеспечения подвода масла к потребителям в необходимом объеме. Кроме того, малый запас производительности или его выработка до нуля в период эксплуатации возбуждают колебательный процесс в масляной системе с провалами и скачками давления, а также гидроудары, источником которых является сам клапан системы смазки, и соответственно становится причиной поломок в приводе маслонасоса и других элементах системы.

Заключение

В рамках данной статьи сформирована стратегия коррекции управления испытаниями и предложены параметры, определяющие работоспособность дизелей в эксплуатации, которые необходимо обеспечивать при сдаточных испытаниях соответствующим контролем.

Предлагается развитие методов и системы управления испытаниями элементов системы смазки дизелей, для чего в методику процесса сдаточных испытаний двигателей целесообразно ввести операцию контроля запаса производительности путем принудительного слива масла из области высокого давления 30-40 л/мин (40-50% производительности), имитирующих изнашивание двигателя, на режимах от номинального до максимального крутящего момента и контроля давления в системе смазки, которое должно сохраняться на заданном уровне не ниже 0,40 МПа при отсутствии колебаний давления. Слив производить с полнопоточного фильтра открытием крана через с измерением расходомером, статическое давление контролировать по стендовому манометру, и дополнительно колебания давления измерять датчиком давления ф. НВМ Р Н/10 в цифровой форме через анализатор AVL 652 на диск компьютера.

Список литературы

1. *Венцель С.В.* Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания / С.В. Венцель. - Киев: Техника, 1977. - 207 с.
2. *Кулаков А.Т.* Обеспечение надежности автотракторных двигателей. Научная монография / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2007. - 422 с.
3. *Григорьев М.А.* Обеспечение надежности двигателей / М.А. Григорьев, В.А. Долецкий. - М.: Изд-во стандартов, 1978. - 324 с.
4. *Барун В.Н.* Автомобили КамАЗ: техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, Е.А. Машков и др. - Москва: Транспорт, 1988. - 352 с.
5. *Барыльникова Е.П.* Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук / Е.П. Барыльникова. – Оренбург, 2013. – 140 с.
6. Двигатель КамАЗ 740.11-240. Руководство по эксплуатации 740.11-3902001РЭ - Набережные Челны, 1977 - 120 с.

05.13.01

Н.А. Максимов, О.К. Осипчук, А.С. Семин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Институт № 3 - «Системы управления, информатика и электроэнергетика»,
кафедра «Цифровые технологии и информационные системы»,
Москва, n-a-maximov47@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В работе проведен анализ современного состояния и тенденций развития методов и алгоритмов автономной навигации наземных роботизированных комплексов. Проанализированы известные алгоритмы, позволяющие производить определение текущих координат наземных комплексов в реальном масштабе времени. Разработаны макеты отдельных программных средств, с целью проверки реализуемости и эффективности известных и разрабатываемых алгоритмов. Проведенные оценки точности определения местоположения и времени решения задачи позволяют сделать вывод о возможности решения поставленной задачи.

Ключевые слова: автономная навигация, робототехническое средство (РТС), определение координат, высокоточный снимок (карта) местности, алгоритмы, программное обеспечение, нейронные сети, SLAM.

В настоящее время наблюдается непрерывное совершенствование методов определения местоположения робототехнических средств. Особое внимание уделяется методам автономной навигации, обеспечивающим определение местоположения без использования аппаратуры спутниковой навигации. В качестве опорной информации о местности, на которой применяется робототехническое средство, могут служить геопространственные данные, получаемые заблаговременно аэрокосмическими средствами дистанционного зондирования Земли. В тоже время эти данные могут уточняться по данным, получаемым от датчиков робототехнических средств. Перспективными являются исследования методов определения местоположения робототехнических средств по указанной информации и экспериментальные исследования, подтверждающие правильность выбранных методических подходов.

Постановка задачи

В настоящее время задача по определению положения робототехнического средства (РТС) в условиях городской застройки не решена полностью. Отдельные методы необходимые для её решения, однако, уже есть. Существуют методы построения траектории движения РТС, определения его положения относительно траектории. Отдельно доступны различные средства позволяющие установить географическое местоположение робототехнического средства, информационные базы с картографическими данными. Необходимо разработать алгоритм, позволяющий на основе видеопотока и некоторых исходных данных (начальное положение РТС, наличие космического снимка местности, камеры высокого разрешения, установленной на РТС) определять местоположение (координаты) робототехнического средства.

Цели работы:

- исследование принципов, путей создания и улучшения алгоритмов определения координат наземных робототехнических средств в условиях городской застройки;
- разработка программного обеспечения (ПО) методов автономной навигации робототехнических средств на основе высокоточных геопространственных данных.

Для достижения указанных целей необходимо решить следующие задачи:

- обосновать выбор методов исследования и алгоритмов решения поставленных задач;
- описать математическую модель определения местоположения робототехнического средства в условиях городской застройки;
- разработать макет экспериментального ПО определения местоположения робототехнического средства;
- провести исследования с использованием экспериментального макета ПО.

Анализ предметной области и методов решения поставленных задач

В робототехнике выделяют две основные навигационные схемы: глобальная – это такая схема навигации, которая всегда поможет ответить на вопрос: «Где я?», и локальная – это схема навигации, которая всегда подскажет: «Что есть еще рядом?». Локальная навигация (ЛН) может быть реализована как с помощью активных схем (инерциальная навигация, системы технического зрения), так и с помощью пассивных схем (спутники, радиомаяки, маркеры) [1]

Точность в управлении положением и параметрами движения РТС лежит в основе надежного автономного функционирования РТС [2]. Учитывая современные требования, предъявляемые к ЛН, можно сделать вывод о том, что наибольшими преимуществами обладает именно инерциальная навигационная система (ИНС). Как и любая система, она допускает накопление ошибки при определении навигационных параметров объекта. Для решения данной проблемы необходимо использовать дополнительные устройства, оптимальное комплексирование которых обеспечивает обобщенный фильтр Калмана [3]

Одним из таких вспомогательных устройств являются гироскоп [4] и акселерометр [5].

Таким образом, инерциальная навигация [6] – это метод определения навигационных параметров объекта (координаты, скорость, угловая ориентация) на основе измерения и интегрирования его ускорения.

В случае, когда условия поставленных задач не могут быть соблюдены при диалоговом управлении, интеллектуальная система управления роботом принимает участие наравне с человеком-оператором в планировании сложных технологических операций и принятии решений [7]

В настоящее время наибольшей популярностью пользуются системы, основанные на одновременном решении задачи навигации и картографирования (SLAM), которые требуют разработку сложного алгоритма. Для создания такого алгоритма применяют метод нормальных распределений (NDT), позволяющий анализировать модель рабочей среды [8].

Учитывая недостатки системы SLAM, был предложен новый метод, при котором скан, полученный с помощью сканирующих датчиков, преобразуется в сеточную функцию. Данный метод получил название метода сеточных функций [9], главное преимущество которого – значительное увеличение скорости передвижения РТС в пространстве.

Одним из алгоритмов управления РТС в динамической среде является алгоритм, основанный на трассировке подвижных препятствий, который включает в себя несколько решений задач: SLAM, поиск оптимальных маршрутов и управление движением робота по заданной траектории, отклонение от нее при необходимости, чтобы избежать столкновений с движущимися препятствиями [10].

Иной подход рассмотрен создателями SLAM алгоритма DeepVO [11]. Они сфокусировались на разработке алгоритма, который сможет работать в режиме реального времени. Некоторые алгоритмы требуют предобработки видеопотока, что сильно замедляет их работу. В DeepVO реализована сквозная архитектура, которая не зависит от предварительных настроек параметров камеры и напрямую работает с «сырыми» кадрами.

DeepVO обрабатывает последовательность изображений, обнаруживая их признаки, передавая их в рекуррентную сеть, которая обучается собирать информацию о движении. Рекуррентная сеть требуется для отслеживания изменений между кадрами, связи между ними.

Одной из систем автоматического управления РТС, обеспечивающих определение местоположения наземного робототехнического средства относительно объектов местности в городских условиях, является Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS). MRDS – это пакет свободно распространяемого программного обеспечения на основе .NET для моделирования и управления РТС [12].

Разработка программного обеспечения для автономной навигации РТС

Задача состоит в том, чтобы в режиме реального времени строить карту движения робототехнического средства в городской застройке, определять по ней его местоположение в координатах. В дополнение к координатам робототехнического средства, определять адрес местонахождения.

Решение задачи состоит из двух основных этапов:

1. Построение карты с известным масштабом;
2. Определение по построенной карте координат робототехнического средства;

Первый этап задачи будет решаться при помощи SLAM метода. Полученная им карта движения будет обрабатываться на втором этапе, преобразуя координаты движения РТС, в геодезическую систему координат, а также определяя адрес местоположения РТС.

Выше мы рассмотрели задачу одновременной локализации и построения карты, которые решаются с использованием алгоритмов SLAM. Использование машинного обучения существенно увеличило точность построения карты, а также облегчило эксплуатационные условия для робототехнических систем, использующих их. Немаловажным является также тот факт, что данные алгоритмы способны работать в режиме реального времени, без задержек, что критически необходимо для моментального определения положения РТС.

Проведенный анализ, частично описанный выше, позволил нам сделать выбор в пользу DeepVO для интеграции в программное обеспечение построения карты движения РТС. Приведем схему архитектуры DeepVO (Рисунок 1) и дадим ее описание.

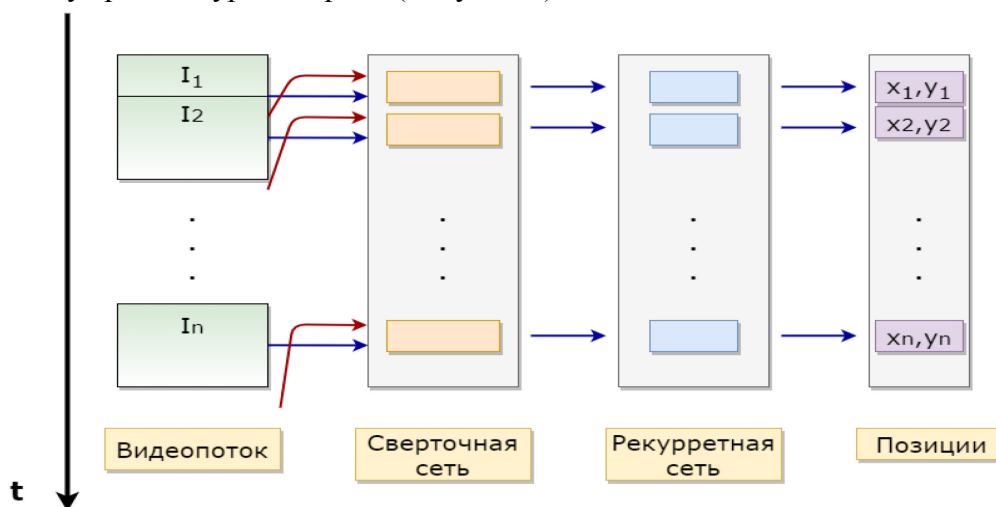


Рис. 1 - Архитектуры SLAM алгоритма DeepVO

Видеопоток изображений поступает в сверточную нейронную сеть. Два последовательно идущих кадра соединяются в одно изображение и подаются ей на вход. Сеть обнаруживает и анализирует признаки, имеющиеся на изображениях. Результат передается в рекуррентную сеть, которая обнаруживает связи с предыдущей соединенной парой кадров из видеопотока и на основе этого выдает предсказанное положение РТС.

Автономное определение координат в городской застройке

Для автономного определения координат необходимо знать начальную точку и начальное направление. Требуется переводить точки, по которым строится карта движения РТС в геодезические координаты.

Обучающая выборка из датасета KITTI состоит из относительных траекторий. Они получаются, преобразовывая географические координаты получены из высокоточной GPS-системы по следующим формулам:

$$x = G_x(lon) = s * r * \frac{\pi * lon}{180},$$

$$y = G_y(lat) = s * r * \log \left(\tan \left(\frac{\pi * (90 + lat)}{360} \right) \right),$$

где $r \approx 6,378,137$ м – средний радиус земли, $s = \cos \left(\frac{lat_0 * \pi}{180} \right)$ – скалирующий коэффициент, lat_0 – начальная широта движения, а lon , lat – долгота и широта получаемые из GPS системы.

Соответственно обратное преобразование, из географических координат в относительные, получается функциями, являющимися обратным к G_x , G_y .

Существует некоторая погрешность при проведении данной операции, но в условиях работы в ограниченной области и наличия необходимой для позиционирования точности, ей можно пренебречь.

Иным образом обстоит подход с определением адреса РТС. Существующие на сегодняшний день публичные онлайн-сервисы для работы с картами не поддерживают выгрузку данных. Их программные интерфейсы (API) можно использовать для выгрузки адресов по их координатам, но только при наличии подключения к сети Интернет. Данную проблему можно решить, обратившись к использованию сервиса OpenStreetMap (OSM). Его карты можно загрузить на локальный сервер и выгружать с него необходимую информацию. Имея локальные картографические данные и зная текущие координаты РТС можно определить адрес.

Сервис OSM не предусматривает прямого преобразования координат в адрес, однако позволяет получать картографические данные в заданной области. Рисунок 2 показывает, как это работает.



Рис. 2 - Пример экспорта картографических данных по заданной области

Данные из области, ограниченной широтами и долготами, поступают в следующем виде, как показано на рисунке 3.

```
<node id="316470030" visible="true" version="8" changeset="13813358" timestamp="2012-11-09T19:51:57Z"
<node id="316470033" visible="true" version="7" changeset="13813358" timestamp="2012-11-09T19:51:57Z"
<node id="316470163" visible="true" version="6" changeset="54573905" timestamp="2017-12-12T18:34:56Z"
<tag k="highway" v="bus_stop"/>
<tag k="name" v="Институт «Гидропроект»"/>
<tag k="public_transport" v="platform"/>
<tag k="shelter" v="yes"/>
</node>
<node id="316470816" visible="true" version="11" changeset="64980340" timestamp="2018-11-28T17:35:08Z"
<tag k="bus" v="yes"/>
<tag k="name" v="Институт «Гидропроект»"/>
<tag k="public_transport" v="stop_position"/>
<tag k="trolleybus" v="yes"/>
</node>
<node id="316470817" visible="true" version="6" changeset="13963056" timestamp="2012-11-21T17:34:30Z"
<node id="316470818" visible="true" version="6" changeset="13963056" timestamp="2012-11-21T17:34:30Z"
<node id="316470819" visible="true" version="6" changeset="13963056" timestamp="2012-11-21T17:34:30Z"
<node id="316470820" visible="true" version="6" changeset="13963056" timestamp="2012-11-21T17:34:30Z"
```

Рис. 3 - Формат экспортируемых картографических данных

Формат объектов передается в древовидной форме (иерархии). Например, фонарь, стоящий внутри сквера, будет иерархически находиться ниже него. Полученное дерево данных обходится и находится адрес ближайший к заданным координатам.

Реализация алгоритма определения положения РТС

Для разработки алгоритма, мы будем использовать высокоуровневый язык программирования общего назначения Python. Реализация DeepVO будет использовать фреймворк TensorFlow. Рисунок 4 иллюстрирует схему работы предложенного алгоритма.

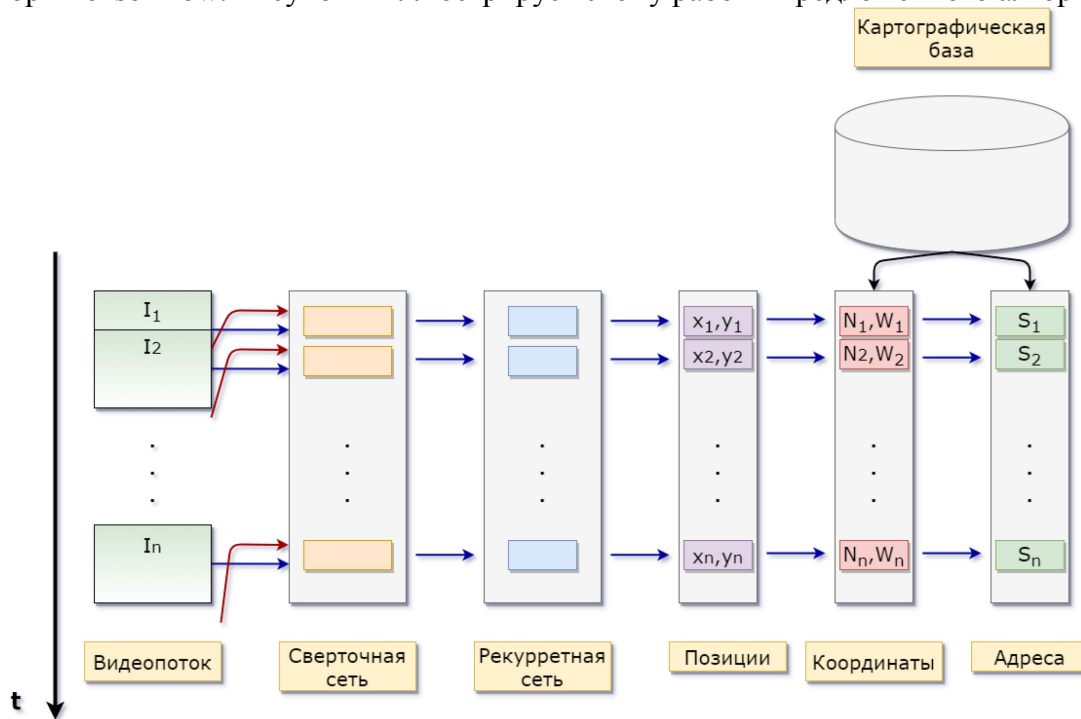


Рис. 4 - Схема работы алгоритма определения местоположения РТС

Анализ результатов работы предложенного алгоритма

Хотя работа предложенного алгоритма основана на знании исходного географического направления и координат, для малых карт его точность достаточна ввиду того, что погрешность, вносимая в измерения, существенно не изменяет конечного результата. Точность определения координат и адреса напрямую зависит от позиции, определяемой первыми тремя этапами алгоритма и ее преобразования в координаты.

Для расчета точности мы сравним истинную траекторию движения с рассчитанной. Видеопоток из датасета KITTI будет использоваться для тестирования. Приведем численное представление точности траекторий и правильности определения адресов (Таблица).

Таблица - Численные значения, характеризующие точность алгоритма

Ошибка относительной траектории, ε_{rel}	Ошибки географической траектории, ε_{geo}	Точность определения адресов, $\varepsilon_{address}$
2.93	11.07	85.6%

Ошибки относительной траектории и географической траектории рассчитываются по формуле среднеквадратической ошибки:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\hat{x}_t - x_t)^2}{T}},$$

где x – координата, T – их количество.

Точность определения адресов определяется как:

$$\varepsilon = \frac{g - g^*}{g},$$

где g – количество верно определенных адресов, g^* – количество неверно определенных адресов.

Неверно определенными адресами являются также и те, для которых РТС действительно находится в их окрестностях, но с точки зрения стороны движения по улице не является верной. Иными словами, двигаясь по улице по крайней правой полосе между двумя зданиями, верным будет адрес того здания, которое находится справа, потому что оно ближе, но не адрес здания слева. С другой стороны, адреса обоих домов будут достаточно верно указывать окрестность нахождения РТС.

Чтобы произвести оценку результатов определения местоположения и адреса РТС мы должны произвести экспорт картографических данных, соответствующих населенному пункту, кадры которого присутствуют в датасете. Данные датасета КИТТИ были собраны в городе Карлсруэ, Германия. Он отличается смешанными условиями: не только городской, но и загородной средой и в этом, с другой стороны, его преимущество. Карта Карлсруэ и объекты на ней будут использоваться для определения координат и адреса.

Отобразим движение РТС и точки найденных адресов на рисунке 5.



Рис. 5 - Траектории движения и точки адресов. Движение происходило в окрестностях города Карлсруэ

Алгоритм хорошо показывает себя на прямых участках дороги. Менее точные траектории и определенные адреса появляются на поворотах. Рисунок 6 более детально демонстрирует такие случаи.



Рис. 6 - Ошибки адресов на поворотах

Как видно, смещения траектории от истинной на поворотах может иногда приводить к некорректной оценке координат, а в следствии и адреса, хотя последнее наиболее вероятно в городах с плотной застройкой.

Исходя из приведенных выше данных, мы можем четко говорить об общей успешности работы алгоритма, однако стоит отметить расхождения в траектории на поворотах, которые могут стать причиной неверного расчета координат и, соответственно, определения адреса. Не менее важным является тот факт, что при движении на относительно прямых участках дороги, оценочная траектория практически не отличается.

Список литературы

1. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. – 3-е изд. – СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электронприбор», 2003. – 370 с.
2. Nist'er D., Naroditsky O., Bergen J. Visual odometry for ground vehicle applications //Journal of Field Robotics. – 2006. – Vol. 23 (1). – P. 3-20.
3. Мартыненко Ю.Г. Тенденции развития современной гироскопии //Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №. 11. – С. 120-127.
4. Волович А., Волович Г. Интегральные акселерометры //Компоненты и технологии. – 2002. – №. 18.
5. Мартыненко Ю.Г. Инерциальная навигация //Соросовский образовательный журнал. – 1998. – №. 8. – С. 102-108.
6. Kristensen S., Horstmann S., Klandt J., Lohner F., Stopp A. Human-friendly interaction for learning and cooperation //Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea, 2001. IEEE. – P. 2590-2595.
7. Герасимов В.Н., Михайлов Б.Б. Решение задачи управления движением мобильного робота при наличии динамических препятствий //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. Спецвыпуск «Робототехнические системы». – 2012. – № 6. – С. 83-92.
8. Ulas C., Temeltas H. Multi-layered normal distribution transform for fast and long range matching //Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2013. – Vol. 71 (1). – P. 85-108.
9. Герасимов В.Н. Алгоритм SLAM на основе корреляционной функции //Экстремальная робототехника: Сборник докладов всероссийской научно-технической конференции. – СПб.: Изд-во «Политехника-сервис», 2015. – С. 126-133.
10. Луни М. Оптимизация навигационных характеристик мобильного робота //Компоненты и технологии. – 2012. – №. 1. – С. 48-50.
11. Станислав Литвинов Res Net (34, 50, 101): «остаточные» CNN для классификации изображений [Электронный ресурс] -- Режим доступа: Neurohive. <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/resnet-34-50-101/>. (Дата обращения: 29.01.2021).
12. Microsoft Robotic Developer Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=29081> (Дата обращения: 14.03.2021).

05.13.01

¹А.А. Морозов, ²Т.А. Морозова, ²А.В. Старков д-р техн. наук

¹Научный центр оперативного мониторинга Земли
АО «Российские космические системы»,
Москва, aamorozko@mail.ru,

²ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, morozova_ta_66@mail.ru, kaf604@mai.ru

ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В статье рассматривается задача распределения процессов обработки информации дистанционного зондирования Земли из космоса по элементам наземной инфраструктуры с учетом минимизации суммарного времени обслуживания и совокупных затрат на обработку информации. Проведено исследование и проанализированы варианты распределения информации между ППИ с предложенной моделью обработки информации.

Ключевые слова: обработка данных, ДЗЗ, распределение ресурсов, эффективность, время, стоимость, наземный сегмент.

Введение

Использование технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса актуально во многих отраслях экономики. Рост потребности в данных продуктах и услугах ДЗЗ требует сбалансированного развития орбитального и наземного сегмента космической системы ДЗЗ [1]. Федеральной космической программой России на 2016-2025 годы запланировано многократное увеличение количества космических аппаратов (КА) орбитальной группировки ДЗЗ и соответствующее масштабирование наземной космической инфраструктуры (НКИ) ДЗЗ техническое переоснащение имеющихся пунктов приема информации (ППИ) [2]. При этом, совершенствование распределения процессов обработки информации ДЗЗ по элементам космической наземной инфраструктуры является важнейшей стадией повышения эффективности создания и распространения по заявкам потребителей различных информационных продуктов.

Элементы НКИ ДЗЗ предназначены для создания и распространения по заявкам потребителей различных информационных продуктов, которые создаются на основе данных ДЗЗ, получаемых российской орбитальной группировки.

НКИ ДЗЗ - это сложная человеко-машинная система, состоящая из множества объектов, которые могут взаимодействовать между собой и образовывать автоматизированную многоступенчатую обработку, хранение и распространение данных ДЗЗ. Она включает в себя территориально распределенные ППИ, имеющие разнообразное аппаратно-программное оснащение.

Входной поток данных в системе формируют потребители, каждый со своими требованиями и нерегулярной частотой обращения. Процессы обработки первоначально не имеют распределения по различным частям НКИ ДЗЗ, но известно, в каких частях системы они могут быть обработаны. Система может быть географически распределена и иметь различную производительность при работе с одними и теми же процессами обработки в каждой своей части, что ставит задачу оптимизации работы системы в целом.

Математическая модель функционирования наземного сегмента обработки данных ДЗЗ в части распределения процессов обработки подробно рассмотрена в работе [3]. В качестве показателей эффективности системы в целом можно принять такие интегральные оценки свойств системы, как:

- суммарное время обслуживания;
- совокупные затраты на обработку информации (условная стоимость).

Таким образом, необходимо определить распределение процессов обработки заявки пользователей по элементам НКИ ДЗЗ с целью обеспечения с одной стороны максимальной производительности, а с другой – минимальной стоимости.

Общий подход к решению задачи

Задача является многокритериальной и достаточно сложной, поскольку необходимо учесть и имеющиеся исходные данные, и загруженность линий связи, а также временные и стоимостные ограничения на процесс обработки информации.

Для решения задачи можно воспользоваться одним из классических методов оптимизации. При этом основными блоками вычислительных схем алгоритмов, реализующих эти методы, являются [3]:

- создание альтернативы (множества альтернатив) решения оптимизационной задачи;
- проверка альтернативы (множества альтернатив) на потенциальную неоптимальность по выбранному критерию оптимизации;
- проверка альтернативы (множества альтернатив) на предмет удовлетворения ограничениям на вектор управления и фазовый вектор космического сегмента;
- сохранение альтернативы как потенциально оптимальной либо ее исключение из рассмотрения;
- переход к формированию следующей альтернативы (множества альтернатив).

Результатом выполнения рассматриваемого этапа является один или множество оптимальных (близких к оптимальному) планов целевого функционирования системы.

При решении задачи возникает проблема нахождения предпочтительного решения, ведь каждый из допустимых критериев равнозначен для системы в целом и выбрать наилучший не представляется возможным. Например, выбрать вариант решения задачи, соответствующий минимальной стоимости, или выбрать решение, соответствующее минимальному времени выполнения поставленной задачи. Необходимо решать многокритериальную задачу с равнозначными критериями, для чего воспользуемся методом Дейкстры и методом Парето.

Практический пример решения задачи

Предположим, имеется 3 пункта обработки информации ДЗЗ, а в качестве входного потока данных используются сформированные потребителями заявки к системе, каждая со своими требованиями и частотой. Для передачи информации между пунктами обработки информации используется общедоступная сеть Internet, при этом возможны периоды времени, когда передача данных затруднена из-за загруженности сети и требует большего времени.

Обработка информации, полученной при выполнении заявки, выполняется в 4 этапа. Объем информации на каждом этапе изменяется:

1. После первого этапа обработки объем информации увеличивается в 2 раза

$$V_{\text{вых}0-1} = 2 * V_{\text{вх}0-1}.$$

2. После второго этапа обработки объем информации примерно остается неизменным

$$V_{\text{вых}1-2} = V_{\text{вых}0-1}.$$

3. После третьего этапа обработки объем информации увеличивается на 10%

$$V_{\text{вых}2-3} = 1.1 * V_{\text{вых}1-2}.$$

4. После четвертого этапа обработки объем информации уменьшается в 8 раз

$$V_{\text{вых}3-4} = \frac{V_{\text{вых}2-3}}{8}.$$

Задаем для расчетов следующие данные:

1. Скорость передачи информации $V_{\text{пер}} = 36 \text{ Гб/час}$. Считается постоянной на всех этапах расчета.

2. Стоимость передачи информации $C_{\text{пер}} = 0.001 \text{ у.е./Гб}$. Полагаем постоянной на всех этапах расчета.

3. Зададим коэффициенты обработки, стоимости и ограниченный суточный объем обрабатываемой информации для ППИ, участвующих в расчете (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты обработки, стоимости и ограниченный суточный объем обрабатываемой информации

ППИ	$K_{об}$	$K_{ст}$	$V_{сут}, Гб$
ППИ1	1	1	1024
ППИ2	1.5	0.5	400
ППИ3	0.9	0.2	400

Среднесуточная стоимость обработки информации на ППИ примем за 100 у.е.

Рассматривается прием данных с КА. Ниже представлена возможная схема распределения информации между различными ППИ (рис. 1).

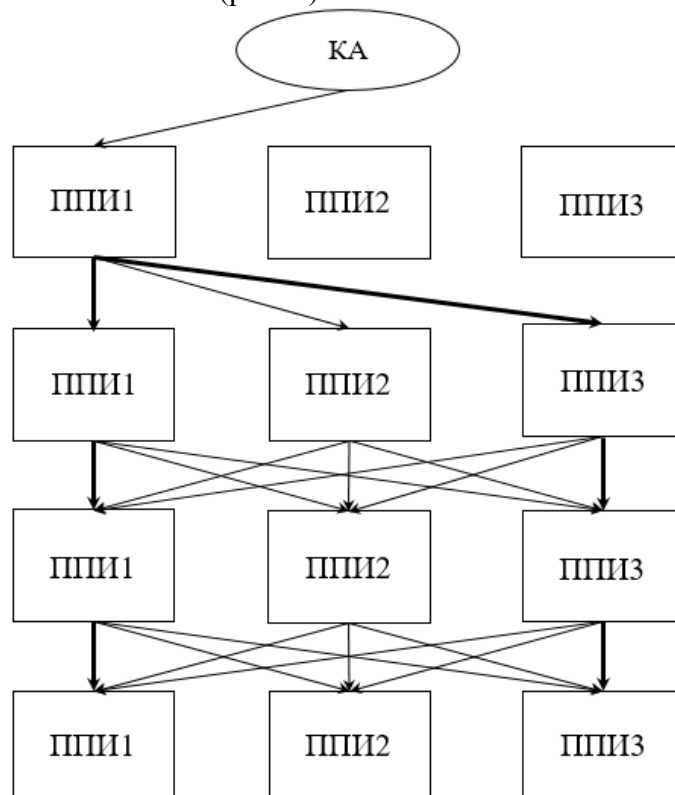


Рис. 1 – Схема распределения информации между ППИ
Для примера расчета взята линейная модель обработки информации (рис. 2).

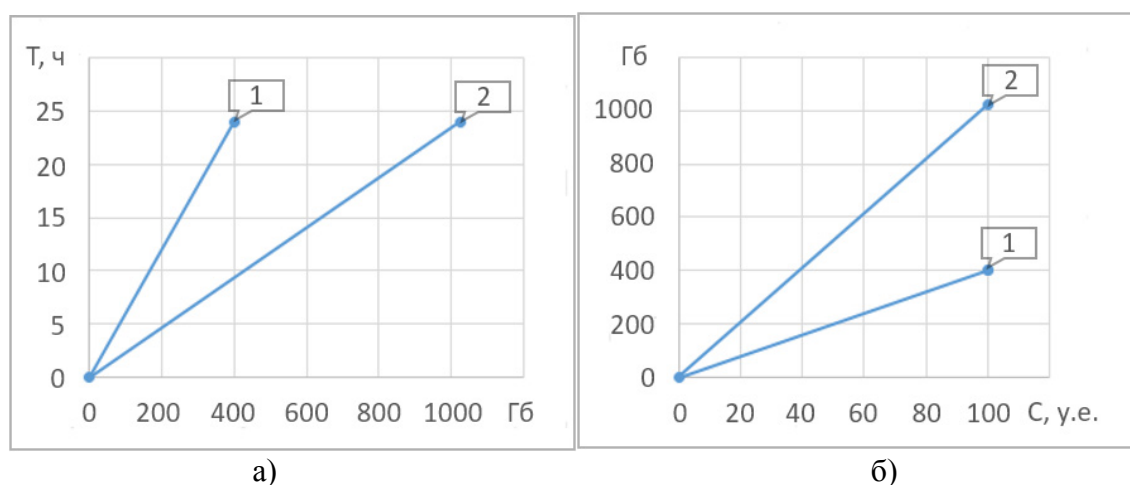


Рис. 2 – Линейная модель,
а) – обработки информации, б) – стоимости обработки информации

Получены два лучших из всех возможных вариантов решений по времени и по стоимости.

По времени лучшим является вариант обработки всей информации на ППИ1 (цифра «1» на рис. 2а), б)), по стоимости - вариант обработки информации ППИ1 – ППИЗ (цифра «2» на рис. 2а), б)). Рассчитаем интегральный показатель на основе рассматриваемых критериев – 0.84 и 0.76 соответственно. Таким образом, лучшим из предложенных вариантов является вариант с минимальной стоимостью с участием ППИ1 и ППИЗ.

По методу Парето полученные результаты представлены на рис. 3. Результаты нормированы по времени и стоимости.

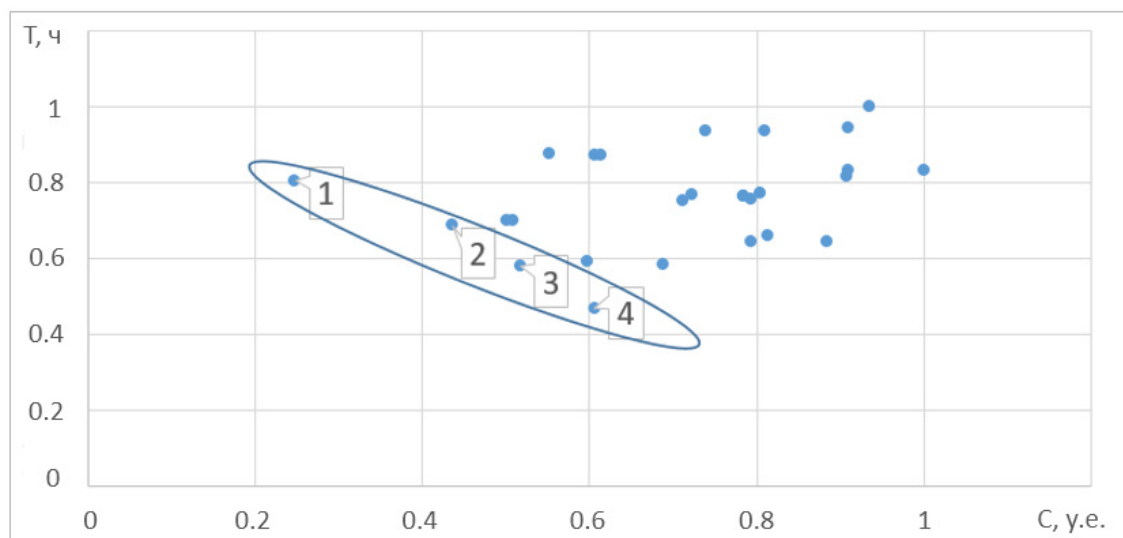


Рис. 3 – Решение по методу Парето

Выделим лучшие из всех возможных вариантов решений – множество Парето, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Наилучшие варианты обработки информации

Цифра на рис. 3	КА	Путь обработки информации				Время, ч.	Стоимость, у.е.	Интегральный показатель
		1	2	3	4			
«1»	КА	ППИ1	ППИ1	ППИ1	ППИ1	1.0749	4.4789	0.84
«2»	КА	ППИ1	ППИ1	ППИ1	ППИЗ	1.8925	3.8251	0.81
«3»	КА	ППИ1	ППИ1	ППИЗ	ППИЗ	2.2465	3.2167	0.77
«4»	КА	ППИ1	ППИЗ	ППИЗ	ППИЗ	2.6359	2.6095	0.76

Таким образом, лучшим из возможных вариантов является вариант с минимальной стоимостью с участием ППИ1 и ППИЗ.

В данном примере возможно выбрать лучший вариант, исходя из рассчитанных интегральных показателей. Но в процессе отработки данной методики могут быть получены несколько лучших вариантов с одинаковыми значениями интегральных показателей. Традиционно, выбор лучшего варианта оставляли за экспертом, что в программной реализации при потоковом расчете большого набора входных данных не представляется возможным.

Поскольку все парето-оптимальные варианты с равным основанием в этом случае могут быть признаны наиболее рациональными, чтобы остановить свой выбор на одном из них, необходимо использовать, в той или иной форме, дополнительную информацию или суждения. Например, ввести дополнительный «скрытый» критерий эффективности в виде наименьшего физического расстояния между ППИ, участвующими в обработке заявки, или воспользоваться перспективным методом уверенных суждений, представленном в [4].

Заключение

В статье представлены предложения по общему подходу к решению задачи распределения процессов обработки информации ДЗЗ из космоса, проанализированы варианты распределения информации между ППИ.

При исследовании проведен расчет с использованием исходных данных по суточному объему обрабатываемой информации, коэффициентам обработки и коэффициентам стоимости обработки информации каждого из рассмотренных ППИ. Проведено исследование и проанализированы варианты распределения информации между ППИ с предложенной моделью обработки информации. Выбраны лучшие варианты обработки информации по времени и по стоимости, а также с учетом обоих показателей, используя метод Парето. Предложен вариант устранения неопределенности, возникающей в ходе решения с использованием метода уверенных суждений.

Список литературы

1. Емельянов А.А., Борисов А.В., Гришанцева Л.А. Проблемные вопросы построения наземной космической инфраструктуры ДЗЗ и комплексного целевого применения российских космических комплексов и систем ДЗЗ // Сборник трудов VIII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» – М.: АО «Российские космические системы», 2016 С. 90-98.
2. Тюлин А.Е., Селин В.А., Емельянов А.А., Борисов А.В., Сизов О.С. Рациональный вариант наращивания отечественной системы дистанционного зондирования Земли // Тезисы докладов XXIV международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация», 3-7 июля 2019 г., г. Евпатория, М.: МАИ, 2019. С. 183-184, ISBN 978-5-4465-2336-8.
3. Емельянов А.А., Малышев В.В., Нгуен Виет Хоай Нам, Старков А.В. Математическая модель функционирования наземного сегмента обработки данных ДЗЗ в части распределения процессов обработки // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 2. С. 74-79.
4. Малышев В.В., Пиявский С.А. Метод «Уверенных суждений» при выборе многокритериальных решений // Изв. РАН. ТИСУ. 2015. № 5. С. 90–101.

05.13.01

И.С. Полякова, Ф.Г. Хисамов

Кубанский государственный технологический университет,
институт компьютерных систем и информационной безопасности,
кафедра информатики и вычислительной техники,
Краснодар, polinga@bk.ru, frangiz_khisamov@rambler.ru

ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ

В данной статье рассмотрены основные проблемы обеспечения безопасности и охраны труда при проведении пусконаладочных работ, проведен анализ основных показателей травматизма на производстве в Краснодарском крае в 2019 году. При пусконаладке персонал работает в трудных и опасных условиях, поэтому к персоналу, проводящему ПНР, предъявляют высокие требования по электробезопасности. Нарушение трудовой дисциплины при пусконаладочных работах очень часто вызвано низкой квалификацией работников, не понимающих последствия отступления от регламента действий, поэтому необходимо и руководителям, и исполнителям пусконаладочных работ прививать культуру проведения ПНР.

Ключевые слова: *пусконаладочные работы, охрана труда, монтаж, наладка, электрооборудование, безопасность, испытания, эксплуатация*

Актуальность данной темы исследования объясняется тем, что вопросы охраны труда и безопасности всегда были и будут основными в строительной отрасли. Строительная отрасль всегда являлась одной из отраслей экономической деятельности с наивысшим уровнем производственного травматизма. Несмотря на все принимаемые меры, государственные проверки по охране труда, количество несчастных случаев на строительных площадках остается тревожно высоким.

Цель данной работы – исследование техники безопасности при проведении пусконаладочных работ, выявление проблем и путей их решения.

Уровни производственного травматизма в Российской Федерации в 4-5 раз выше, чем в странах Западной Европы. Поэтому правительство России дало задания регионам составлять свои собственные программы по улучшению условий труда и обеспечению безопасности согласно реформе здравоохранения, разработанной Министерством здравоохранения Российской Федерации в конце 2011 года.

В 2019 году Государственной инспекцией труда в Краснодарском крае было зафиксировано 420 несчастных случаях на производстве. Помимо этого, Государственной инспекцией труда было получено 68 заявлений от работников (членов семей пострадавших) о несогласии с результатами выполненных работодателями расследований несчастных случаев и о сокрытии от расследования несчастного случая на производстве.

В 2019 году, согласно данным на 01 января 2020 г., к рассмотрению в Краснодарском крае принято 145 несчастных случаев на производстве (рис.1). Из них 21% или 31 случай со смертельным исходом, 6% или 9 – групповых несчастных случаев (из них 5 смертельных), 103 случая или 73% - тяжелых несчастных случаев.

По отношению к 2018 в 2019 году количество несчастных случаев на производстве возросло на 6 (или на 4,1 %).

При этом в 2019 году на производстве погибло 36 рабочих, что на 9 человек (или на 20 %) меньше, чем в 2018 году. В числе погибших при несчастных случаях на производстве 2 женщины (в 2018 году – 5 женщин).



Рис. 1 – Несчастные случаи на производстве в Краснодарском крае в 2019 году [1]

Изучение показателей распределения количества несчастных случаев в зависимости от их причин говорит о том, что:

- нарушения правил дорожного движения составляет 26 случаев (18%);
- неудовлетворительная организация производства работ – 20 случаев (13,8%);
- несоблюдение сотрудниками трудового распорядка и дисциплины труда – 18 случаев (12,4%);
- неудовлетворительное содержание или недостатки в организации рабочих мест – 8 случаев (5,5%);
- нарушение технологического процесса – 6 случаев (4,14%).

Анализ состояния производственного травматизма в разрезе ключевых видов экономической деятельности показал, что основными видами деятельности с максимальной численностью травмированных в 2019 году, являются такие виды, как обрабатывающие производства (27 несчастных случаев), строительство (24 несчастных случая), транспортировка и хранение (18 несчастных случаев), сельское хозяйство и торговля (по 17 несчастных случаев) [1].

В 2017 году вернули инспекции по охране труда, которая была отменена при Б.Н. Ельцине. У пусконаладочных организаций начались проверки по охране труда.

Пусконаладочные работы являются заключительной частью строительно-монтажных работ. Данные работы выполняются в период подготовки к эксплуатации объектов капитального строительства при их вводе в эксплуатацию, строительстве, реконструкции или капитальном ремонте. Основными задачами пусконаладочных работ является обнаружение возможных ошибок проектных и строительно-монтажных работ и поиск недочетов в работе оборудования до начала его эксплуатации на объектах капитального строительства [2].

Пусконаладочные работы – ключевая составляющая ведения работ по наладке электрооборудования.

При пусконаладке персонал работает в трудных и опасных условиях. Для уменьшения сроков ввода оборудования в эксплуатацию необходимо начинать пусконаладочные работы задолго до завершения монтажа оборудования. Работа всех участников должна быть согласована для обеспечения необходимой безопасности работ. Высокая опасность для окружающих возникает при подаче напряжения от временных схем и испытательных

установок [3]. На первоначальном этапе пусконаладочные работы производятся, когда эксплуатационный режим на объекте строительства еще не задан, а на завершающем этапе работы в основном выполняются в действующих электроустановках. По этой причине к персоналу, проводящему ПНР, предъявляют очень высокие требования по электробезопасности: все сотрудники должны быть старше 18 лет, должны пройти соответствующее медосвидетельствование, требуемый инструктаж и иметь квалификационную группу по электробезопасности, чаще всего не ниже III. Руководитель наладочной группы перед началом работ должен расставить ограждения, предупреждающие плакаты, отключить напряжение, а также провести вводный инструктаж по технике безопасности, объяснив особенности работы, характер и степень опасности.

Причины производственного травматизма в строительной отрасли связаны не только с нарушениями технологии строительного производства и мерами по защите персонала, но и с ошибками на стадии проектирования [4, 5]. Зачастую работы на строительных площадках ведутся со значительными нарушениями в угоду ускорению сроков сдачи объектов.

Нарушение трудовой дисциплины при пусконаладочных работах зачастую происходит из-за низкой квалификации работников, не понимающих последствия отступления от регламента действий. Нарушения технологий и регламентов чаще вызваны личными убеждениями работников в избыточности мер безопасности, что очень часто имеет печальные последствия. Зачастую реальное количество несчастных случаев в строительной отрасли значительно выше зарегистрированных, следовательно, можно говорить о сознательном умалчивании и сокрытии несчастных случаев.

Выводы. Таким образом, в настоящее время существуют тенденции сознательного игнорирования требований техники безопасности, очень низкой сознательности как у руководителей, так и у исполнителей пусконаладочных работ. В настоящее время необходимо прививать культуру проведения пусконаладочных работ, чтобы и руководители и работники понимали, что сохранение жизни и здоровья на строительной площадке так же важно, как и обеспечение качественного уровня строительства.

Список литературы

1. Информационно-аналитический бюллетень № 4 (83) «Охрана труда в Краснодарском крае» за 2019 год, Краснодар 2019, – 85 с.
2. Полякова И.С., Хисамов Ф.Г. Нормативно-правовые документы, регулирующие проведение пусконаладочных работ – проблемы и перспективы // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. - № 1. – С. 35-37.
3. «Общая инструкция по охране труда и технике безопасности при проведении электрических испытаний и измерений АНО ИЛ ЭЗ «ВЯЗ-97» Введ. с 22.02.2019. Краснодар, 2019. – 11 с.
4. Шилов, А.В. Актуальные проблемы охраны труда и безопасности в строительной отрасли / А. В. Шилов // Инженерный вестник Дона – 2016 с. №3. – С.1-7.
5. Манжилевская С.Е., Богомазюк Д.О. Моделирование инноваций в строительстве// Инженерный вестник Дона, – 2016. – №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3556 (дата обращения: 18.12.2020).

05.13.01

¹С.А. Ямашкин канд. техн. наук, ²А.А. Ямашкин д-р геогр. наук, ²О.А. Зарубин

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»,
¹Институт электроники и светотехники,
кафедра АСОИУ,

²географический факультет,
yamashkinsa@mail.ru, yamashkin56@mail.ru, oleg-zarubin@list.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕМПИОНАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена проработке технических аспектов проведения онлайн чемпионатов с использованием современных веб-технологий на примере опыта организации Всероссийского чемпионата по географии среди школьников «Мое Отечество – Россия». Авторами изложены опорные пункты итерационной разработки, тестирования и использования веб-системы, поднимаются вопросы формирования реляционного хранилища данных, UI/UX-проектирования адаптивных графических интерфейсов. Приводятся результаты проведения чемпионата: обобщенные статистические сведения, география участников. Делается вывод о целесообразности создания единой федеральной сети общетематических и отраслевых онлайн-мероприятий по географии, направленных на развитие исследовательского потенциала обучающихся.

Ключевые слова: онлайн-чемпионат, веб-системы, распределенные системы.

Введение.

Открытые онлайн-чемпионаты, проводимые с использованием современных веб-технологий, стали традиционным инструментом популяризации наук и образования, эффективным инструментом профессиональной ориентации [1]. В различном масштабе они проводятся по многим дисциплинам как крупными частными компаниями (Microsoft, Яндекс), так и ведущими вузами мира (МГУ им. М. В. Ломоносова, MIT). Важна роль открытых чемпионатов в развитии наук о Земле. В качестве примера практического опыта в области повышении качества географического образования, в данной статье рассмотрен кейс Отделения Русского географического общества в Республике Мордовия и Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва, основанный на проведении Всероссийского чемпионата по географии среди школьников «Мое Отечество – Россия» [2].

Проведение Всероссийского чемпионата по географии среди школьников «Мое Отечество – Россия» направлено на выявление и развитие у учащихся умений применять знания в области географии и смежных дисциплин для решения теоретических и практических задач разного профиля и уровня сложности [3]. Проект был реализован с применением современных веб-технологий, что позволило ему иметь всероссийский масштаб с привлечением участников из стран ближнего зарубежья.

Был разработан дифференцированный подход к подведению итогов и проработке системы наградных материалов (для участников, учителей, образовательных организаций и т. п.). Подсчет результатов и награждение осуществлялись по трем зачетам: 1) учащиеся 1–9 классов общеобразовательных организаций (зачет № 1); 2) учащиеся 10–11 классов общеобразовательных организаций (зачет № 2); 3) студенты профессиональных образовательных организаций (зачет № 3).

Технические и инженерные аспекты проведения чемпионата.

Среди ключевых задач обозначенного проекта было уделено отдельное внимание вопросу создания онлайн-платформы для проведения Чемпионата, основанной на современных веб-технологиях, и позволяющей участвовать в соревновании большому количеству участников (несколько тысяч человек) из России и ближнего зарубежья в 11 часовых поясах.

Реализация веб-системы основана на гибких методологиях создания информационных систем итерационной эволюционной проработке этапов проектирования, разработки, тестирования и развертывания. Полученная в итоге информационная система позволила провести Чемпионат с использованием различных устройств (смартфонов, планшетов, настольных компьютеров) благодаря грамотным адаптивным интерфейсам, созданным на основе современных методов UI/UX-проектирования. Важное место заняло SMM-сопровождение проекта – создание и развитие сообществ в социальных сетях (ВКонтакте, Instagram, Facebook и др.), имеющих разную целевую аудиторию.

Важный акцент был сделан на проработку качественных требований отказоустойчивости, быстродействия и безопасности, с целью эффективного проведения соревнования в России с общим привлечением 4 483 участников из России, Белоруссии, Туркменистана, Казахстана и Турции. Среди 65 субъектов России наиболее активными оказались обучающиеся из Мордовии, Рязанской области, Новосибирской и Ростовской областей, Татарстана.

Веб-система была введена в эксплуатацию итеративно посредством проведения перед главным конкурсом менее масштабных мероприятий: чемпионата «Я – географ», посвященного 175-летию РГО (август 2020 г.) и IX Открытого чемпионата Республики Мордовия по географии (декабрь 2020 г.), в которых приняли участие более 1 700 человек. Такой подход позволил провести тестирование системы и определение направлений ее развития.

Формирование научно-обоснованного банка заданий.

Решение данной задачи направлено на развитие кругозора участников в области географии и смежных наук, в том числе в направлении использования новейших ГИС-технологий, машинного анализа пространственных данных, построения цифровых инфраструктур пространственных данных и геопорталов. Новизна авторских подходов к организации Чемпионата по географии определена использованием современных инженерных решений и научно-обоснованным формированием конкурсных заданий.

База заданий чемпионата, состоящая из 850 вопросов декомпозируется на следующие тематические блоки: «Географическое положение и федеративное устройство России», «История освоения территории России и мира (экспедиции отечественных путешественников и мореплавателей)», «Физическая география и природные ресурсы России», «Социально-экономическая география России», «Города России и процессы урбанизации», «Состояние окружающей среды и экологические проблемы территории России», «Природное и историко-культурное наследие регионов России», «Туристско-рекреационный потенциал регионов России», «Традиционные методы географических исследований», «Инновационные методы географических исследований». Два последних тематических блока являются во многом ключевыми для достижения цели и задач чемпионата. В основе проектирования заданий данной тематики – учет отечественных и мировых тенденций применения комплекса традиционных методов (общенаучные, картографический, геохимический, геофизический и др.), а также алгоритмов анализа данных дистанционного зондирования Земли, в том числе дешифрирования космических снимков, геоинформационных технологий для целей оптимизации процессов обработки разносторонней информации о природно-социально-производственных системах.

Для хранения базы данных чемпионата была развернута реляционная система управления базами данных, быстродействие системы было повышено посредством использования технологий кэширования.

Выводы.

Опыт проведения Чемпионата и спроектированная веб-система позволяет в будущем проводить аналогичные мероприятия, ежегодно расширяя географию проекта и увеличивая количество участников. Платформа представляет собой основу для организации аналогичных регулярных мероприятий после завершения гранта.

Привлечение большого количества участников из России и ближнего зарубежья в рамках Чемпионата, проведенного с использованием современных веб-технологий способствовало

популяризации географии среди молодежи, содействия в улучшении качества географического образования, создания условий для содействия профессиональной ориентации обучающихся, формирования навыков применения географических знаний для решения нестандартных задач.

Опыт проведения чемпионата показывает целесообразность создания с использованием современных веб-технологий единой федеральной сети общетематических и отраслевых онлайн-мероприятий, направленных на развитие исследовательского потенциала обучающихся.

Благодарности.

Исследование выполнено по гранту Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (договор № 42/2020-Р).

Список литературы

1. *Немыкин А.Я., Крутских О.А.* Из опыта проведения заочного этапа олимпиад для школьников по географии // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28730> (дата обращения: 17.03.2021).
2. *Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Зарубин О.А.* Опорные точки проведения всероссийских конкурсов с использованием современных технологий: опыт Мордовского университета и Отделения Русского географического общества в Республике Мордовия // Науки и образование XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Рязань, 30 октября 2020 г.). Рязань: Современный технический университет, 2020. – С. 209–213.
3. *Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Зарубин О.А.* Всероссийский чемпионат по географии среди школьников «Мое отечество – Россия»: цели и задачи // Современные особенности развития внутреннего туризма в регионах Российской Федерации: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 25 ноября 2020 г.). Воронеж: Истоки. – С. 155–164.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)**

05.13.06

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
кафедра информатики и прикладной математики,
Санкт-Петербург, lena_selina@mail.ru

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА
ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА
КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ**

Рассматривается процесс образования прецизионного регулярного микрорельефа комбинированным методом. Из условия устойчивости по координатной связанности определяются параметры резцового устройства, резца и режимы обработки, обеспечивающие стабилизацию процесса образования ПРМ.

Ключевые слова: микрорельеф, резцовый механизм, профилирование, связанность.

Применение большинства средств измерений и определение их метрологических характеристик невозможно без использования изделий, на поверхности которых нанесены различного рода штрихи, отсчетные линии, риски, знаки и т.п., т.е. прецизионный регулярный микрорельеф (ПРМ), как правило, метрологического, оптического или спектроскопического назначения. Термин "прецизионный регулярный микрорельеф" здесь и далее означает, что номинальные размеры, характеризующие микрогеометрию поверхности, сравнимы по величине с длиной волны видимого диапазона и допустимые их отклонения, находятся вне пределов разрешающей способности оптических средств измерений.

Одной из существенных особенностей процесса образования ПРМ является необходимость обеспечения жестких требований к точности выполнения геометрических параметров ПРМ, обусловленных спецификой назначения соответствующих изделий. Так, например, размеры микрорельефа по высоте могут изменяться от 127 ... до 42,5 нм с увеличением плотности штрихов дифракционных решеток от 1200 до 3600 на один мм, а относительная погрешность должна находиться в пределах $1 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-5}$.

В зависимости от вида изделий и их назначения механическое образование ПРМ может осуществляться различными способами: профилированием, вырезанием, совместным их воздействием, удалением покрытий (гравированием), а также выдавливанием.

Для каждого вида образования микрорельефа технология, оборудование и инструмент имеют свою специфику. При совместном вырезании и профилировании резец имеет переднюю грань, которая снимает стружку на определенную глубину штриха, а остальная рабочая часть, имеющая форму «лодочки» и выдавливает штрих до заданной глубины. Данный метод используется при нанесении штрихов с плотностью от двух до пятидесяти на один миллиметр, так как получение их пластическим деформированием (профилированием) связано, как правило, с искажениями профиля вследствие больших упругопластических деформаций. Кроме того, из опыта изготовления эшеле и эшелетт и из экспериментальных данных следует, что процесс вырезания штрихов в резцовых устройствах делительных машин всегда сопровождается вибрациями резца. В первую очередь это обусловлено динамической неустойчивостью резца, вызванной неконсервативными позиционными силами, возникающими вследствие координатной связанности по процессу взаимодействия резца с заготовкой [1].

Линейная координатная связанность, определяемая неконсервативными позиционными силами, возникающими вследствие взаимодействия инструмента с заготовкой в делительной машине, в общем случае характеризуется матрицей коэффициентов c_{ij} :

$$\begin{aligned} c_{11} &= \frac{c_\varphi}{J} + \left\{ \left[\left(\frac{\partial F_z}{\partial c} \right) \cos q_0 + \left(\frac{\partial F_x}{\partial c} \right) \sin q_0 \right] l \cos q_0 + \left[\left(\frac{\partial F_z}{\partial q} \right) \cos q_0 + \left(\frac{\partial F_x}{\partial q} \right) \sin q_0 \right] \right\} \frac{l}{J}; \\ c_{12} &= - \left\{ \left[\left(\frac{\partial F_z}{\partial c} \right) \cos q_0 + \left(\frac{\partial F_x}{\partial c} \right) \sin q_0 \right] l \cos q_0 + \frac{c_\varphi}{l} \right\} \frac{1}{J}; \\ c_{21} &= - \left\{ \left[\left(\frac{\partial F_z}{\partial c} \right) \sin q_0 - \left(\frac{\partial F_x}{\partial c} \right) \cos q_0 \right] l + \frac{c_\varphi}{l} \right\} \frac{1}{M} \sin q_0; \\ c_{22} &= \left\{ c_x - \left[\left(\frac{\partial F_z}{\partial c} \right) \sin q_0 - \left(\frac{\partial F_x}{\partial c} \right) \cos q_0 \right] \sin q_0 \right\} \frac{1}{M}; \end{aligned}$$

где J – момент инерции качающейся части суппорта;

l – расстояние от оси подвеса до вершины резца;

q_0 – угол наклона оси качающейся части суппорта к плоскости заготовки;

c_φ – жесткость пружин подвеса качающейся части суппорта;

c_x – жесткость привода резцовой балки;

F_x, F_z – реакции заготовки в направлении движения резцовой балки и в перпендикулярном направлении.

Из анализа коэффициентов c_{ij} следует, что устойчивость процесса образования ПРМ в делительной машине может быть обеспечена в том случае, если величина угла β^* определяемая из соотношения $\beta^* = \arctg(F'_{xc}/F'_{zc})$ не превысит значения угла наклона качающейся части суппорта в положении равновесия. При комбинированном образовании ПРМ на резец действуют как сила P , возникающая при вырезании, так и сила $F_{кп}$ пластического деформирования, осуществляемого без образования стружки. Силу, действующую вследствие пластического деформирования материала при профилировании боковыми криволинейными поверхностями резца на глубину c_0 , когда его передняя грань вырезает штрих на глубину c_1 , можно определить как разность между силами, действующими на биконический или на бицилиндрический резец при профилировании штриха глубиной c_0 и c_1 соответственно:

$$F_{кп} = F(c_0) - F(c_1)$$

Составляющие силы $F_{кп}$ получим в виде:

$$F_{zp} = GB^{-0,5} c_0^{1,5} (1 - \Delta c^{1,5}) \quad F_{xp} = 0,75 G c_0 (1 - \Delta c^2)$$

где $\Delta c = \frac{c_1}{c_0}$

Составляющие силы P , действующей на резец вследствие вырезания стружки с учетом геометрии резца, определяются из зависимости:

$$\begin{aligned} P_x &= G(ctg\alpha + ctg\beta)(\cos\gamma + \mu\sin\gamma)c_0^2 \\ P_z &= G(ctg\alpha + ctg\beta)(-\sin\gamma + \mu\cos\gamma)c_0^2 \end{aligned}$$

где G – постоянная, определяемая в зависимости от свойств материала заготовки;

α, β – углы наклона рабочей и нерабочей грани штриха;

μ – коэффициент трения стружки по передней поверхности резца;

γ – передний угол резца.

Суммарные составляющие усилия равны:

$$\begin{aligned} F_{xk} &= 0,75 G [1 - (1 - 1,33 G_{отн}) \Delta c^2] c_0^2 \\ F_{zk} &= G [B^{-0,5} (1 - \Delta c^{-1,5}) + G_p ctg\beta_p \Delta c^2 c_0^{0,5}] c_0^{1,5} \end{aligned}$$

где $G_{отн} = \frac{G_p}{G} (\cos\gamma + \mu\sin\gamma)$.

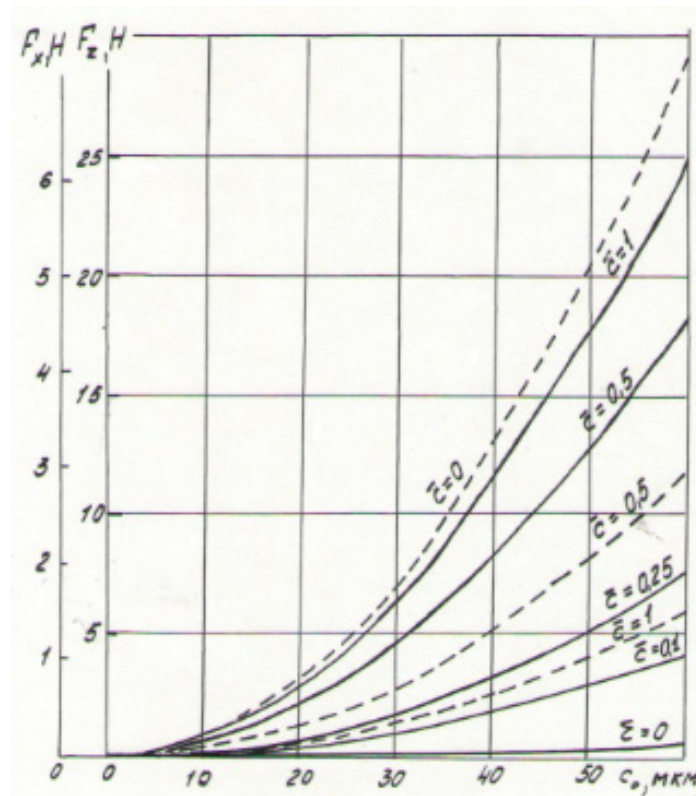


Рис. 1 - Зависимости усилий формообразования микрорельефа от глубины штриха при комбинированном методе образования ПРМ

Зависимости суммарных составляющих $F_{xk} = F_{xp} + P_x$ и $F_{zk} = F_{zp} + P_z$ силы, действующих на резец при комбинированном методе формообразования микрорельефа от глубины штриха при различных соотношениях глубины вырезания и профилирования, характеризующихся относительной глубиной $c_{отн} = \frac{c_0 - c_1}{c_0}$ даны на рис. 1 для $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 50^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $\mu = 0,01$ $G = 3 \cdot 10^8$ Па. Пунктирные линии определяют F_{xk} сплошные - F_{zk} . Из графиков следует, что с увеличением относительной глубины вертикальная составляющая силы, действующей на резец, увеличивается, а горизонтальная уменьшается, причем значение суммарной силы уменьшается с уменьшением относительной глубины по сравнению с ее значением при профилировании.

Для комбинированного процесса образования ПРМ получим:

$$\left(\frac{\partial F_{xk}}{\partial c}\right)_{c=c_0} = \frac{3}{4}G[1 - (1 - \frac{4}{3}G_p)\Delta c^2]c_0^2 \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial F_{zk}}{\partial c}\right)_{c=c_0} = \frac{3}{2}G[B^{-0,5}(1 - \Delta c^{1,5}) + \frac{4}{3}G_p \text{ctg} \beta_p \Delta c^2 c_0^{0,5}] c_0^{0,5} \quad (2)$$

Угол β_k^* в этом случае с учетом (1) и (2) определяется из выражения:

$$\text{tg} \beta_k^* = \frac{[1 - (1 - 1,33G_p^*)\Delta c^2]c_0^{0,5}}{B^{-0,5}(1 - \Delta c^2) + G_p^* \text{tg} \beta_p \Delta c c_0^{0,5}} \quad (3)$$

где $G_p^* = \frac{G_p}{G}(\cos \gamma + \mu \sin \gamma)$, $\Delta c = \frac{c_1}{c_0}$.

При $\Delta c = 0$ из (3) получаем, что

$$\text{tg} \beta_k^* = B^{0,5} c_0^{0,5};$$

а при $\Delta c = 1$

$$\text{tg} \beta_k^* = \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)(\cos \gamma + \mu \sin \gamma)}{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)(-\sin \gamma + \mu \cos \gamma)}$$

Из (3) следует, что угол β_k^* увеличивается с увеличением глубины штриха и с уменьшением Δc до значения, соответствующего процессу профилирования.

Таким образом, устойчивость по координатной связанности определяется из условия

$$\beta_k^* < \varphi_0$$

в котором угол β_k^* взят из зависимости (3) и может быть обеспечена при малых значениях c_0 так же как в случае профилирования, так значение угла β_k^* существенно снижается по сравнению с его значением при вырезании.

Следовательно, устойчивость по координатной связанности в резцовом механизме делительной машины при комбинированном методе образования ПРМ может быть обеспечена в том случае, если угол β_k^* не превышает угла наклона качающейся части суппорта к плоскости заготовки. Если это условие не выполняется, то существуют верхняя и нижняя границы устойчивости [3]. Следует отметить, что в этом случае увеличивается степень связанности системы резцовой балки и качающейся части суппорта, что приводит к увеличению влияния внешних воздействий на движение резца в процессе автоматизированного процесса изготовления изделий с ПРМ.

Список литературы

1. *Алексеев Г.А.* Обеспечение качества процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. СПб.: СПбГПУ, 2012.- № 2-1.(147) - с.131 -137.
2. *Селина Е.Г.* Точность формообразования прецизионного регулярного микрорельефа. // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество», СПб: СПбГЭТУ, 2012, т.1 с 206-208.
3. *Алексеев Г.А., Кудашов В.Н., Селина Е.Г.* Обеспечение устойчивости процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа // Научно-технический вестник Поволжья. -2018. - №12 – С. 52-55.

05.13.06

Н.Д. Ахметов, М.М. Гимадеев, В.А. Кривошеев

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
 Набережночелнинский институт (филиал),
 автомобильное отделение,
 кафедра механики и конструирования,
 Набережные Челны, nailahmat@yandex.ru

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЁТА СКОРОСТИ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОДВОДНОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВЕ

В работе предложена для инженерных расчётов методика определения скорости волны давления при подводном электровзрыве на основе эмпирических зависимостей.

Ключевые слова: подводный электровзрыв; электрический разряд в воде; скорость волны давления; инженерный расчёт.

В зависимости от параметров разрядного контура могут быть получены электрические разряды в воде с различными гидродинамическими характеристиками. В инженерных расчётах практически используемой величиной является энергия волны давления. Её значение во многом зависит от расстояния R до канала электрического разряда и от формы самой кривой волны в точке замера. Часто на практике в качестве основного параметра, характеризующего энергетику волны давления, используют значение амплитудного давления p_m [1, 2]. Однако следует учесть, что скорость распространения волны в жидкости также является одной из важнейших характеристик для данного гидродинамического процесса.

Ранее авторами для определения скорости фронта волны при высоковольтном электрическом разряде в воде была предложена эмпирическая зависимость [3-5]:

$$N(t) = c_o + (a + bt) \cdot te^{-t/q}, \quad (1)$$

где a , b , q – эмпирические коэффициенты, которые определяются из эксперимента; c_o – скорость звука в невозмущённой воде.

С учётом того, что $N = \partial R / \partial t$, проинтегрировав выражение (1) по времени t , получаем выражение для расстояния R , то есть удаления фронта волны от оси канала электрического разряда:

$$R(t) = c_o t + a[q^2 - (t + q) \cdot qe^{-t/q}] + b\{2q^3 - q[(t + q)^2 + q^2] \cdot e^{-t/q}\}. \quad (2)$$

Величина q была взята как характерное время для данного процесса и может быть принята равным периоду разряда: $q = t_p$.

Время достижения скоростью фронта волны максимального значения определяется как экстремум функции $N(t)$ из условия $dN/dt = 0$:

$$t_N = t_p \frac{(2bt_p - a) + \sqrt{(a - 2bt_p)^2 + 4abt_p}}{2b}. \quad (3)$$

Авторами ранее, исходя из анализа экспериментальных данных, был сделан вывод [5], что при неизменных параметрах разрядного контура время достижения скоростью фронта волны своего максимального значения t_N не зависит от величины напряжения разряда U . С учётом того, что для выбранного разрядного контура величины t_p и t_N оказываются постоянными, после преобразования выражения (3) получим:

$$\frac{b}{a} = \frac{t_N - t_p}{t_N(2t_p - t_N)}. \quad (4)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что при неизменных режимах высоковольтного электрического разряда в воде, т.е. постоянных параметрах разрядного контура соотношение эмпирических коэффициентов a и b остаётся постоянным при различных напряжениях U , то есть $k = b/a = \text{const}$.

Так, исходя из экспериментальных данных, полученных при следующих условиях: ёмкость конденсаторных батарей $C = 4$ мкФ, индуктивность разрядного контура $L = 1,65$ мкГн, расстояние между электродами $\ell_p = 20$ мм, имеем: $t_p = 8.07$ мкс, $t_N = 16.8$ мкс. Тогда согласно выражению (4) получаем $k = b/a = -761.3$. Сопоставим данное значение с экспериментальными данными.

Таблица 1 – Соотношение коэффициентов b/a по экспериментальным данным

U , кВ	13,1	16,2	19,7	23,0	25,7
$k = b/a$	- 759.54	- 759.59	-754.00	- 791.53	- 761.00

Согласно экспериментам [2] ударная волна отделяется от стенок канала электрического разряда в конце первой четверти периода разряда t_p , когда прекращается ускоренное движение стенок канала. Тогда время $t = t_p / 4$ можно принять за начало процесса распространения волны давления в воде, и значение начальной скорости ударной волны согласно выражению (1) определится:

$$N_0 = N(t_p/4) = c_0 + (a + b t_p/4) \cdot (t_p/4) \cdot e^{-1/4}. \quad (5)$$

Расчётные значения N_0 , полученные по выражению (5), сопоставим со значениями начальной скорости ударной волны v_{y0} , вычисленными по методике, представленной в работе [2]. Отклонения, как видим, сравнительно небольшие.

Таблица 2 – Сравнительный анализ значений начальной скорости волны по зависимости (5) и методике согласно работе [2]

U , кВ	$N_0 = N(t_p/4)$, м/с по зависимости (3)	v_{y0} , м/с по работе [2]	Δ , %
13,1	1511,5	1614,26	6,36
16,2	1571,3	1647,60	4,6
19,7	1598,8	1683,68	5,0
23,0	1714,5	1721,50	0,4
25,7	1716,7	1762,38	2,59

Следует заметить, что энергия в канале электрического разряда выделяется быстрее, чем затем передаётся окружающей среде. Например, как отмечается в работе [2], весь разряд завершается к 10 мкс, а порождённая им ударная волна за это время проходит путь в окружающей среде только 15 мм. Так, согласно результатам наших экспериментов при напряжении разряда $U = 23$ кВ имеем: время разряда $t_p = 8.07$ мкс, а пройденный путь УВ за это время согласно выражению (2) составляет $R(t_p) = 24$ мм.

Процесс формирования ударной волны при высоковольтном электрическом разряде в жидкости продолжается и после окончания разряда. Пока идёт разряд, происходит подпитка волны слабыми возмущениями, поэтому, максимальная интенсивность ударных волн будет не на поверхности канала разряда, а на некотором расстоянии от него. Один из возможных способов определения времени, потребного для окончательного формирования волны, был рассмотрен в работе [6].

Таким образом, при постоянных параметрах разрядного контура $LC = const$ для различных напряжений разряда U_i из выражения (4) вытекают следующие соотношения:

$$\frac{a}{a_i} = \frac{b}{b_i} = \frac{N_0 - c_0}{N_{0i} - c_0}, \quad (6)$$

где индекс i показывает соответствие эмпирических коэффициентов и параметров другим напряжениям разряда U_i .

Тогда, определив из эксперимента значения эмпирических коэффициентов a и b для одного напряжения разряда U , по выражению (4) можно определить значение соотношения коэффициентов $k = b/a$. Далее для данного режима разряда $t_p = \pi\sqrt{LC}$ из выражения (6) можно определить коэффициенты b_i и a_i для других значений напряжений U_i . Здесь значения N_0 для соответствующих напряжений разряда вычисляются по методике работы [2].

Таким образом, применив данную методику расчёта, можно сократить издержки при проведении экспериментов для определения эмпирических коэффициентов в выражении (1) для скорости распространения волны давления при подводном электровзрыве.

Список литературы

1. Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
2. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. – Киев: Наук. думка, 1983. – 272 с.
3. Ахметов Н.Д., Друлис В.Н. Нетрадиционный подход к математическому описанию процесса распространения ударных волн в сплошной среде. // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2011. № 2. – С. 100-103.
4. Ахметов М.Н., Ахметов Н.Д., Гимадеев М.М., Кривошеев В.А., Рзаева Т.В. К вопросу об окончании формирования ударной волны при высоковольтном электрическом разряде в воде. // Научно-технический вестник Поволжья. № 6, 2012 г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2012. – С. 124-127.
5. Ахметов М.Н., Ахметов Н.Д., Гимадеев М.М., Кривошеев В.А. О скорости фронта ударной волны при высоковольтном электрическом разряде в воде. // Прикладная физика. 2015. – №6. С. 53-56.
6. Ахметов М.Н., Ахметов Н.Д., Гимадеев М.М., Кривошеев В.А. Метод расчёта формирования и движения фронта ударной волны в высоковольтном электрическом разряде в воде. // Прикладная физика. – 2019. – №1. – С. 25-29.

05.13.06

В.А. Егоров канд. техн. наук, А.В. Шангутова, Д.В. Шангутова

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
факультет энергетики и управления,
кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок,
Комсомольск-на-Амуре, egoroff_v@list.ru, shangutovaa@mail.ru, shang16@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В MATLAB

Целью работы является, получение расчётной модели асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, переменные состояния которой изменяются аналогично соответствующим переменным виртуальной модели Asynchronous Machine SI Units среды моделирования MatLab.

Ключевые слова: Моделирование, асинхронный электродвигатель, матлаб, расчетная модель электродвигателя, виртуальная модель электродвигателя.

Виртуальное моделирование проектируемых технических систем, является в настоящее время, неотъемлемой частью инженерной практики и подготовки специалистов. Оно позволяет при минимальных затратах времени и материальных ресурсов проверить и откорректировать теоретические расчёты и оценить свойства разрабатываемой системы.

При этом, адекватность результатов моделирования возможна лишь в случае соответствия расчётной модели объекта и виртуальной модели, используемой в среде моделирования.

Целью работы является, получение расчётной модели асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, переменные состояния которой изменяются аналогично соответствующим переменным виртуальной модели Asynchronous Machine SI Units среды моделирования MatLab.

Первый путь решения проблемы заключается в восстановлении математической модели асинхронного электродвигателя по информации имеющейся в среде моделирования. Несмотря на обилие информации в справочной системе MatLab и в самой виртуальной модели, дублируемой в отечественных изданиях [1], [2] и [3], разработчик завуалировал расчёт скорости и угла поворота системы координат модели за функциональными блоками, реализующими матричные операции.

Второй путь – использование проверенной и хорошо зарекомендовавшей себя математической модели асинхронного электродвигателя в координатах dq. Например, приводимой в [1].

Расчетная модель асинхронного электродвигателя в координатах dq [1]:

$$\left. \begin{aligned} U_{sd} &= r i_{sd} + L_s^* \frac{di_{sd}}{dt} - \omega_k L_s^* i_{sq} - \frac{K_r}{T_r} \psi_{rd}; \\ U_{sq} &= r i_{sq} + L_s^* \frac{di_{sq}}{dt} + \omega_k L_s^* i_{sd} - K_r n \omega_d \psi_{rd}; \\ 0 &= -K_r R_r i_{sd} + \frac{1}{T_r} \psi_{rd} + \frac{d\psi_{rd}}{dt}; \\ 0 &= -K_r R_r i_{sq} + (\omega_k - n \omega_d) \psi_{rd}; \\ M_d &= \frac{3}{2} n K_r \psi_{rd} i_{sq}; \\ J \frac{d\omega_d}{dt} &= M_d - M_n, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $r = (R_s + K_r^2 R_r)$; $L_s^* = \left(L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \right)$; $K_r = L_m / L_r$; $T_r = L_r / R_r$; $T_s^* = L_s^* / r$,

где R_s , L_s и R_r , L_r – активное сопротивление и собственная индуктивность обмоток статора и ротора; L_m – взаимная индуктивность между статором и ротором; n – число пар полюсов

машины; $U_s = U_{sd} + jU_{sq}$ – вектор напряжения на статоре; $i_s = i_{sd} + ji_{sq}$ – вектор тока статора; ψ_{rd} – вектор потокосцепления ротора; M_d и M_n – момент двигателя и нагрузки; J – момент инерции ротора; ω_d – скорость вращения вала.

Угловая скорость вращения системы координат модели (1) из 4-го уравнения:

$$\omega_k = (K_r R_r i_{sq} / \psi_{rd}) + n \omega_d.$$

Для проверки адекватности расчетной модели (1), в среде моделирования MatLab, был реализован виртуальный стенд, изображённый на рисунке 1.

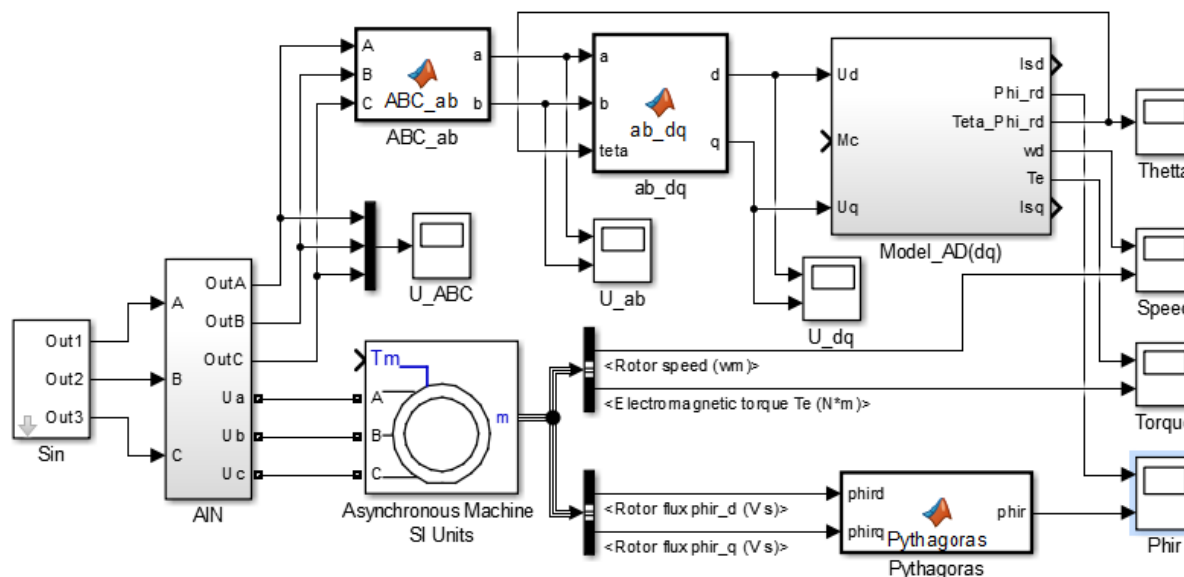


Рис.1 – Виртуальный стенд для проверки адекватности расчетной модели (1)

Стенд состоит из: блока «Sin» – формирующего трехфазное синусоидальное напряжение амплитудой $220 \cdot \sqrt{2}$ В и частотой 50 Гц; упрощенной модели силового преобразователя «AIN» – выполненной на функциональных блоках Controlled Voltage Source; блоков координатных преобразований Кларк «ABC_ab» и Парка «ab_dq»; расчётной модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором «Model_AD(dq)» – реализованной на основании системы дифференциальных уравнений (1); виртуальной модели асинхронного двигателя в абсолютных единицах «Asynchronous Machine SI Units»; блока «Pythagoras» – вычисляющего длину вектора потокосцепления ротора виртуальной модели двигателя по его проекциям на оси d и q.

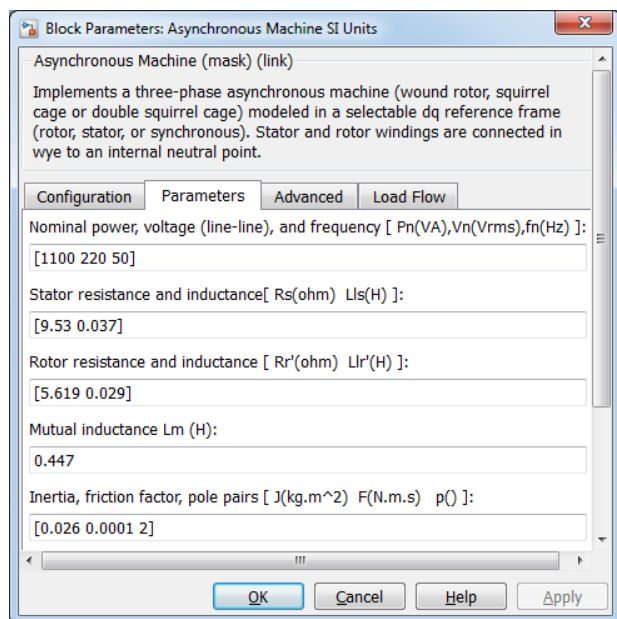
Виртуальный стенд позволяет сравнить скорость вала «Speed», электромагнитный момент «Torque» и модуль вектора потокосцепления ротора «Phir» расчётной и виртуальной моделей асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Для тестирования расчётной модели были выбраны три асинхронных электродвигателя серии 4А. Параметры электродвигателей сведены в таблицу 1.

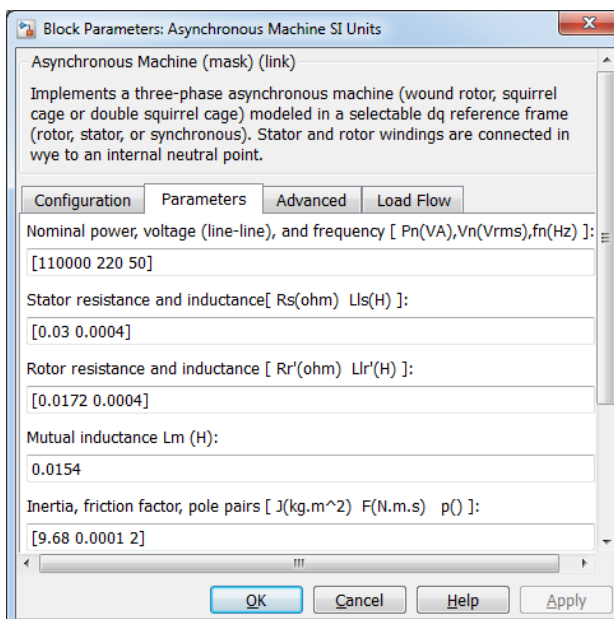
Таблица 1 – Параметры электродвигателей для тестирования расчётной модели

Тип АД	Р кВт	R_s Ом	R_r Ом	L_s Гн	L_r Гн	L_m Гн	J Нм ²	n
4A80A4Y2	1.1	9.53	5.619	0.484	0.476	0.447	0.026	2
4A132M4Y2	11	0.462	0.312	0.0903	0.0902	0.0876	0.463	2
4A280M4Y2	110	0.03	0.0172	0.0158	0.0158	0.0154	9.68	2

Параметры виртуальных моделей электродвигателей 4A80A4Y2 и 4A280M4Y2 приведены на рисунке 2а и 2б соответственно.



а)



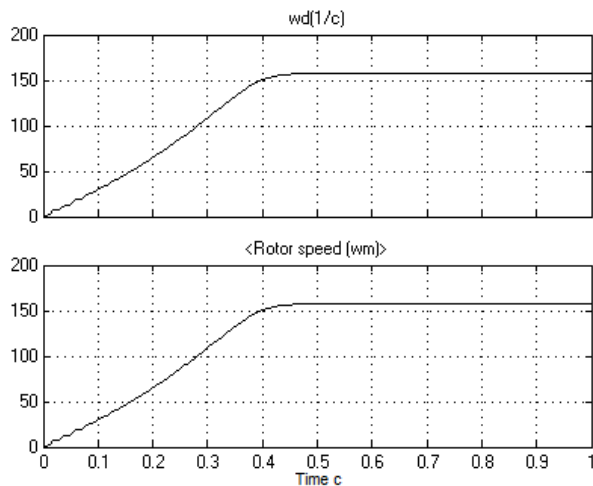
б)

Рис. 2 – Параметры виртуальных моделей тестируемых электродвигателей
Индуктивности рассеяния статора и ротора получены из соотношений:

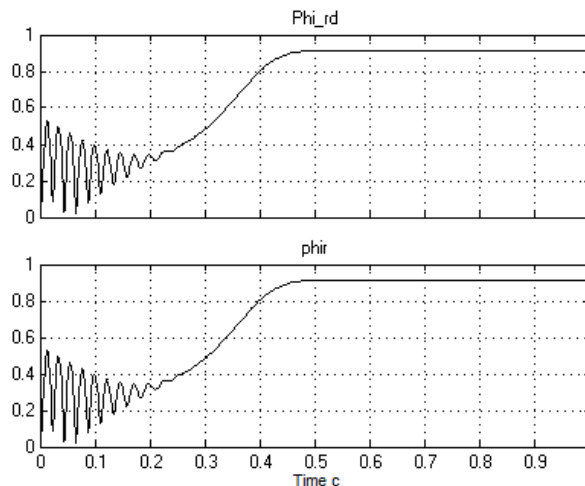
$$L_{ls} = L_s - L_m; \quad L_{lr} = L_r - L_m.$$

Момент инерции ротора следует задавать в единицах измерения системы Си, то есть не в $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ а в $\text{H} \cdot \text{m}^2$, как и заявлено в названии виртуальной модели двигателя (SI Units).

Результаты тестирования расчётной и виртуальной моделей асинхронного электродвигателя, при задании момента инерции ротора машины в $\text{H} \cdot \text{m}^2$, показаны на рисунке 3.



а)



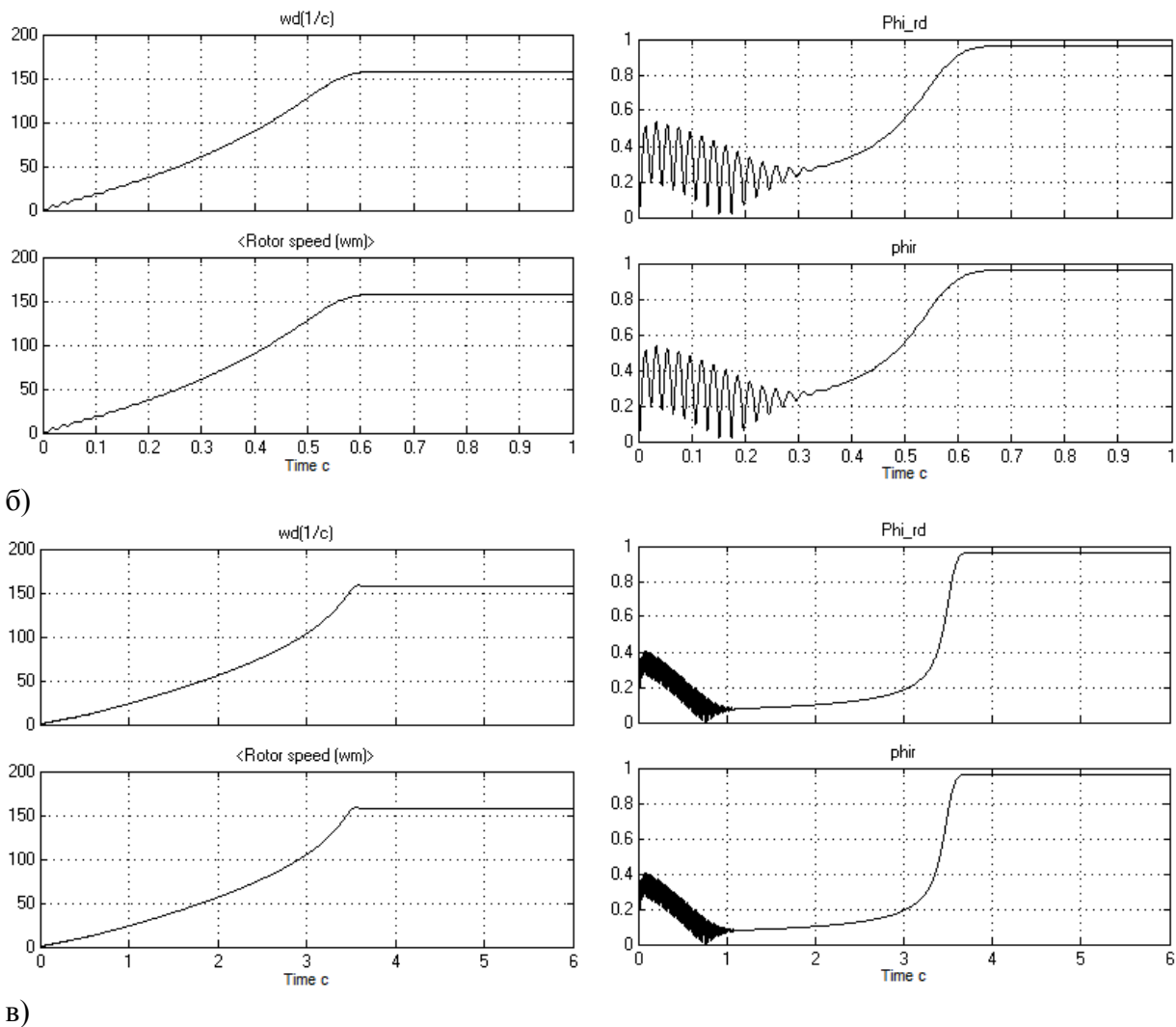


Рис. 3 – Скорость вала и потокосцепление ротора расчетной (сверху) и виртуальной (снизу) моделей

а) – электродвигателя 4A80A4Y2; б) – электродвигателя 4A132M4Y2;

в) – электродвигателя 4A280M4Y2.

Из рисунков 3а, 3б и 3в видно, что кривые изменения скорости и потокосцепления ротора расчётной и виртуальной моделей тестируемых асинхронных электродвигателей совпадают. Совпадают так же, не показанные на рисунках, кривые электромагнитного момента электродвигателей. Из чего следует, что расчётная и виртуальная модели асинхронного электродвигателя идентичны.

Список литературы

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин – С.-Пб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
2. Терёхин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терёхин – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 292 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных – М.: ДМК Пресс; С.-Пб.: Питер, 2008. – 288 с.
4. Гуляев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс / А. Гуляев – СПб: Питер, 2000. – 432 с.

05.13.06

¹Д.В. Зимина, ²А.В. Флеров

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО),

¹факультет технологического менеджмента и инноваций,
²факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, dina.zimina@gmail.com

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОИМОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА, ВЫРАЖЕННОЙ В КОЛИЧЕСТВЕ ОПЕРАЦИЙ, С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

В работе предложен новый вариант использования метода функционально-стоимостного анализа для вычисления стоимости бизнес-процесса. Стоимость вычисляется точки зрения количества произведенных операций, а не во времени или каких-либо материальных ресурсах. Данный подход позволяет более точно оценить разные варианты бизнес-процесса в тех случаях, когда измерение стоимости во времени или материальных ресурсах трудно формализуемо и не дает информативных и точных результатов.

Ключевые слова: *бизнес-процесс, функционально-стоимостной анализ, операция, диаграмма IDEF0.*

При исследовании функционирования какого-либо предприятия широко используются три основных подхода. Функциональный подход делит организацию по структурным единицам. Недостатком подхода является недостаточная информация о взаимодействии подразделений [1]. Проектный подход разбивает деятельность организации на проекты, анализируя каждый проект. Однако проект – уникальное мероприятие, а деятельность организации носит повторяемый характер. В этой связи процессный подход, свободный от указанных недостатков, представляется наиболее информативным для анализа работы организации. Данный метод рассматривает процессы, протекающие в организации, разделяя их по степени важности, масштабу, целям, роли процесса в деятельности организации и другим параметрам [2]. Каждый процесс имеет свои входы, выходы, владельца, ресурсы, управляющие воздействия и другие параметры. Процессы, связанные с производством товаров и услуг, традиционно принято называть бизнес-процессами [3, 4].

Одной из важных составляющих процессного подхода является анализ бизнес-процессов. Существуют методы как для количественного, так и для качественного анализа.

Функционально-стоимостной анализ (англ. activity-based costing) является одним из количественных методов. Он предполагает вычисление стоимости изделий, услуг и сервисов на основе функций и ресурсов для выполнения этих функций. Под функцией понимается сам бизнес-процесс или его составная часть. Суть метода заключается в вычислении стоимости функций с учётом различных статей расходов, частоты и продолжительности самих функций.

Параметры анализа:

- частота выполнения функции – количество выполнений данной работы в единицу времени (день, месяц, год);
- стоимость однократного выполнения функции (стоимость может измеряться не только в денежных единицах, но и в других ресурсах) [5].

С помощью метода функционально-стоимостного анализа (ФСА) возможно вычислить стоимость как всего процесса, так и его частей. Эти данные могут быть полезными для определения чрезмерных расходов и возможностей для перераспределения ресурсов.

В данной работе предлагается новый способ применения функционально-стоимостного анализа – анализ бизнес-процесса с точки зрения количества операций внутри функции.

Рассмотрим модель адаптивного учебного процесса. Адаптивность предполагает, что обучающимся предлагают разный набор учебных заданий в зависимости от индивидуальных особенностей. Для этого строится модель учебного контента либо модель самого обучающегося [6]. Существует несколько способов её построения [7], однако в данной работе этот бизнес-процесс унифицирован и сводится к трём функциям:

- определение стиля обучения обучающегося на основании его действий;
- построение модели обучающегося на основании его стиля обучения;
- непосредственно учебный процесс, сформированный на основе построенной модели.

Это касается и мероприятий, проходящих онлайн. В них особенно трудно оценить физические ресурсы или деньги.

Построим модель учебного процесса адаптивного обучения. Для моделирования будем использовать нотацию IDEF0 в программе ERwin Process Modeller [8]. Контекстная диаграмма верхнего уровня представляет собой собственно бизнес-процесс – «Провести обучение». Входом для процесса являются Обучающиеся, выходом – «Окончившие обучение» (рисунок 1).

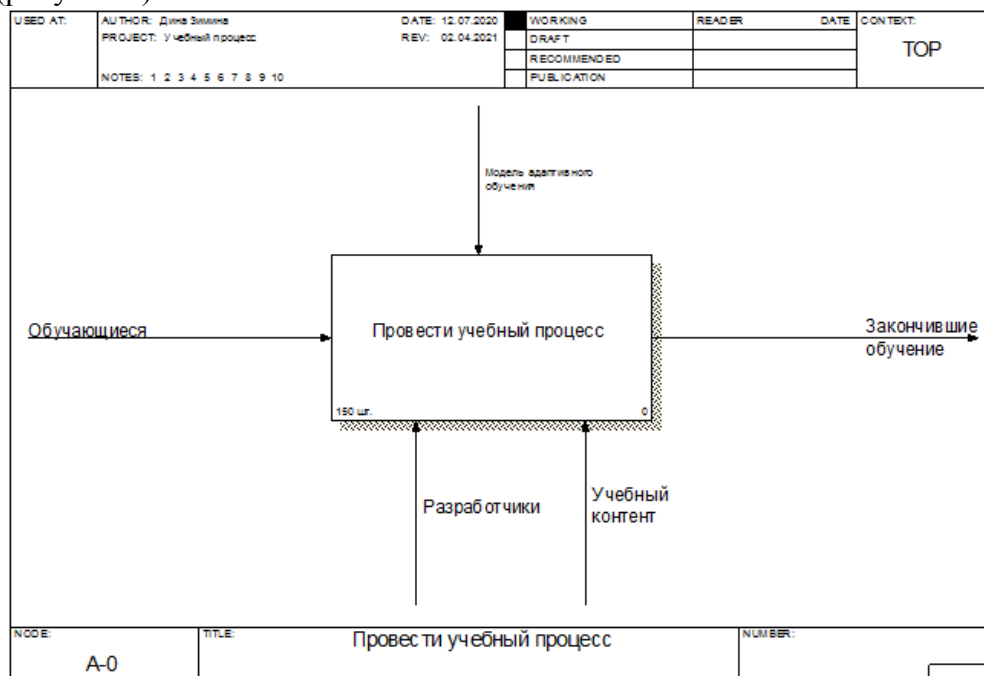


Рис. 1 – Модель учебного процесса, диаграмма верхнего уровня

В качестве ресурсов бизнес-процесса используются «Учебный контент» и «Разработки».

В качестве управления выбирается модель адаптивного обучения, под которой подразумеваются правила для построения этой модели.

Произведём декомпозицию диаграммы, используя также нотацию IDEF0. Последовательность функций состоит в следующем: сначала проводится тест, потом на его основании производится построение модели обучающегося, далее проводится непосредственно учебный процесс (рисунок 2).

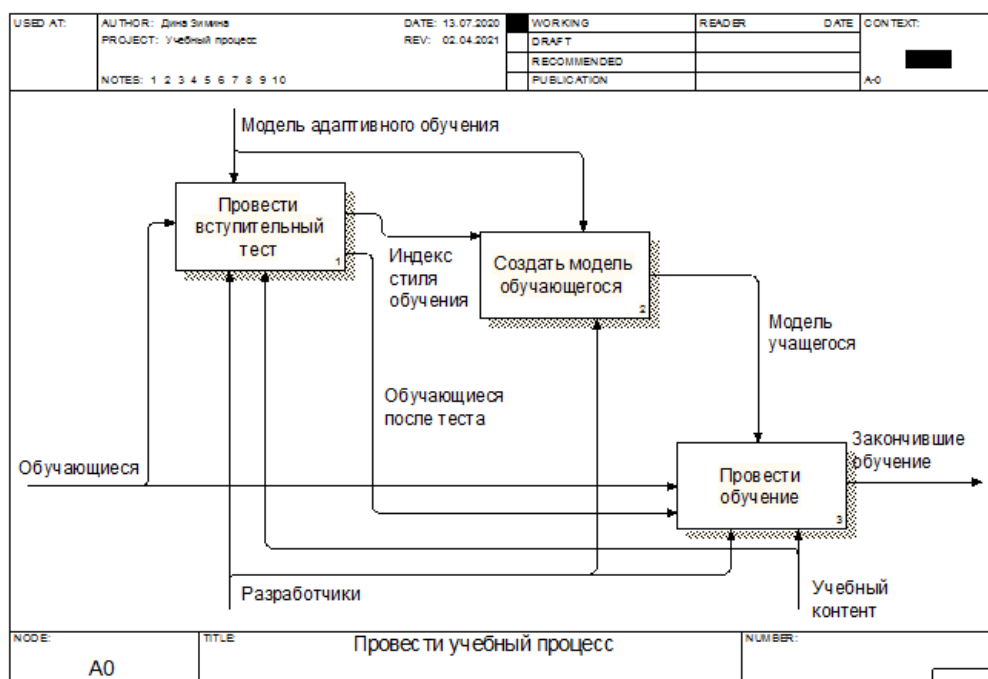


Рис. 2 – Диаграмма учебного процесса с предварительным тестированием

Преобразуем процесс таким образом, что модель обучающегося строится во время самого обучения. Поведение обучающегося анализируется после каждого его действия, стиль обучения и модель обучающегося строится прямо во время обучения. В этом случае декомпозированная диаграмма приобретает другой вид (рисунок 3).

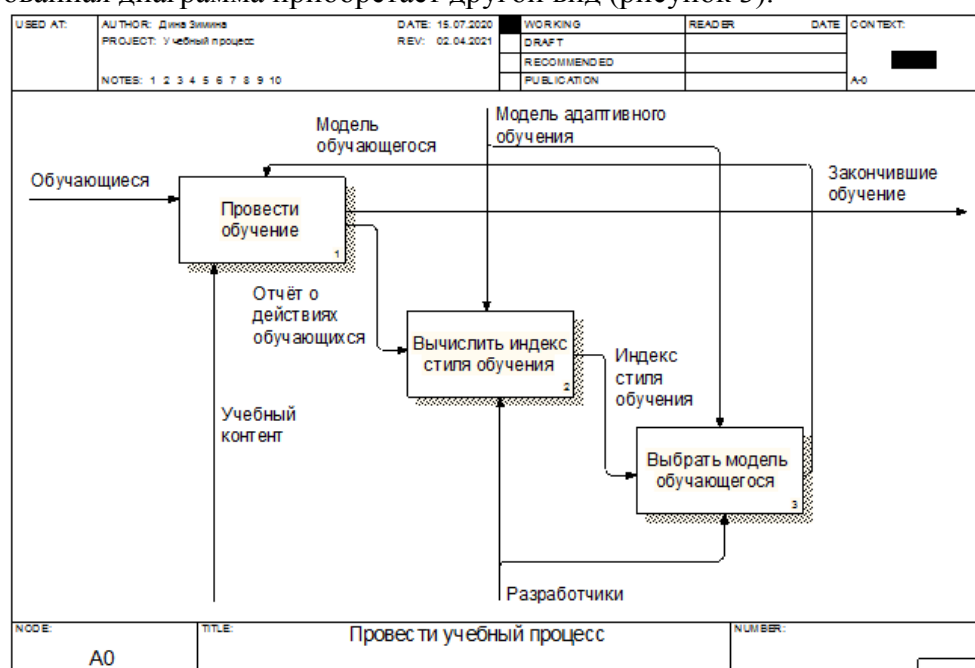


Рис. 3 – Диаграмма учебного процесса с построением модели обучающегося во время обучения

Модель обучающегося строится на основании индекса стиля обучения. Индекс стиля обучения, в свою очередь, вычисляется на основании действий обучающихся. В первом случае анализируются результаты теста, а во втором – выполнение учебных заданий.

Учебная траектория, то есть набор учебных заданий, выбирается в соответствии с моделью, к которой отнесен данный обучающийся. В первом случае траектория строится до обучения, во втором – по мере его прохождения. Функции, участвующие в построении модели обучающегося, представлены отдельно на рисунке 4.

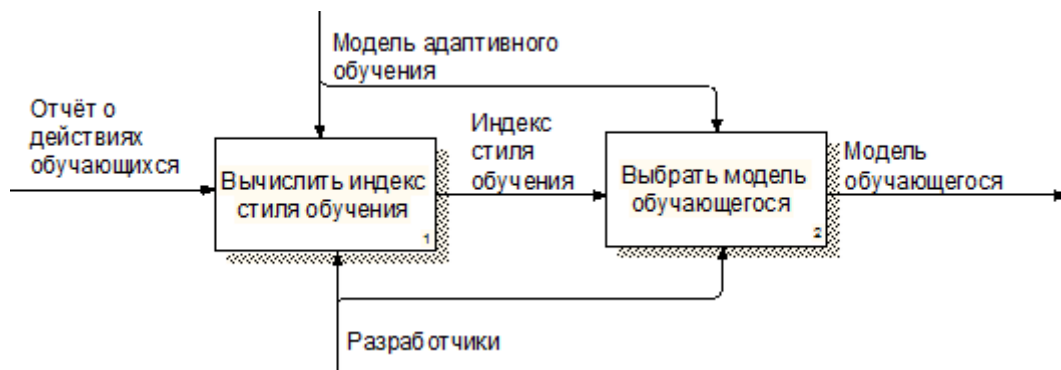


Рис. 4 – Построение модели обучающегося

Воспользуемся функционально-стоимостным анализом для вычисления стоимости бизнес-процессов.

Оба процесса происходят онлайн в течение нескольких часов, поэтому трудно сравнить их с точки зрения затрат электроэнергии. Попробуем сравнить их по времени.

Пусть вступительный тест рассчитан на 40 минут, основное обучение – на 60 минут. Третья функция, состоящая в построении модели, в отсутствии других подробностей, предполагает примерно одинаковое время N в обоих случаях. Таким образом, очевидно, что вариант построения модели обучающегося в реальном времени явно предпочтительнее, ведь он быстрее на 40 минут. Однако процесс построения модели в двух случаях разный, поэтому данный результат неточен. Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимость бизнес-процесса во времени, мин

	С предварительным тестированием	Без предварительного тестирования
Провести предварительное тестирование	40	-
Построить модель обучающегося	N	N
Провести обучение	60	60
Общая стоимость	$100+N$	$60+N$

Теперь возьмем в качестве единицы ресурса количество операций. Определим следующие параметры:

- количество учебных заданий – 60.
- количество вопросов в тесте – 40;
- сбор данных для определения индекса стиля обучения – 40 в первом случае и 60 во втором;
- определение индекса стиля обучения – одна операция, примерно одинаковая в двух случаях; присваивание каждому обучающемуся модели на основании индекса – также одна операция;
- количество и состав обучающихся в обоих случаях одинаково, так что можно считать стоимость процессов, исходя из одного человека.

Таким образом, стоимость процесса в операциях для первого варианта равна 142 операциям, а во втором – 122 операциям. Статьи расходов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость бизнес-процесса в операциях, шт.

	С предварительным тестированием	Без предварительного тестирования
Провести предварительное тестирование	40	-
Построить модель обучающегося	42	62
Провести обучение	60	60
Общая стоимость	142	122

В этом случае учтены все функции и разница более точная, а вычисление результатов прозрачно. Кроме того, из анализа видно, что стоимость построения модели обучающегося зависит от количества вопросов в тесте и количества учебных заданий. То есть разница в стоимости может варьироваться в зависимости от объема предварительного теста и объема учебного материала. Эта взаимосвязь важна для выбора оптимального соотношения между точностью и трудоемкостью организации адаптивного учебного процесса.

Можно сделать вывод, что полученный способ анализа может быть использован в тех бизнес-процессах, где измерение по другим параметрам является трудно формализуемым и мало информативным.

Список литературы

1. *Смотриков Е.С.* Сравнительный анализ функционального и процессного подходов к внедрению информационных систем //Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2019. – №. 1-2. – С. 193-195.
2. *Кропотина О.Е.* Проектный и процессный подходы в управлении: достоинства и недостатки //Образование и право. – 2019. – №. 9 – С. 168-172.
3. *Толкачев М.А.* Бизнес-процесс: понятие, классификация //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. Экономика и управление. – 2017 – №6. – С. 31-33.
4. *Кольцова О.В., Меньщикова В.И.* Бизнес-процесс как основа процессного подхода в управлении //Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2008. – №. 5 – С. 113-118.
5. *Мусаков В.С., Мусаков А.В.* Последовательность и особенности проведения функционально-стоимостного анализа затрат //International scientific review. – 2016. – №. 11 (21).
6. *Hamada M., Hassan M.* An enhanced learning style index: implementation and integration into an intelligent and adaptive e-learning system. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2017, vol. 13, no. 8., pp. 4449-4470. doi:10.12973/eurasia.2017.00940a
7. *Токтарова В.И.* Адаптивная система математической подготовки студентов вуза: учет стилевых типологий обучающихся. Вестник Челябинского государственного педагогического университета, 2017, №. 6, с. 108-117.
8. *Заплатников П.В.* Применение нотации IDEF0 для оптимизация бизнес-процессов производственного предприятия //Вестник науки. – 2020. – Т. 1. – №. 6. – С. 158-163.

05.13.06

В.К. Ионычев, А.А. Шестеркина

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
институт электроники и светотехники,
кафедра электроники и нанoeлектроники,
Саранск, microelektro@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА МИКРОПЛАЗМЕННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ В $p-n$ -ПЕРЕХОДАХ

Приведена методика и краткое описание разработанной установки для исследования глубоких центров по задержке микроплазменного пробоя в $p-n$ -переходах. Данная методика позволяет исследовать глубокие уровни лишь в области заполнения их основными носителями заряда при кратковременном снижении обратного напряжения, то есть исключить полевую перезарядку глубоких центров в области максимального электрического поля.

Ключевые слова: лавинный пробой, микроплазма, $p-n$ -переход, напряжение пробоя, задержка микроплазменного пробоя, глубокий уровень.

В формировании обратных вольтамперных характеристик $p-n$ -переходов определяющую роль играют генерационно-рекомбинационные процессы с участием глубоких центров (ГЦ). В полупроводниковых диодах они могут приводить к увеличению обратных токов, изменению напряжения лавинного пробоя, неоднородностям пробоя по площади кристалла, релаксационным процессам и т.д.

Лавинный пробой $p-n$ -переходов сильно локализован. В основном он развивается в местах скопления различного рода дефектов. Области локального пробоя имеют очень малые геометрические размеры и существенно меньшее напряжение пробоя по сравнению с однородными областями. Эти области сильно локализованного пробоя были названы микроплазмами (МП) [1]. Одним из основных проявлений микроплазменного эффекта в $p-n$ -переходах является импульсный характер лавинного тока. Длительности импульсов и пауз между ними случайны. Исследование лавинного пробоя и, в частности, его задержки позволяет изучать центры, расположенные непосредственно в микроплазменных каналах, что невозможно другими методами.

Целью работы является усовершенствование разработанной ранее [2– 4] методики и установки для исследования глубоких центров по задержке микроплазменного пробоя $p-n$ -перехода.

Суть метода состоит в следующем. Для примера рассмотрим $p-n$ -переход, в котором имеются равномерно распределенные ГЦ с энергетическим уровнем в верхней половине запрещенной зоны и коэффициент эмиссии электронов с глубоких центров намного больше коэффициента эмиссии дырок $e_n \gg e_p$. (рис. 1, а). Пусть $p-n$ -переход находится при такой температуре, при которой уровень Ферми в n -базе выше глубокого уровня. Таким образом, все глубокие уровни со стороны n -базы до области пространственного заряда (до L_{n1}) будут заполнены электронами. Изменяя обратное напряжение на $p-n$ -переходе можно изменять область, в которой на глубокие центры будут захвачены электроны (от L_{n1} до L_{n2}). Однако, если существует полевая зависимость коэффициентов эмиссии носителей заряда с ГЦ, то при изменении напряженности электрического поля, изменится распределение заряда на глубоких уровнях в области от $-L_p$ до L_{n2} . Это может внести значительный вклад в вероятность включения МП и не правильно интерпретировать результаты эксперимента. Поэтому, при исследовании глубоких центров в области от L_{n1} до L_{n2} , необходимо исключить

такое перераспределение заряда на ГЦ в области от $-L_p$ до L_{n2} . В связи с этим, предлагается проводить измерения статистической задержки микроплазменного пробоя на прямоугольных импульсах напряжения следующего вида (рис. 1, б).

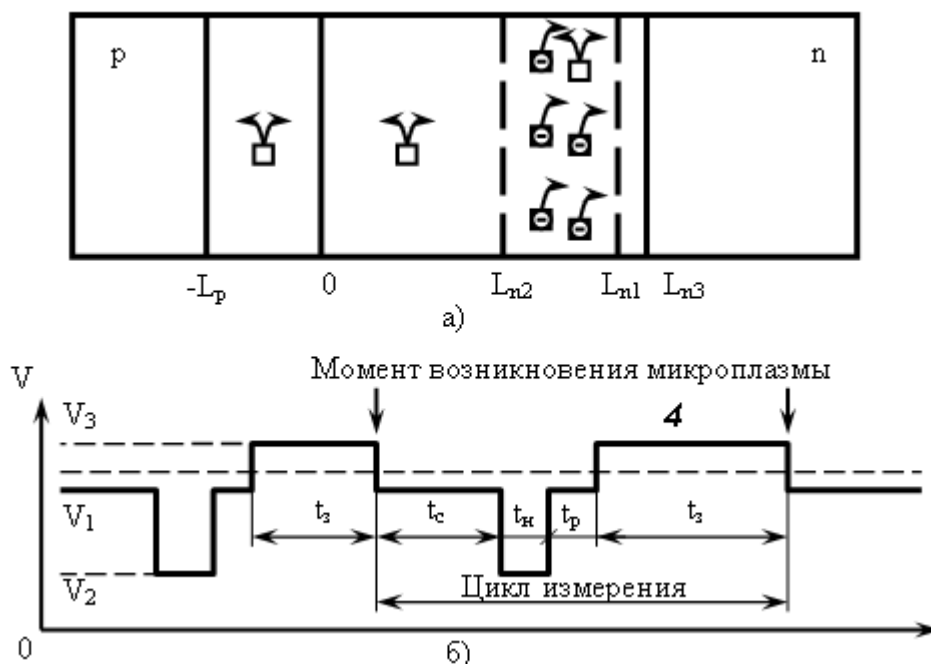


Рис. 1 – К методу определения параметров ГЦ по задержке микроплазменного пробоя p - n -перехода

- а) Схематическое изображение p - n -перехода,
б) Временные диаграммы напряжения на p - n -переходе

Для заполнения ГЦ основными носителями заряда, в данном случае электронами, подается прямоугольный импульс напряжения V_2 длительностью t_n , и при подаче напряжения V_3 измеряется статистическая задержка микроплазменного пробоя t_3 . Параметры импульсов выбираются из следующих предпосылок. Интервал времени t_c определяется временем установления стационарного состояния в микроплазменном канале. Длительность ступеньки t_n должна быть гораздо меньше времени перераспределения носителей заряда на ГЦ под действием электрического поля в области от $-L_p$ до L_{n2} (рис. 1,а), и в тоже время, чтобы ГЦ в области от L_{n1} до L_{n2} заполнились основными носителями заряда (электронами) со стороны n -базы. Реализовать такой режим измерений возможно, т.к. скорость захвата обычно гораздо больше скорости эмиссии носителей заряда с ГЦ. Регулировать степень заполнения глубоких центров можно с помощью ступеньки напряжения t_p . Напряжение V_B – напряжение пробоя первой микроплазмы. Напряжение V_3 – незначительно (на несколько процентов) превышает V_B . Напряжение V_1 – несколько ниже V_B (на 5–10 мВ). Напряжением V_2 – регулируется область заполнения ГЦ электронами.

Эмиссия носителей заряда с глубоких центров влияет на статистическую задержку пробоя и может при определенных условиях практически полностью ее определять, даже в тех случаях, когда концентрация ГЦ на много порядков величины меньше значения концентрации легирующих примесей [2 – 4]. Если же концентрация ГЦ в микроплазменных каналах сравнима с концентрацией легирующих примесей, то перезарядка ГЦ приводит к релаксационной задержке лавинного пробоя p - n -перехода [5].

Измерение статистической задержки микроплазменного пробоя включает 2 этапа [2 – 4].

Первый этап. Измерение вероятности включения МП без специального заполнения глубоких центров в микроплазменном канале (фоновый запуск лавины). Функция распределения задержки пробоя P_M в полулогарифмических координатах представлена на рис. 2 кривая 1.

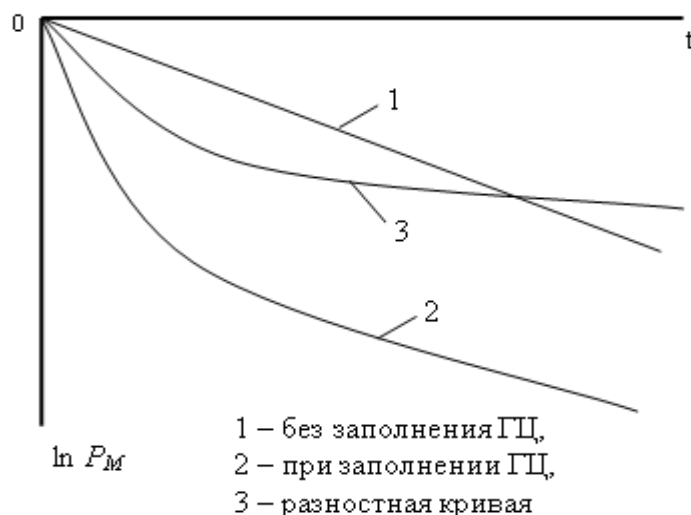


Рис. 2– Функции распределения статистической задержки пробоя по длительности

Второй этап. Измерение вероятности включения МП при заполнении глубоких центров в микроплазменном канале. Кривая 2 (рис. 2) показывает типичную функцию распределения задержки пробоя при заполнении ГЦ в полулогарифмических координатах.

Разностная кривая 3, полученная вычитанием кривой 1 из кривой 2, является функцией распределения статистической задержки пробоя микроплазмы, связанной с реэмиссией носителей заряда с ГЦ. Она содержит всю основную информацию о влиянии глубоких центров на статистическую задержку пробоя p - n -перехода. Анализ этой функции позволяет определить параметры ГЦ: энергию активации, сечение захвата, концентрацию.

Разработана установка для исследования задержки лавинного пробоя p - n -перехода. Структурная схема установки представлена на рис. 3. Установка автоматизирована на основе микроконтроллера AT90S2313 фирмы ATMEL, связывающего её с персональным компьютером, посредством которого осуществляется управление установкой и обработка результатов измерений.

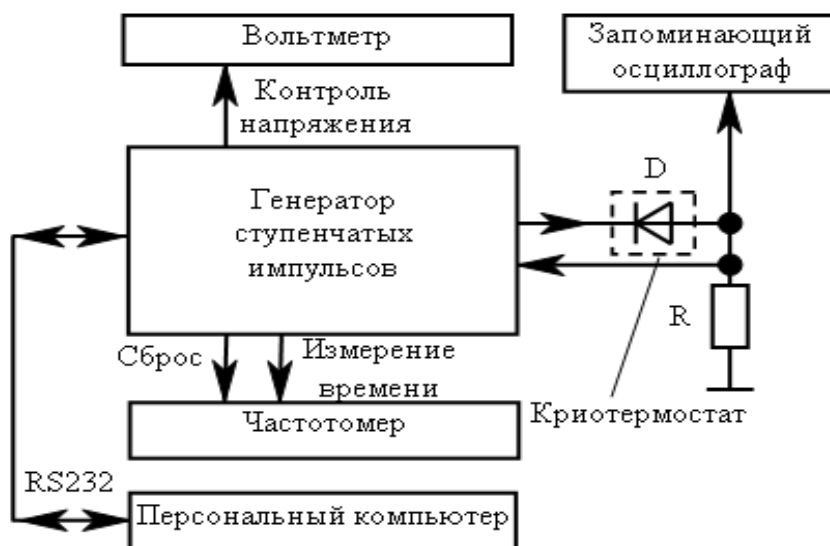


Рис. 3 – Структурная схема установки для исследования задержки лавинного пробоя в диодах

Генератор ступенчатых импульсов формирует импульсы формы указанной на рис. 1, б. Он состоит из блока управления на основе микроконтроллера, блока формирования импульсов на полевых транзисторах IRFBE30 фирмы International Rectifier и микросхем-драйверов IR2125 той же фирмы, компаратора напряжения и блока питания. В структурной схеме

установки (рис. 3) частотомер используется для контроля длительности импульсов t_c , t_n , t_p а также может быть использован для измерения времени задержки микроплазменного пробоя t_3 , вольтметр – для контроля напряжений V_1 , V_2 , V_3 , V_B , осциллограф – для контроля формы импульсов, подаваемых на исследуемый диод. Диапазон измеряемых задержек микроплазменного пробоя от 1 мкс до 7 мин при максимальном напряжении лавинного пробоя 350 В. Исследуемый образец размещается в светонепроницаемом криотермостате, позволяющем проводить измерения в диапазоне температур 77 – 400 К и поддерживать ее с точностью $\pm 0,1$ К. Внешний вид установки представлен на рис. 4.

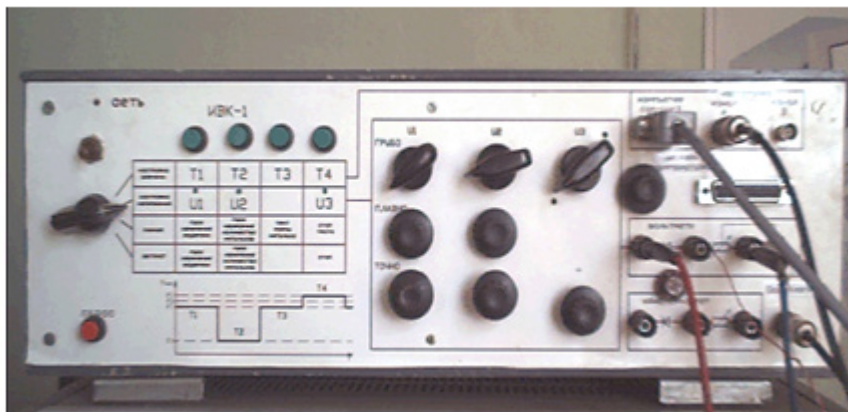


Рис. 4– Внешний вид установки

Список литературы

1. Грехов И.В., Серезжин Ю.Н. Лавинный пробой p - n -перехода в полупроводниках. Л.: Энергия, 1980. – 152 с.
2. Ионычев В.К., Ребров А.Н. Исследование глубоких центров в микроплазменных каналах кремниевых лавинных эпитаксиальных диодов // ФТП. – т. 43, вып. 7. – 2009. – С. 980–984.
3. Ионычев В.К., Шестеркина А.А. Исследование глубоких центров в микроплазменных каналах фосфидгаллиевых светодиодов зеленого спектра излучения // ФТП. – т. 51, вып. 3. – 2017. – С. 386–389.
4. Ионычев В.К., Шестеркина А.А. Влияние глубоких центров на статистическую задержку микроплазменного пробоя в арсенидгаллиевых светодиодах // ФТП. – т. 52, вып. 8. – 2018. – С. 944 – 948.
5. Кюрегян А.С., Шлыгин П.Н. Температурная зависимость напряжения лавинного пробоя p - n -переходов с глубокими уровнями // ФТП. – т. 23, вып. 7. – 1989. – С. 1164 – 1172.

05.13.06

В.В. Лебедев, О.В. Пухова

Тверской государственный технический университет,
кафедра электронно-вычислительных машин,
Тверь, Lebedev_vl.69@mail.ru

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АСУТП ФОРМИРОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЛЫХ ГОРШОЧКОВ

В статье разработано оригинальное программное обеспечение системы автоматического управления технологическим процессом (АСУТП) формирования торфяных полых горшочков. Оно позволяет отображать автоматизированный процесс производства, осуществлять мониторинг и прямое цифровое управление параметрами технологического процесса. Программное обеспечение обладает графическим отображением технологического оборудования, позволяет задавать пользовательские настройки элементов системы мониторинга, а так же выбирать оптимальные параметры работы оборудования. Автоматизация производства способствует повышению качественных свойств и количественных показателей конечной продукции.

Ключевые слова: программное обеспечение, торф, система управления автоматика, переработка.

В современных условиях весьма актуальными являются вопросы повышения качества торфяной продукции, экономии энергетических ресурсов и интенсификации использования технологического оборудования. Одним из направлений решения этих задач, является создание систем автоматического управления технологическими процессами (САУ ТП).

Технологический процесс производства торфяных горшочков является полным циклом производства, имеющим на входе системы фрезерный торф и минеральные добавки, а на выходе – готовую продукцию в виде торфяных горшочков для выращивания сельскохозяйственных культур. Основными причинами, препятствующими получению высококачественной торфяной продукции, служат случайные ошибки дозирования сырьевых компонентов и нарушение технологических процессов производства. Функциональная схема автоматизации производства торфяных горшочков представлена на (рис.1).

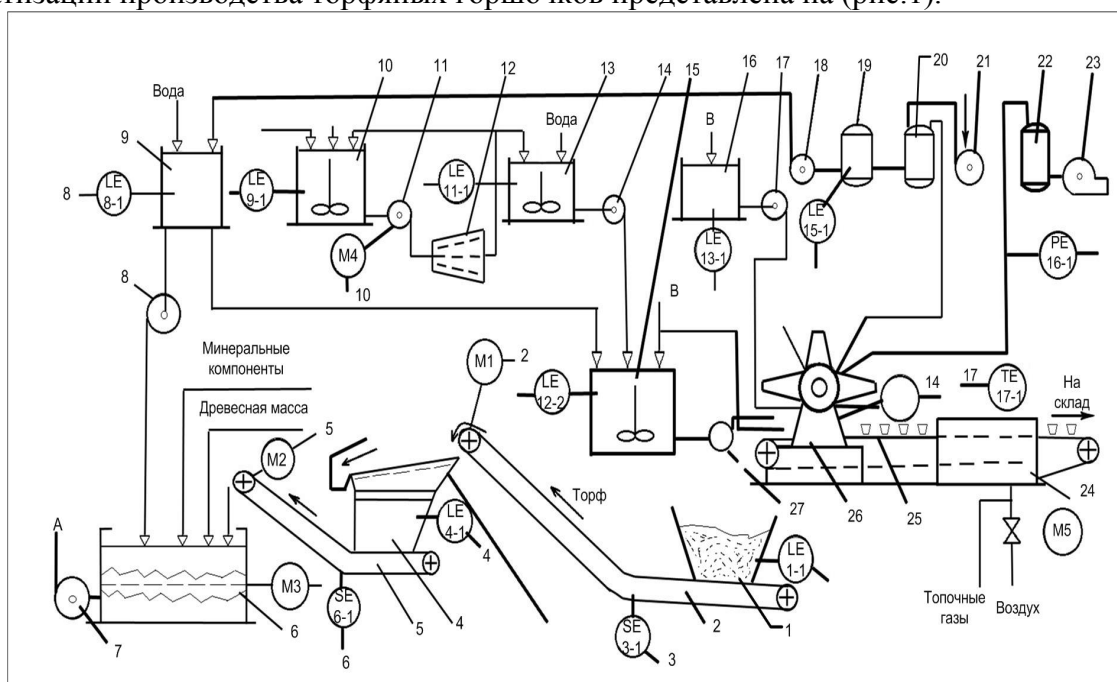


Рис.1 - Функциональная схема автоматизации производства торфяных полых горшочков

Технологический процесс производства торфяных полых горшочков можно разделить на этапы, связанные между собой: подготовка; водозатворение; насыщение; прессования и сушки.

Водозатворение торфяной массы является одним из основных этапов, определяющим качество конечного продукта. На этой стадии предусматривается регулирование расхода поступающего в резервуар гидроразбивателя торфа, измерение и регулирование количества воды для формирования необходимой консистенции.

На этапе перемешивания контролируются уровни в резервуарах для перемешивания водноторфяной массы, работа роторного смесителя, а так же насосов для передачи водноторфяной массы между резервуарами.

Стадия прессования предусматривает обеспечение автоматического формирования полых горшочков из торфодревесной массы, а так же их сушка.

Стоит отметить, что данный технический процесс является довольно сложным для программной реализации применительно к системе автоматического управления (САУ). При разработке программного решения для САУ, логично использовать продукт от одного производителя. Таким продуктом является среда разработки Microsoft Visual Studio 2017.

Разработанное программное обеспечение для АСУТП производства торфяных горшочков содержит:

- панель управления операторской мнемосхемы (Рис.2);
- окно настроек параметров технологического процесса;
- панели меню для навигации по основному функционалу;
- панели навигации страничных вкладок для отображения различных элементов программного комплекса.

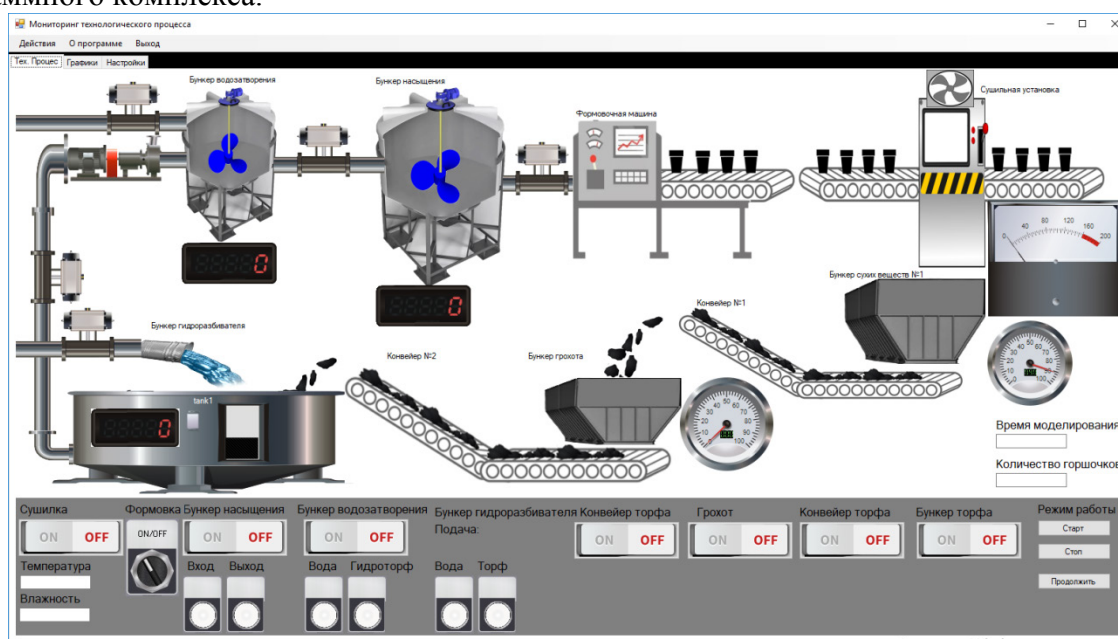


Рис. 2 - Основная панель приложения операторской мнемосхемы

На операторской мнемосхеме отображены основные технологические параметры, такие как: температура, уровень в резервуаре, работа насосов, состояние клапанов и др. Эти данные обновляются на экране с заданным периодом актуализации. Если какой-либо параметр достигает аварийного значения, соответствующее поле начинает мигать, привлекая внимание оператора.

Сигналы ввода/вывода и исполнительные механизмы отображаются в виде интерактивных графических символов. Каждому типу сигналов и исполнительных механизмов присваивается свой символ. Каждый символ, как правило, представляет собой отдельный компонент.

Перед началом работы АСУТП задаются параметры технологического процесса во вкладке настройки. После чего переходим на основную вкладку приложения операторской мнемосхемы. Начинается работа системы автоматического процесса формирования торфяных горшочков. Происходит подача торфа из первого бункера на конвейер с заданным расходом дозиметра. Порция торфа, проходя по конвейеру, попадает в просеивающий грохот. Наполненность грохота можно наблюдать на радиальном индикаторе около грохота. При превышении максимальной нагрузки на конвейер, выдается контекстное сообщение и оповещающий сигнал. Просеивающий грохот производит отделение частиц не подходящей фракции. Бункер просеивающего грохота имеет определенный объем контролируемый дозиметром, постепенно происходит наполнение бункера грохота. При достижении максимального уровня выдается сообщение и загорается индикатор. Нажав по иконке грохота можно вызвать дополнительную информативную панель справочной информации. Для второго подающего конвейера справедливы такие же правила, как и для первого. Как только начинается подача торфа в бункер гидроразбивателя, активируется подача воды с заданным дозиметром расходом. Производится заполнение бункера до максимального или близкого к нему значения. При заполнении до максимального значения прекращается подача торфа и воды.

Затем для этого бункера рассчитывается концентрация вещества. При допустимой концентрации вещества в $10\% \pm 2\%$ открывается кран подачи в бункер водозатворения. При некорректной концентрации выводится контекстное сообщение и сигнал, оповещающий оператора. Необходимо пересчитать объемы подаваемых веществ и задать корректные настройки. Открывается кран подачи воды в бункер водозатворения. Производится заполнение бункера до максимального и около максимального уровня. При достижении уровня заполнения, производится открытие крана и передача гидроторфяной массы в бункер насыщения. Одновременно проверяется занятость формовочной машины. Если формовочная машина свободна, то гидроторфяная масса подается на нее, иначе происходит её накопление в бункере. При подаче гидроторфяной массы на формовочную машину производится ее активация и начинается формовка. Время формовки определяется заданными параметрами. После формовки на выходе получают торфяные горшочки с заданной влажностью. Затем сформированные горшочки поступают на сушилку. В сушильной камере происходит сушка изделий с заданной температурой и временем.

Таким образом, реализация программного продукта сделана в виде человеко-машинного интерфейса. Разработанное программное обеспечение АСУТП обеспечивает: интуитивно понятный интерфейс, легкодоступную интерпретацию входной и выходной информации; быстрый доступ к основным функциональным программным элементам; графическое отображение управляемого технологического оборудования; возможность задачи всех необходимых пользовательских настроек элементов системы мониторинга; в автоматическом режиме контроль технологического процесса; возможность, в режиме реального времени, получать графики параметров технологического процесса; выбор оптимальных параметров работы технологического оборудования для повышения качественных свойств и количественных показателей конечной продукции. Это способствует повышению эффективности работы оператора за счёт внедрения наглядной и информативной справочной информации.

Список литературы

1. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2017, № 5. – С. 105–117.
2. Vladimir Lebedev, Olga Puhova Software for Automated Production Line of Peat Briquettes В сборнике: E3S Web of Conferences «The 1st International Innovative Mining Symposium». Volume 15. 2017. P. 01018.
3. Абу-Абед Ф.Н., Наумова Л.Г. ИТ-Технологии в автоматизации технологических процессов в горной промышленности // Техника и технология горного дела. 2019. № 3 (6). С.21-35.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И
КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)**

05.13.11

Д.В. Горбачев

Оренбургский государственный университет,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники автоматизированных систем,
Оренбург, gordi47@mail.ru

**СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ АНАЛИЗЕ ДОСТУПНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ВРАЧЕБНОЙ И
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ**

Проводимое исследование направлено на разработку алгоритмов поддержки принятия решений при организации оказания медицинской помощи в сельских и удаленных районах региона. В статье введены показатели и критерии принятия решений при оценке доступности медицинской помощи. Сформирована схема решения задачи, позволяющая перейти к формализованным алгоритмам и автоматизации процедур анализа и подготовки решений.

Ключевые слова: *принятие решений, медицинская помощь, доступность, фельдшерско-акушерский пункт, ИТ-поддержка, база знаний.*

Введение. В процессе принятия решений по организации функционирования медицинского учреждения большое внимание уделяется использованию алгоритмов ИТ-поддержки анализа факторного пространства модели принятия решений, синтеза альтернатив, а также правил выбора оптимального по заданным критериям. Решить задачи ИТ-поддержки лицу, принимающему решения (ЛПР), помогают современные медицинские информационные системы (МИС) [1]. Функционал МИС достаточно широк, но в основном направлен на поддержку оперативной деятельности медицинской организации, в то время как некоторые организационные аспекты задачи принятия решения остаются не охваченными. Как отмечено в [2, стр. 12-13], к таким «...задачам относится поддержка принятия решений по доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи (ПВСМСП)». При характеристике доступности или недоступности медицинской помощи во внимание принимаются:

- время, необходимое для получения медицинской помощи;
- транспортная доступность до медицинского учреждения;
- возможность получения определенной медицинской услуги в медицинских учреждениях по месту жительства;
- бесплатность необходимой медицинской помощи;
- наличие медицинского персонала нужной специализации и квалификации, медицинского оборудования, лекарственных препаратов и медицинских инструментов.

Постановка задачи. Проведенный анализ показывает, что доступность ПВСМСП зависит от достаточно большого числа факторов, к тому же в этом пространстве не определено межфакторное влияние показателей. Поэтому задача оценки доступности ПВСМСП и разработки рекомендаций по ее обеспечению относится к задачам с не полной определенностью, является не тривиальной, в ней не формализован принцип выбора альтернатив и по своему характеру является расчетно-диагностической системой [3, стр. 59-69].

Формально модель общей задачи принятия решения (ОЗПР) можно представить в следующем виде:

$$ОЗПР : < T, I_{вх}, I_{вых}, I_{реш}, P, C > ,$$

где T – цель принятия решения – упорядочение множества альтернатив обеспечения доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи (под «альтернативой» в данном случае понимается совокупность значений показателей, участвующих в оценке группы показателей Y (см. табл. 1)); $I_{вх}$ – исходные данные для порождения альтернатив; $I_{вых}$ – множество порожденных альтернатив; $I_{реш}$ – выбранная альтернатива; P – правило порождения альтернатив; C – правило выбора наилучшей альтернативы.

Исходные данные для порождения альтернатив и множество порожденных альтернатив для ОЗПР могут включать детерминированную, вероятностную и неопределенную информацию. Правила порождения и выбора альтернатив могут быть представлены в форме аналитических, логических, эвристических решающих правил, в том числе как скалярные, векторные, составные критерии.

Исследуемая ОЗПР относится к слабоструктурированным задачам. В настоящее время для их решения интенсивно создаются методы обработки знаний (логико-лингвистического моделирования) [4, 219-220]. Такие методы обеспечивают преобразование данных и вывод допустимых решений, как в аналитической форме, так и в форме выражений естественного языка. При этом используются все известные теоретические модели представления: $I_{вх}$, $I_{вых}$, $I_{реш}$, P , C а также не формализуемый опыт экспертов.

Множества $I_{вх}$, $I_{вых}$, $I_{реш}$ ОЗПР составляют данные по показателям групп доступности ПМСМП:

$$\begin{aligned} I_{вх} &= \{X(x_1, \dots, x_5), Y(y_5, y_6), Z(z_1, \dots, z_7), D(d_1, \dots, d_4)\}, \\ I_{вых} &= \{M(m_1, \dots, m_4)\}, \\ I_{реш} &= \{Y(y_1, \dots, y_4)\}. \end{aligned}$$

где X – блок показателей общественного здоровья сельских жителей; Y – блок показателей территориальной доступности медицинской помощи; Z – блок показателей кадровой доступности медицинской помощи; D – блок показателей социального благополучия [2, стр. 15-17].

Обобщенный критерий доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи направлен на снижение смертности в зоне ответственности районной больницы:

$$X_5 = \sum_i x_{5_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где i – диагноз смерти.

Частные критерии принятия решения имеют вид:

– для ПМСМП:

$$\min_{[0 \leq k_i \leq 20]} \sum \text{Показатель доступности ПМСМП}; \quad (2)$$

– для ПВМСП:

$$\min_{[0 \leq k_i \leq 5]} \sum \text{Показатель доступности ПВМСП} \quad (3)$$

При ограничениях:

– по количеству ФАП: $Y_5 = Y$ – имеющееся количество ФАП районной больницы;

– ФАП расположены в населенных пунктах согласно планов регионального Минздрава:

$$Y_6 = (R_{max}, R_{min}).$$

Функциональная модель задачи принятия решений обеспечения доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи представлена на рисунке 1.

Проводимые оценки доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи позволяют получить информацию для акцентирования дальнейшего анализа и синтеза решений. Исходными данными для проведения расчетов являются сведения о количестве ФАП в районах региона и их удаленность относительно районной

больницы. Получаемые в результате показатели доступности ПСМСП и ПВМСП, соответственно, проверяются по критериальным значениям показателей. Кроме того, для принятия качественных и обоснованных решений выделена группа показателей, оказывающие на решение наиболее значительное влияние [5, стр. 3]. Эта задача может быть решена, например, методом корреляционного анализа данных по группам показателей. Таким образом, формируется вся необходимая для принятия решения информационная база.

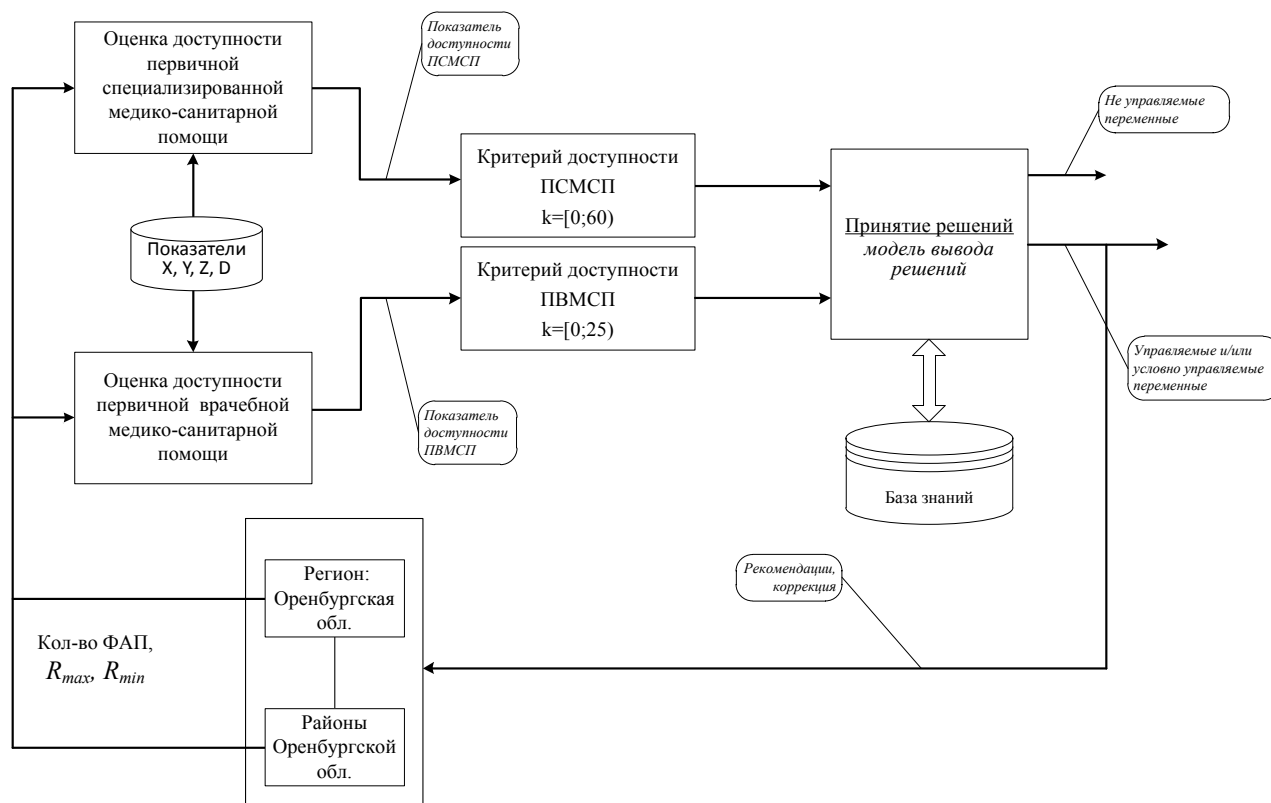


Рис. 1 – Модель задачи принятия решений

Основным элементом ИТ-поддержки при подготовке принятия решения является база знаний. В ней содержатся сведения об оптимальных значениях показателей доступности ПСМСП и ПВМСП, весовые характеристики параметров, степени влияния каждого из показателей на эффективность принимаемых решений, а также правила формирования альтернатив и критерии предпочтения альтернатив. Метод формирования базы знаний – экспертное оценивание.

Принятие решения включает в себя две процедуры: подготовка альтернатив и вывод решения. При подготовке альтернатив по результатам корреляционного анализа принимается решение о наиболее значимых для обеспечения доступности МСП показателях – управляемые переменные. При этом может сформироваться группа показателей, которые оказывают влияние на конечные решения, но находятся, что называется, за рамками исследования, т.е. учет этих показателей необходим, но изменять их в ходе работы модели нельзя. Также в результате анализа получается группа показателей, не (или не значительно) влияющих на решения. Следовательно, их можно считать неуправляемыми.

Заключение. Таким образом, как видно из приведенного описания сущность задачи поддержки принятия решений по территориальной доступности первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи сводится к получению оценок показателей доступности медицинской помощи, сравнения их с эталонными значениями и корректированию негативных влияний отдельных факторов в целях получения оптимальных (или как минимум допустимых) значений показателей.

Список литературы

1. *Станислав Кузовков*. Обзор медицинских информационных систем (МИС) в 2018 году. [Электронный ресурс] // Обзор. – Электрон. дан. – 26.03.2018. Режим доступа: <http://symmetria-med.ru/blog/obzor-meditsinskih-informatsionnyh-sistem-mis-v-2018-godu.html> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 19.07.2018).
2. Методология оценки территориальной доступности первичной медико-санитарной помощи сельскому населению / Калининская А. А., Баянова Н. А. ; ЦНИИ организации и информатизации здравоохранения Министерства здравоохранения РФ, Оренбургский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения РФ. – Оренбург: Пресса, 2018. – 157 с.
3. *Дик В.В.* Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки / В.В. Дик. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 300 с.
4. *Анфилатов В.С. и др.* Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин ; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
5. Информационное сопровождение управления ресурсами здравоохранения села: монография / Н.А. Баянова, Е.Л. Борщук, А.А. Калининская, Д.В. Горбачев, Д.Н. Бегун. – Оренбург: ОрГМУ, ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2018. – 210 с.

05.13.11

А.Н. Пономарев, Л.В. Казанцева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский технологический университет» (МИРЭА),
Институт информационных технологий,
кафедра Вычислительной Техники,
ponomarev_a@mirea.ru

МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ

Вопросы интеграции информационных технологий и машинного обучения, в частности, играют колоссально значимую роль в профессиональной жизнедеятельности современного человека. Основной целью представленной работы является изучение вопроса машинного обучения и, в частности, анализ актуальности и применения машинного зрения в решении различных прикладных задач. В ходе выполнения работы используются теоретические методы исследования. С целью более полного раскрытия темы и получения достоверных данных автором используются публикации и материалы отечественных и зарубежных источников.

Ключевые слова: *Информационные технологии, машинное обучение, машинное зрение.*

Информационные продукты являются основой в работе информационных технологий (ИТ). Именно посредством информации организуется система последовательных операций с целью использования ресурсов и методов автоматизации различных процессов. Необходимо отметить, что на сегодняшний день существует множество подходов относительно проблемы классификации информационных технологий. Несмотря на всю распространенность, термин «информация» остается одним из самых обсуждаемых понятий в науке, а сам термин имеет множество различных значений в разных отраслях деятельности человека [1].

Посредством информации и информационных технологий передаются конфиденциальные данные, производятся транзакции на различных предприятиях, производится хранение и работа с засекреченной информацией и так далее. Данный список можно перечислять бесконечно, так как в век информационных технологий практически все процессы, происходящие в жизнедеятельности человека, основывается на применении информационных технологий и информации, в частности.

Актуальность использования информационных технологий как никогда высока в современном мире. Именно посредством данных технологий на сегодняшний день решаются одни из самых крупных и сложно-вычислимых задач. ИТ находят применение не только при решении математических и иных инженерных задач для принятия оптимальных решений, данная технология успешно применяется в сфере торговли.

Одной из основных технологий, относящихся к сфере ИТ, а также имеющих колоссальное влияние во многих процессах, происходящих в современном мире, является машинное обучение и машинное зрение, в частности [2].

Компьютерное зрение (Computer Vision, CV), в том числе машинное зрение (Machine Vision, MV) – это автоматическая фиксация и обработка изображений, как неподвижных, так и движущихся объектов при помощи компьютерных средств. В России также используется термин «техническое зрение». Более сложные системы CV способны распознавать предметы, лица, сцены, анализировать поведение объектов, определять наличие или исчезновение объектов. В последние годы CV стало активно использоваться в промышленности, в том числе в таких отраслях, как автомобилестроение, пищевая промышленность, фармацевтика и производство микроэлектронных изделий [3].

Например, в автомобилестроении транспортные средства, как правило, включают множество вариантов деталей, поэтому автопроизводители применяют системы CV, чтобы считывать маркировку компонентов при сборке на конвейере для того, чтобы были установлены именно нужные в данной комплектации детали. Кроме того, CV необходимо для управления роботами на автосборочном конвейере. Компьютерное зрение также используется для повышения качества, в частности, для осмотра, калибровки, проверки размеров, зазоров, расстояний, а также для выравнивания деталей на линиях сборки автомобилей [4].

В производстве пищевой продукции системы CV могут проверять, все ли ингредиенты указаны на упаковке товара, особенно те, которые могут содержать аллергические вещества. Нанесение штрих-кодов необходимо для скоропортящихся товаров, а код партии необходим на случай отзыва продукции из обращения. Системы машинного зрения могут обеспечить точный и гигиеничный бесконтактный метод контроля уровня заполнения или размеров готовой продукции для соответствия уровню качества.

Фармацевтика подразумевает высокую ответственность за обеспечение безопасности, поэтому необходимо надёжно отслеживать все компоненты состава и качество готовой продукции [5].

При изготовлении микросхем и электронных компонентов CV используют в чистых помещениях для контроля размещения кремниевых пластин, маркировки и положения чипа интегральных схем и других элементов.

Более 100 различных компаний, такие как Adani, Cognex, Viper Imaging, Applied Vision Corporation, Omron и другие начали производить системы машинного зрения. Были разработаны специальные светодиоды для систем машинного зрения, расширялись функции световых сенсоров и архитектуры управления системами CV. Это значительно расширяло их функционал при постоянном снижении цен на такие системы [6].

Также в настоящее время наблюдается рост интереса к технологиям распознавания, в частности, распознавания лиц, в задачу которых входит автоматическая локализация лица на изображении и, при необходимости, идентификация человека. Понятие «распознавание» можно определить, как отнесение изучаемого объекта к одному из заранее известных классов [7].

Под распознаванием понимается научное направление, которое включает в себя разработку принципов и построения систем, направленных на определение принадлежности текущего объекта к одному из заранее подготовленных шаблонных объектов. Процесс распознавания происходит на базе зрительной, слуховой и тактильной информации.

Процесс распознавания опирается на сопоставлении признаков, характеристик исследуемого объекта с признаками, характеристиками известных объектов, в результате чего делается вывод о наиболее правдоподобном их соответствии. Несмотря на то что, все объекты уникальны, между некоторыми из них можно найти общие сходства, основанные на каком-либо признаке.

Задача распознавания образов включает в себя две подзадачи: само распознавание и классификация.

- Распознавание - установление принадлежности исследуемого объекта к определенному множеству с помощью правил классификации. Эта подзадача предполагает, что система, перед тем как выполнить данную функцию, должна быть обучена на примерах рассматриваемого объекта - обучающей выборке. Для этого применяется так называемый метод обучения с учителем.

- Классификация - распределение, разделение множества объектов, по классам, при котором в одну группу попадают объекты, обладающие общим признаком.

Для решения задачи распознавания применяются различные методики, среди которых, основанные на нейронных сетях (машинное обучение), на разложении Карунена – Лоэва, линиях одинаковой интенсивности, на алгебраических моментах, эластичных (деформируемые) эталонах сравнения.

Таким образом, задача распознавания лиц имеет множество применений в таких областях, как интеллектуальные системы безопасности и контроля доступа, биометрия, охранные системы, верификация, организация видеоконференций, системы машинного зрения и т.д. Традиционные способы идентификации, такие как ключи или пароли, не обеспечивают высокую степень надежности идентификации, поэтому наиболее динамично развиваются системы биометрической идентификации. Идентификация личности человека по лицу имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами:

- человеку не требуется контактировать с устройствами физически, что является наиболее приемлемым способом для массового применения;
- не требуется сложное и дорогостоящее оборудование.

Сегодняшнее развитие систем CV пока далеко от реализации всех его возможностей. Однако эта отрасль быстро развивается и диапазон его применений быстро ширится [8].

Таким образом, технологии машинного зрения используются в весьма востребованных областях науки и техники, таких как автоматизация процессов, повышение производительности, повышение качества выпускаемых изделий, контроль производственного оборудования, интеллектуальные робототехнические комплексы, системы управления движущимися аппаратами, биомедицинские исследования и множество других.

В заключение необходимо отметить, что также довольно важным параметром является программная составляющая систем машинного зрения, а именно программное обеспечение для подготовки изображений к обработке (для аналоговых камер это оцифровщик изображений), специфичные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих свойств. Исследование применения машинного зрения позволяет использовать интеллектуальные камеры и недорогое оборудование, реализующее набор стандартизованных функций обработки и распознавания изображений.

Список литературы

1. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. - ИЦ «Гевисста». 2017.
2. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. - СПб.: Питер. 2018.
3. Гусев С.С. Искусственный интеллект как отражение действительности в XXI веке. Интерактивная наука. 2016.
4. Larin S.N., Elizarova M.I., Sokolov N.A. Analysis of the development of the world market of high-tech products on the example of artificial intelligence technologies // Economics and business: theory and practice. 2019.
5. Мустафина А.Ф. Технология искусственного интеллекта в контексте бизнес-среды // Стратегии бизнеса. 2019.
6. Imanov R.A., Ponomareva S.V., Serebryansky D.I. Development of the digital economy: artificial intelligence in domestic industrial production // RPE. 2018.
7. Margolin D.I., Dubovskaya N.P. the Main stages of development of artificial intelligence // Young scientist. 2018.
8. Стив Лоуренс. Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach. 2012.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

**А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, Р.М. Галиев канд. техн. наук,
Р.Ф. Илдарханов канд. техн. наук, В.М. Нигметзянова канд. педагог. наук,
Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, Р.Х. Тахавиев**

НЧИ ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru

**ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ**

В статье изложены результаты исследования работоспособности карданных передач грузовых автомобилей в зимних условиях. Рассмотрены причины неисправностей и отказов карданной передачи в период эксплуатации. Предложены параметры математической модели рабочего процесса карданной передачи грузового автомобиля, учитывающие влияние внешней среды.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, нагруженность трансмиссии, карданная передача, асинхронный шарнир, хладноломкость, коэффициент трения.*

Карданная передача, применяемая в приводе ведущих колёс грузового автомобиля, является ответственным элементом трансмиссии, обеспечивающим силовую связь несоосных валов. Условия эксплуатации карданной передачи определяют высокий уровень требований к её конструкции [1]. Валы и шарниры передачи воспринимают переменные нагрузки как от передаваемого крутящего момента двигателя, так и от дорожной поверхности через неподрессоренные части шасси. Открытое размещение передачи без применения защитных элементов может являться причиной повреждения из-за ударного воздействия посторонних предметов, например частиц гравия или щебня.

Согласно предъявляемым к отечественным грузовым автомобилям требованиям, их эксплуатация может осуществляться в широком диапазоне природно-климатических и дорожных условий [2]. Выполнение грузовых перевозок не только в условиях Сибири и Крайнего Севера, но и в умеренной климатической зоне средней полосы России, связано с воздействием низких температур атмосферного воздуха [3]. Детали карданных шарниров (рис. 1) подвержены непосредственному обдуву холодным воздухом, что усложняет условия нагружения.

Исследование условий эксплуатации и сведений о дефектовке карданных передач автомобилей КАМАЗ позволили установить комплексное влияние факторов естественно-технической системы «водитель - автомобиль - дорога - окружающая среда» на работоспособность и долговечность деталей и узлов в целом [4, 5].



Рис. 1 – Асинхронный карданный шарнир автомобиля КАМАЗ

К наиболее важным можно отнести следующие факторы нагруженности карданной передачи.

1. Переменные нагрузки в трансмиссии, определяемые значениями передаваемого крутящего момента при различных углах наклона валов. Воздействие данного фактора, как правило, усугубляется динамическими нагрузками со стороны опорной поверхности, которые и являются причиной изменения относительного положения валов. В некоторых случаях при ограниченном перемещении игл подшипников происходит бринеллирование поверхностей шипов крестовины карданных шарниров.

2. Движение по неровной дороге и преодоление опорных препятствий, приводящие к вертикальному перемещению неподрессоренных масс (ведущего моста) и изменению кинематики карданной передачи, сопровождаемому толчками и вибрацией. В частности, осевые нагрузки, как отмечалось в работе [6], приводят к снижению долговечности карданной передачи в 2-3 раза по отношению к другим агрегатам автомобиля.

3. Охлаждение деталей карданного шарнира и трубы вследствие воздействия атмосферного воздуха. Данный фактор является (в случае экстремально низких температур) причиной возникновения явления хладноломкости деталей, приводящего к нарушениям в микроструктуре конструкционного материала и последующим поломкам.

4. Снижение температуры смазочного материала вследствие охлаждения шарнира, приводящее к ухудшению условий трения деталей и ускорению их износа. Кроме того, повышение вязкости смазки приводит к росту сил трения и снижению коэффициента полезного действия карданной передачи.

5. Уменьшение упругих свойств уплотнений карданного шарнира вследствие охлаждения, что может в дальнейшем привести к нарушению работы шарнира при нормальной температуре из-за потери герметичности.

Существующие расчётные модели не позволяют произвести оценку снижения прочности деталей при одновременном воздействии нескольких внешних факторов [6]. При оценке нагруженности карданной передачи следует принимать во внимание снижение несущей способности деталей при низких температурах, дополняемое динамически меняющимся крутящим моментом и опорными реакциями, возникающими в ряде случаев при эксплуатации на дорогах с переходным и низшим типами покрытия, зимниках и временных дорогах.

Осевое усилие в шлицевом соединении карданной передачи находится по зависимости [6], уточнённой для сложных условий эксплуатации:

$$P_x = \frac{4 \cdot M_{e \max} \cdot u_{tr \max} \cdot k_d \cdot \mu \cdot (a \cdot t_{sm} + b)}{\gamma_r \cdot (D_{sch} + d_{sch})}, \quad (1)$$

где $M_{e \max}$ - максимальный крутящий момент двигателя; $u_{tr \max}$ - максимальное передаточное число трансмиссии от двигателя до расчётной части карданной передачи; k_d - коэффициент динамичности, учитывающий влияние нагрузок от неподрессоренных масс автомобиля; μ - коэффициент трения в шлицевом соединении; t_{sm} - температура атмосферного воздуха; a, b - коэффициенты аппроксимации, учитывающие влияние окружающей среды на условия трения; γ_r - коэффициент, учитывающий влияние изменения размеров шлицевого соединения при низких температурах эксплуатации; D_{sch}, d_{sch} - внешний и внутренний диаметры шлицев.

Нагрузки в шлицах карданного вала и других деталях должны определяться по аналогичной методике, учитывающей влияние системных факторов. Например, напряжение кручения трубы карданной передачи предлагается определять по известной зависимости [6], дополненной корректирующими коэффициентами:

$$\tau_{kr} = \frac{M_{e \max} \cdot u_{tr \max} \cdot k_d \cdot D_t}{0,2 \cdot \gamma_t \cdot (D_t^4 - d_t^4)}, \quad (2)$$

где D_t, d_t - внешний и внутренний диаметры трубы карданной передачи; γ_t - коэффициент, учитывающий влияние изменения размеров трубы карданной передачи при низких температурах эксплуатации.

Напряжение среза, действующее в расчётном сечении шипа крестовины шарнира [6], также находится по уточненной формуле:

$$\tau_{sr} = \frac{2 \cdot M_{e \max} \cdot u_{tr \max} \cdot k_d}{\pi \cdot \gamma_{kr} \cdot d_{kr}^2 \cdot r_m}, \quad (3)$$

где γ_{kr} - коэффициент, учитывающий влияние изменения размеров карданного шарнира при низких температурах эксплуатации; d_{kr} - диаметр шипа крестовины шарнира; r_m - радиус приложения расчётной нагрузки к шипу крестовины.

Выбор конструктивных параметров карданного шарнира и трубы карданной передачи по зависимостям (1)...(3) позволяет, по мнению авторов статьи, более точно оценить влияние внешних факторов эксплуатации подвижного состава и повысить достоверность математической модели рабочего процесса карданной передачи. Необходимость учёта факторов внешней среды подтверждается опытными данными эксплуатации автомобилей КАМАЗ.

Список литературы

1. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / Кузнецов Е. С., Болдин А. П., Власов В. М. и др. Под ред. Е. С. Кузнецова. – 4-е изд. – Москва: Наука, 2001. – 535 с.
2. Агрегаты трансмиссии автомобилей КамАЗ. Устройство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт от КамАЗа 5320 до КамАЗа 6520. / 2-е изд., дополн. и испр. Сост. А. В. Савинков, А. И. Козадаев и др. Под общ ред. В. А. Ильченко. – Набережные Челны: ОАО КАМАЗ», 2008. – 820 с.
3. Погода и климат [Электронный ресурс]: - URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (дата обращения 19.02.2021)
4. Барыкин А.Ю. Эксплуатация карданной передачи грузового автомобиля в зимних условиях / А. Ю. Барыкин, М. М. Мухаметдинов, Р. Х. Тахавиев, Ш. С. Хуснетдинов // Эффективность технической эксплуатации и автосервиса транспортных и технологических машин: Сборник научных статей по материалам III Международной научной конференции. – Саратов, 14 апреля 2017 г. – Саратов: ГАУ ДПО «СОИРО», 2017. - С. 99-102.
5. Барыкин А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А. Ю. Барыкин, В. В. Лянденбургский, Р. Х. Тахавиев // Грузовик. – 2018. - № 8. – С. 7-10.
6. Оsepчyгов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство». – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.

05.13.18

¹А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, ²А.Ф. Малаховецкий канд. техн. наук,
²Э.М. Мухаметдинов канд. техн. наук, ¹Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
³А.А. Малаховецкий

¹НЧИ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,

кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, alexs-jb@mail.ru,

²НЧИ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,

кафедра «Сервис транспортных систем»,
Набережные Челны, EMMuhametdinov@kpfu.ru,

³Филиал Военной академии материально-технического обеспечения,
Омск

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРООБЪЁМНОЙ ПЕРЕДАЧИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ

В статье изложены результаты исследований в области эксплуатации транспортных и тяговых машин с гидрообъёмным приводом в трансмиссии. Приведены принципы построения функциональной схемы гидрообъёмной трансмиссии. Описана математическая модель рабочих процессов гидрообъёмного привода, применяемого в трансмиссии транспортного средства высокой проходимости.

Ключевые слова: транспортная машина, проходимость, управляемость, гидрообъёмная передача, аксиально-поршневой насос.

В настоящей работе рассматривается математическая модель рабочих процессов гидрообъёмной передачи, применяемой в трансмиссии транспортного средства высокой проходимости. Выбор основных рабочих параметров модели основан на методах классической гидравлики, применённых в работах [1, 2, 3] при описании действия гидрообъёмной передачи с механизмами аксиально-поршневого типа и уточнён для реальных условий эксплуатации. Применяемые методы расчёта параметров гидрообъёмной передачи не учитывают условий эксплуатации, что в случае вездеходных машин, предназначенных для работы в северных регионах, приведёт к погрешности в оценке выходных параметров. Установлено, что низкая температура окружающего воздуха существенно влияет на рабочие процессы автомобильных трансмиссий [4, 5].

Нагружение гидрообъёмной передачи рассматривается для схемы с двумя гидронасосами и двумя гидромоторами, полностью заменяющими механические агрегаты трансмиссии (рис. 1). Данная схема в наилучшей степени реализует функции управления движением транспортного средства.

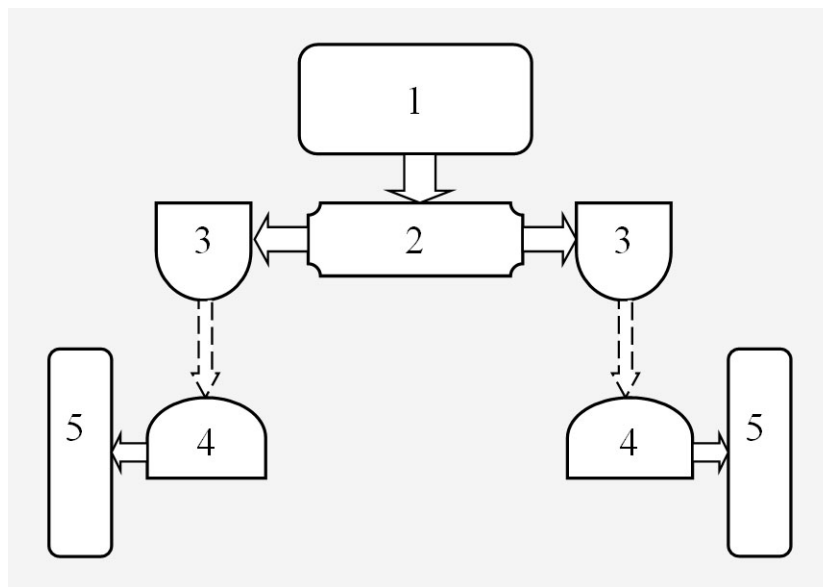


Рис. 1 – Функциональная схема трансмиссии с гидрообъёмным приводом:

1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – механическая трансмиссия; 3 – гидронасосы;
4 – гидромоторы; 5 – ведущие зубчатые колёса

Максимальное значение крутящего момента, который может быть реализован одним гидромотором, определяется по формуле:

$$M_{\text{гм max}} = \frac{G_{\text{тс}} \cdot \mu_n \cdot r_{\text{зк}}}{2}$$

где $G_{\text{тс}}$ – вес транспортного средства; μ_n – коэффициент сцепления движителя с почвой; $r_{\text{зк}}$ – радиус зубчатого колеса.

Крутящий момент, который в этой ситуации должен создать гидромотор, определяется в виде:

$$M_{\text{гм-р}} = \frac{M_{\text{гм max}}}{\eta_{\text{мех-гм}} \cdot \eta_{\text{гн-гм}}},$$

где $\eta_{\text{мех-гм}}$ – механический КПД гидромотора; $\eta_{\text{гн-гм}}$ – КПД гидравлических потерь в гидромоторе, определяемый с учётом изменения вязкости рабочей жидкости при нагреве или охлаждении [6].

Объёмная постоянная гидромотора находится по следующей зависимости:

$$q_{\text{гм}} = \frac{M_{\text{гм-расч}}}{P_{\text{гм-н}} - P_{\text{гм-вв}}},$$

где $P_{\text{гм-н}}$ – давление нагнетания; $P_{\text{гм-вв}}$ – давление впуска и выпуска.

В этом случае минимальный и максимальный расход жидкости определяется по формулам:

$$Q_{\text{гм min}} = \frac{q_{\text{гм}} \cdot \omega_{\text{гм min}}}{\eta_{\text{оп-гм}} \cdot \eta_{\text{гн-гм}}},$$

$$Q_{\text{гм max}} = \frac{q_{\text{гм}} \cdot \omega_{\text{гм max}}}{\eta_{\text{оп-гм}} \cdot \eta_{\text{гн-гм}}},$$

где $\omega_{\text{гм min}}$, $\omega_{\text{гм max}}$ – частоты вращения гидромотора в режимах минимального и максимального расходов; $\eta_{\text{оп-гм}}$ – КПД объёмных потерь в гидромоторе; $\eta_{\text{гн-гм}}$ – КПД гидравлических потерь в гидромоторе.

При минимальном расходе жидкости мощность гидромотора находится в виде:

$$N_{\text{зм}} = Q_{\text{зм min}} \cdot (p_{\text{зм-н}} - p_{\text{зм-вв}}) \cdot \eta_{\text{он-зм}} \cdot \eta_{\text{мех-зм}} \cdot \eta_{\text{зн-зм}}$$

Минимальная разность давлений в гидромоторе в этом случае может быть найдена по формуле:

$$p_{\text{назн}} - p_{\text{вв}} = \frac{(\varphi + f) \cdot R_{\text{zi}} \cdot r_{\text{ki}}}{q_{\text{зм}} \cdot \eta_{\text{мех-зм}} \cdot \eta_{\text{зн-зм}}}$$

Для определения функциональных зависимостей гидронасоса задаём условия равновесия в гидравлической системе при минимальном и максимальном расходе жидкости:

$$\begin{cases} Q_{\text{н max}} = Q_{\text{м max}} \\ Q_{\text{н min}} = Q_{\text{м min}} \\ (p_{\text{зн-н}} - p_{\text{зн-вв}}) \cdot \eta_{\text{г-зн}} \cdot \eta_{\text{зн-зн}} = (p_{\text{зм-н}} - p_{\text{зм-вв}}) \end{cases}$$

где $p_{\text{зн-н}}$, $p_{\text{зн-вв}}$ - давление в гидронасосе при нагнетании и впуске (выпуске) соответственно; $\eta_{\text{г-зн}}$ - гидравлический КПД гидронасоса; $\eta_{\text{зн-зн}}$ - КПД гидравлических потерь в гидронасосе.

Тогда объёмная постоянная гидронасоса для максимального расхода жидкости может быть определена по формуле:

$$q_{\text{зн max}} = \frac{q_{\text{зм max}} \cdot u_{\text{зон}}}{\eta_{\text{он-зн}} \cdot \eta_{\text{зн-зн}}},$$

где $u_{\text{зон}}$ - передаточное число объёмной гидропередачи, равное отношению частот вращения гидромотора и коленчатого вала двигателя (гидронасоса - при наличии преобразующего редуктора или коробки передач); $\eta_{\text{он-зн}}$ - КПД объёмных потерь в гидронасосе; $\eta_{\text{зн-зн}}$ - КПД гидравлических потерь в гидронасосе.

Окончательно определяем потребную мощность двигателя внутреннего сгорания для полученных параметров гидрообъёмной передачи:

$$N_e = \frac{Q_{\text{зн var}} \cdot (p_{\text{зн-н}} - p_{\text{зн-вв}})}{\eta_{\text{он}\Sigma} \cdot \eta_{\text{мех1}} \cdot \eta_{\text{мех2}} \cdot \eta_{\text{зн}\Sigma}},$$

где $Q_{\text{зн var}}$ - переменное значение расхода в гидронасосе, выбираемое для конкретных условий нагружения; $\eta_{\text{он}\Sigma}$ - КПД суммарных объёмных потерь в ГОП; $\eta_{\text{мех1}}$ - КПД механических потерь в агрегатах гидрообъёмной передачи; $\eta_{\text{мех2}}$ - КПД механических потерь в приводе вспомогательных агрегатов и систем; $\eta_{\text{зн}\Sigma}$ - КПД суммарных гидравлических потерь в гидрообъёмной передаче.

Далее, исходя из расчётного значения расхода, можно произвести выбор отдельных рабочих параметров гидронасоса с механизмом аксиально-поршневого типа:

$$Q_{\text{зн}} = \frac{S_n \cdot z \cdot \omega_e \cdot D_d \cdot \sin \gamma \cdot \eta_{\text{он-зн}} \cdot \eta_{\text{зн-зн}}}{u_{\text{мп}}},$$

где S_n - площадь поршня насоса, z - число поршней; D_d - диаметр осевой окружности наклонного диска; γ - угол наклона; $u_{\text{мп}}$ - передаточное число механической части трансмиссии.

Описанная методика определения конструктивных параметров гидрообъёмной передачи может быть использована для проведения расчётов вездеходных машин с колёсным или гусеничным типом движителя.

Список литературы

1. Расчёт и конструирование гусеничных машин / Н. А. Носов, В. Д. Галышев, Ю. П. Волков, А. П. Харченко. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – 560 с. – Текст : непосредственный.
2. Селифонов В.В. Автоматические системы автомобиля. Учебник для вузов / В. В. Селифонов. – Москва : ООО «Гринлайт», 2011. – 312 с. – Текст : непосредственный.
3. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / Под ред. В. Н. Прокофьева. – Москва: Машиностроение, 1969. – Текст : непосредственный.
4. Barykin A.Yu. The research of thermal processes of the automobile chassis / Barykin, A.Yu., Takhaviev, R.Kh., Samigullin, A.D. // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. - 2018. - Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458-464.
5. Курдин П.Г. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / П.Г. Курдин, Ю.К. Филиппов, В.А. Токарев // Итоговая научная конференция: (2018; Набережные Челны) [Текст]: сб-к докладов. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2018. – С. 62-73.
6. Барыкин А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев // Грузовик. – 2018. – № 8. – С. 7-10.

05.13.18

В.Ю. Мельцов канд. техн. наук, А.А. Гущина, А.А. Чудинов

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Кафедра электронных вычислительных машин,
Киров, meltsov@vyatsu.ru, ukin7584@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ В ЛОГИКЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

В работе рассмотрен ускоренный метод логического вывода в логике высказываний. Особенности метода продемонстрированы на примере. На основе разработанного авторами программного приложения проведён сравнительный анализ ускоренного метода с известными методами последовательной и параллельной резолюции.

Ключевые слова: логический вывод, исчисление высказываний, деление дизъюнктов, параллельные вычисления, программная реализация.

Одним из наиболее известных направлений развития информационных технологий является прикладной искусственный интеллект (ИИ). Под этим направлением, обычно, понимают программную, аппаратную или программно-аппаратную реализацию систем, которые моделируют рассуждения человека при решении различных прикладных (в том числе логических) задач. Интеллектуальность системы проявляется в её способности приобретать и преобразовывать имеющиеся знания.

Системы искусственного интеллекта, в том числе экспертные системы (ЭС) и системы поддержки принятия решений (СППР) применяются для решения широкого класса прикладных задач: медицинской и технической диагностики [1], интеллектуального управления предприятием [2], логического прогнозирования развития ситуации [2], верификации программного обеспечения больших систем, интеллектуального контроля знаний и т.д. Знания эксперта, находящиеся в базе знаний (БЗ) должны быть представлены с использованием одной из известных формы представления. Наибольшее распространение в области ИИ нашли четыре способа представления знаний [3]: продукционные правила, математическая логика, семантические сети и фреймы. Математическая логика позволяет эффективно описывать знания, используемые в процессе логического вывода и получать достоверные результаты, в то время как во всех других способах при усложнении проблемы до некоторого уровня фактически исчезает возможность управления знаниями.

Логический вывод может быть основан на базе известного принципа резолюций, как это реализовано, например, в языке Пролог [4]. Однако последовательная процедура SLD-резолюции на больших наборах входных данных требует значительного времени вычислений. Для сокращения времени обработки необходимо использовать более производительные механизмы вывода. Одним из таких подходов является ускоренный метод параллельного дедуктивного логического вывода на базе операции деления дизъюнктов. Подробно процедура ускоренного дедуктивного логического вывода представлена в работе [5]. Рассмотрим основные этапы данной процедуры на простом примере.

Пусть задана система исходных предположений М.

Таблица 1 – Исходные правила (классические)

№	Правило	№	Правило	№	Правило
R ₁	C:- AB.	R ₄	I:- GH.	R ₇	H:- E.
R ₂	G:- E.	R ₅	L:- FIK.	R ₈	K.
R ₃	F:- CE.	R ₆	E:- D.		

Необходимо определить, выводится ли логически из этих посылок заключение $r : L :- ABD$.

Используя правило «замены импликации» [] запишем постановку задачи в удобной для нас форме (Табл. 2):

Таблица 2 – Исходные правила (секвенции)

№	Правило	№	Правило	№	Правило
$\sqrt{R_1}$	$1 \mapsto \bar{A} \vee \bar{B} \vee C$;	R_4	$1 \mapsto \bar{G} \vee \bar{H} \vee I$;	R_7	$1 \mapsto \bar{E} \vee H$;
$\sqrt{R_2}$	$1 \mapsto \bar{D} \vee E$;	$\sqrt{R_5}$	$1 \mapsto \bar{F} \vee \bar{I} \vee \bar{K} \vee L$;	R_8	$1 \mapsto K$;
R_3	$1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee F$;	R_6	$1 \mapsto \bar{E} \vee G$;		
Выводимое правило:		$1 \mapsto \bar{A} \vee \bar{B} \vee \bar{D} \vee L$			

Выполним основные этапы процедуры логического вывода.

1). В системе есть три исходных дизъюнкта, в составе которых имеются литералы, входящие также и в доказываемое правило r . Отметим эти исходные правила знаком $\sqrt{}$.

2). Сформируем множество базовых правил:

$$M^B = \{ R_1^B, R_2^B, R_3^B \}$$

3). Определим остатки базовых правил

$$\Delta R_1^B = C, \Delta R_2^B = E, \Delta R_5^B = \bar{F} \vee \bar{I} \vee \bar{K} \text{ и сформируем множество } \Delta M^B.$$

$$\Delta M^B = \{ C, E, \bar{F} \vee \bar{I} \vee \bar{K} \}$$

Так как ни один из остатков не равен 0, переходим к следующему пункту.

4). Проверим общее условие завершения вывода:

$$F = C \cdot E \cdot (\bar{F} \vee \bar{I} \vee \bar{K}) = f$$

Поскольку F отлично от 0 и 1, требуется продолжение вывода.

5). Определим новое множество исходных правил M^* :

$$1 \mapsto C \vee \bar{E} \vee \bar{F}; \quad 1 \mapsto \bar{G} \vee \bar{H} \vee I; \quad 1 \mapsto \bar{E} \vee G; \quad 1 \mapsto \bar{E} \vee H; \quad 1 \mapsto K;$$

6). Сформируем новое множество выводимых правил:

$$r_1 = \bar{C} \vee \bar{E} \vee F; \quad r_2 = \bar{C} \vee \bar{E} \vee I; \quad r_3 = \bar{C} \vee \bar{E} \vee K.$$

7). На этом первый шаг логического вывода завершен.

ШАГ 2. Для дальнейшего вывода имеем три системы:

$$\begin{array}{lll} 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee F; & 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee F; & 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee F; \\ 1 \mapsto \bar{G} \vee \bar{H} \vee I; & 1 \mapsto \bar{G} \vee \bar{H} \vee I; & 1 \mapsto \bar{G} \vee \bar{H} \vee I; \\ 1 \mapsto \bar{E} \vee G; & 1 \mapsto \bar{E} \vee G; & 1 \mapsto \bar{E} \vee G; \\ 1 \mapsto \bar{E} \vee H; & 1 \mapsto \bar{E} \vee H; & 1 \mapsto \bar{E} \vee H; \\ 1 \mapsto K; & 1 \mapsto K; & 1 \mapsto K; \\ 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee F & 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee I & 1 \mapsto \bar{C} \vee \bar{E} \vee K \end{array}$$

Очевидно, что в первой системе выводимое правило полностью совпадает с первой исходной посылкой. Следовательно, заключение $r : L :- ABD$ выводится из имеющейся базы знаний (см. табл. 1).

Для демонстрации выполнения этапов ускоренного логического вывода и проверки корректности выполняемых алгоритмов обработки знаний была разработана программа на языке C++. Основное меню разработанного приложения представлено на экранной форме (рис. 1).

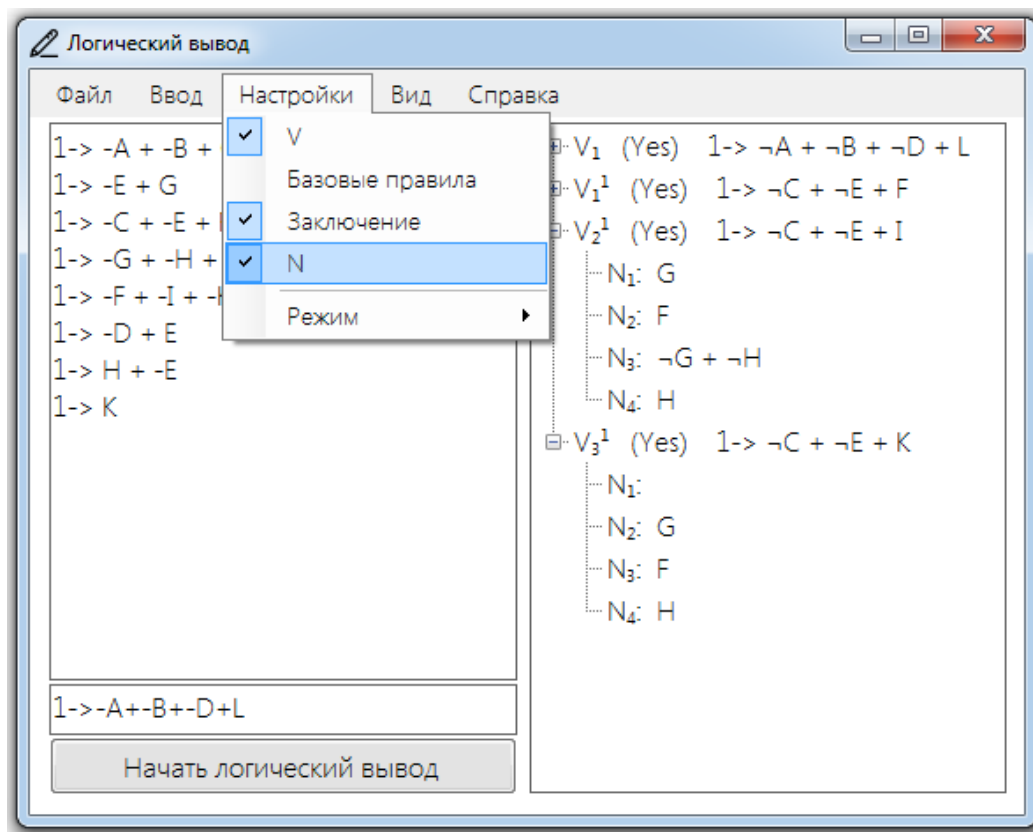


Рис. 1 – Основное меню приложения

Интерфейс программы интуитивно понятен и предоставляет пользователю следующие возможности: открытие и редактирование базы знаний и заключения, запуск процедуры логического вывода, настройка вывода результатов на экран, сохранение базы знаний и т.д. Шаги логического вывода демонстрируются с помощью дерева, вершинами которого являются активированные V-процедуры. При их раскрытии появляются на экране выбранные базовые правила и сформированные в результате процедуры деления дизъюнктов конечные остатки. Дерево может строиться в автоматическом и ручном режимах. Реализованная процедура логического вывода использует механизм многопоточности, что позволяет выполнять параллельно поиск базовых правил, вычисление конечных остатков и также обработку самих V-процедур.

На разработанной программной системе был проведён ряд экспериментов для сравнительной оценки производительности выбранного метода логического вывода и его наиболее распространённого аналога – метода резолюций. Для экспериментов использовались тестовые задачи, сформулированные в логике высказываний и представленные в виде клозов Хорна [7].

Таблица 3 – Результаты экспериментов

Тест	SLD-резолюция	ParLog	Ускор. метод
HMM	9	4	3
Bloodtype	32	14	12
Graf_bio (800 рёбер)	245	20	17
Graf_bio (1200 рёбер)	1982	107	82

Анализ результатов проведённых экспериментов показывает, что ускоренный дедуктивный метод логического вывода превосходит по скорости, как последовательную SLD-резолюцию, так и параллельный вариант метода резолюций, реализованный в языке ParLog. Меньшее число шагов достигается за счёт реализации параллельной обработки

знаний сразу на четырёх уровнях: V-процедур, N-процедур, M-процедур и U-процедур. Конечно шаг логического вывода ускоренного метода несколько «сложнее» шага параллельной резолюции, однако, учитывая мощность вычислительных ядер современных процессоров, это различие практически не влияет на время решения задачи. Особо следует отметить, что преимущество ускоренного метода на основе операции деления дизъюнктов с ростом размерности задач существенно возрастает.

Список литературы

1. *Мельцов В.Ю.* Проектирование исполнительного процессора с блоком последовательной унификации / В.Ю. Мельцов, А.С. Куваев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 232-234.
2. *Teahan W.J.* Artificial Intelligence – Agent and Enviroments. William John Teahan & Ventus Publishing ApS, 2010. – 154p.
3. *Strabykin D.A.* Logical method for predicting situation development based on abductive inference / Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2013. Vol. 52. No 5. – P. 759-763.
4. *Мельцов В.Ю.* Вывод следствий с построением схемы логического вывода / В.Ю. Мельцов, Д.А. Страбыкин. // Фундаментальные исследования. – 2013. – №11 (часть 8). – С. 1588-1593.
5. *Братко И.* Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG. Вильямс, 2004 – 638с.
6. *Meltsov V.Yu.* High-performance systems of deductive inference (monograph). Science Book Publishing House LLC. Yelm, WA, USA, 2014. – 215p.
7. *Mantadelis T.* Dedicated tabling for a probabilistic setting / T. Mantadelis, G. Janssens // Technical Communications of the International Conference on Logic Programming. Edinburgh, 2010. – P. 124–133.

05.13.18

¹О.В. Соловьева канд. физ.-мат. наук, ¹С.А. Соловьев канд. физ.-мат. наук,
¹Р.С. Зарипова канд. техн. наук, ²М.М. Тюрина канд. техн. наук,,
³А.В. Чупаев канд. техн. наук

¹Казанский государственный энергетический университет,

²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,

³Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, solovyeva.ov@kgeu.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ В ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ ГРАНИЦЕЙ

В работе предложено аналитическое выражение для расчета концентрации в трубке с пористой стенкой. Результаты расчета концентрации аэрозольных частиц методом Кранка-Николсона и методом контрольных объемов хорошо согласуются с результатами, полученными по аналитической зависимости после преодоления начального участка трубки, поскольку в случае численного расчета на начальном участке наблюдается неустойчивый режим течения. Аналитическое выражение может быть полезно для прогнозирования поведения аэрозольных частиц при диффузионном осаждении в фильтрах.

Ключевые слова: моделирование, аэрозоли, диффузия, концентрация.

Фильтрация аэрозольных частиц в волокнистых фильтрах является объектом численных и экспериментальных исследований на протяжении 40 лет. Особое внимание уделяется определению концентрации частиц в фильтре, напрямую характеризующую эффективность его работы. Основными механизмами осаждения частиц являются инерционное осаждение (в случае тяжелых частиц, либо высокой скорости фильтрации), диффузионное и гравитационное осаждение. Частицы малых размеров в медленном или стоячем потоке оседают на поверхности пористой среды исключительно за счет диффузионного осаждения [1]. В работе [2] подробно исследовано диффузионное осаждение аэрозоля в трубке с непроницаемой границей, приведено аналитическое решение для концентрации частиц. Данная работа посвящена исследованию осаждения аэрозоля при наличии проницаемой границы.

Постановка задачи, аналитическое решение и численное моделирование

Движение аэрозольных частиц вдоль круглой трубы единичной длины и единичного радиуса при ламинарном течении описывается безразмерным уравнением конвективной диффузии [2] в случае если осевая диффузия мала по сравнению с конвективным потоком частиц

$$u \frac{\partial n}{\partial x} = \beta \left(\frac{\partial^2 n}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial n}{\partial r} \right) \quad (1)$$

Здесь $n(r, x)$ – концентрация частиц, $u(r)$ – скорость газа,

$$\beta = \frac{DL}{U_{cp} R^2} \quad (2)$$

β – безразмерный коэффициент диффузии частиц, D – коэффициент диффузии. Уравнение (1) подчиняется начальному условию

$$n(r, 0) = 1, \quad 0 \leq r \leq 1, \quad (3.1)$$

которое выражает однородность концентрации частиц во входном сечении трубы, и граничным условиям

$$n(1, x) = 0, \quad x \geq 0, \quad (3.2)$$

$$\left. \frac{\partial n}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (3.3)$$

Условие (3.2) означает, что, когда частицы достигают стенки, они осаждаются на ней и исчезают, тогда как (3.3) говорит о том, что профиль концентрации симметричен относительно оси трубы. При длине трубки, для которой профиль становится полностью развитым, параметр β достигает значения $\beta_0 = 0.2$, то есть, профиль концентрации развит, когда $\beta \geq 0.2$. Вне безразмерного расстояния $x = \beta_0 / \beta$ от входа трубы профиль концентрации выражается как отношение $n(r, x) / n_{\max}(x)$, где $n_{\max} = n(0, x)$ есть максимальная величина концентрации частиц в сечении x , которая зависит только от радиальной координаты:

$$n(r, x) = n_{\max}(x) f(r), \quad \beta x \geq 0.2 \quad (4)$$

где f – неизвестная функция.

$$\frac{1}{\beta n_{\max}} \frac{dn_{\max}}{dx} = \frac{1}{uf} \left(\frac{d^2 f}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{df}{dr} \right) = -\lambda \quad (5)$$

где $\lambda > 0$ – постоянная. Распределение концентрации примеси в канале с пористыми границами представляется формулой

$$n(r, x) = c \exp(-\lambda \beta x) f(r) \quad (6)$$

Для определения концентрации частиц в трубе с пористыми стенками далее следует решить уравнение (1) с условиями (3) численно (методом Кранка-Николсона), задавая параметр τ , который характеризует проницаемость среды ($\tau = 0$ – непроницаемые стенки, $\tau = 1$ – полностью проницаемая среда). Безразмерный коэффициент диффузии принимался равным единице. В случае, если $\beta = 1$, зная максимальную концентрацию,

$$n(0, x) = c \exp(-\lambda x),$$

можно записать распределение концентрации в трубке по радиусу в общем виде:

$$n(r, x) = c \exp(-\lambda x) \cdot f(r, \tau) \quad (7)$$

где

$$c = (a + d\tau) / (1 + b\tau), \quad \lambda = (e + h\tau) / (1 + g\tau).$$

Коэффициенты в определении констант принимают фиксированные значения для различных r и τ : $a = 1.4764985$; $b = 2.4214423$; $d = 3.905257$; $e = 3.6585596$; $g = 2.4802491$; $h = 14.366414$.

Вторая функция в уравнении для концентрации расписывается в виде ряда

$$f(r, \tau) = 1 + a_2 r^2 + a_4 r^4 + a_6 r^6,$$

где коэффициенты:

$$a_2 = -3(6 - \nu) / (11 - \nu), \quad a_4 = 3(3 - \nu) / (11 - \nu), \quad a_6 = -(2 - \nu) / (11 - \nu),$$

а выражение для ν представляет собой связь уже известных коэффициентов и безразмерного комплекса τ

$$\nu = \lambda \tau / (1 + 4\tau) = (e + h\tau) \tau / ((1 + g\tau)(1 + 4\tau)).$$

Результаты расчетов

Полученный рис. 1 позволяет сделать вывод, что с увеличением проницаемости среды снижается значение концентрации по оси трубки на различном удалении от входного сечения. Максимальное значение наблюдается для канала с непроницаемыми границами ($\tau = 0$), это означает, что аэрозольные частицы не улавливаются на границах, а проходят с потоком газа по трубке.

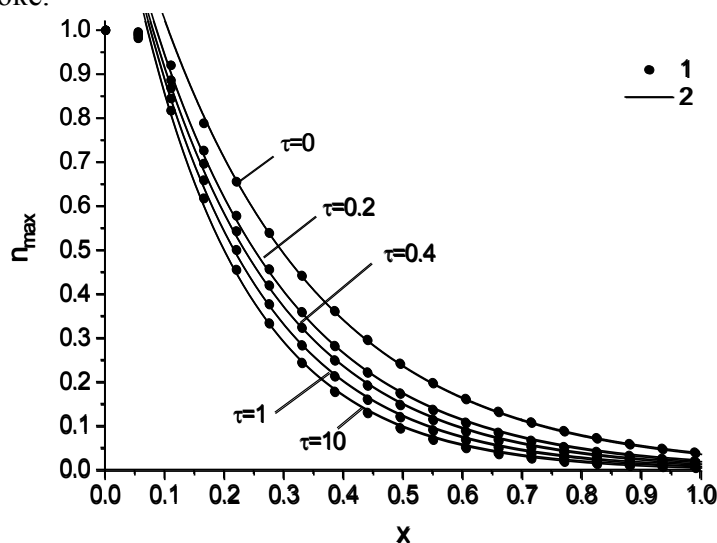


Рис. 1 – Изменение максимальной концентрации при некоторых значениях параметра τ .

1 – результаты численных расчетов, 2 – результаты, полученные по обобщенному аналитическому выражению (7).

Видно, что при $\beta x \geq 0.2$ результаты аналитического и численного решения задачи практически совпадают, а с ростом проницаемости стенки концентрация частиц падает. На рис. 2 показаны кривые изменения концентрации частиц по радиусу в различных сечениях трубки с непроницаемыми стенками для трех способов расчета. Из рисунка видно, что кривые концентрации, определенные из расчета в ANSYS Fluent, хорошо согласуются с кривыми изменения концентрации как по расчету методом Кранка-Николсона, так по аналитическому выражению на некотором удалении от входного сечения. Это объясняется тем, что по всей длине канала в обоих расчетах принимался пузейлевский профиль скорости, тогда как расчет в ANSYS Fluent показывает, что в начале трубки течение неустановившееся, что приводит к иному распределению концентрации частиц на начальном участке.

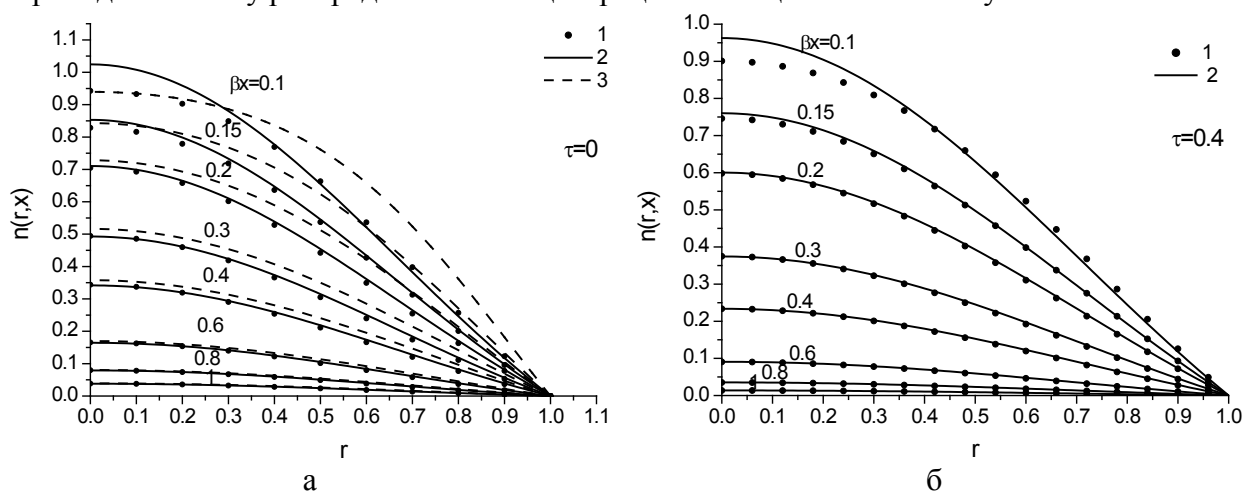


Рис. 2 – Концентрация по радиусу трубы в различных сечениях βx для трубки с непроницаемыми (а) и с проницаемыми (б) стенками. 1 – расчет методом Кранка-Николсона, 2 – аналитическое решение, 3 – расчет в ANSYS Fluent.

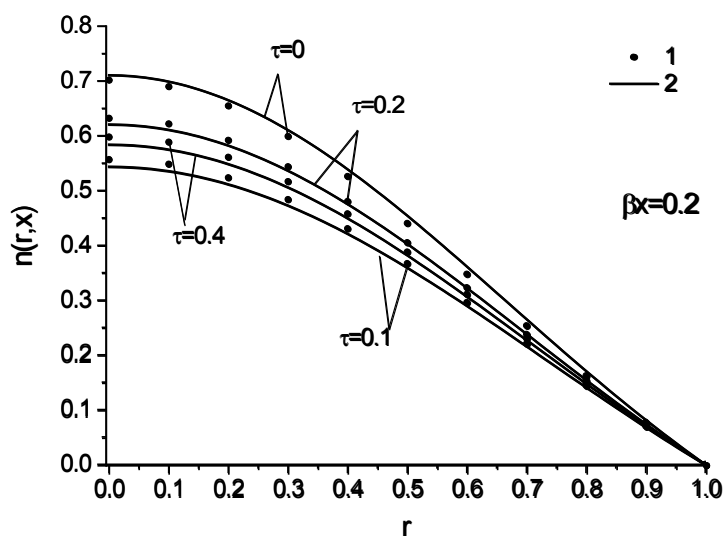


Рис. 3 – Сравнение аналитического и численного расчета изменения концентрации по радиусу трубы при $\beta x = 0.2$ для различных значений τ .
1 – численный расчет, 2 – аналитическое решение (7).

Анализ рисунков 1-3 подтверждает вывод о том, что с ростом проницаемости пористой стенки концентрация аэрозольных частиц падает.

Заключение

В работе проведено сравнение аналитического и численных расчетов определения концентрации в трубке с пористыми границами. Полученное аналитическое решение задачи позволяет определить, как осаждаются аэрозольные частицы на пористой стенке трубки, что характеризует свойства соответствующего пробоотборника. Начальный участок влияет на изменение концентрации в трубке для всех значений проницаемости среды. После $\beta x = 0.2$ изменения в профиле концентрации не наблюдается, что связано с формированием установившегося течения. Численный расчет в ANSYS Fluent позволяет точнее оценить изменение концентрации в канале.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 19-71-00100.

Список литературы

1. Lee K.W., Liu B.Y.H. On the minimum efficiency and the most penetrating particle size for fibrous filters //Journal of the Air Pollution Control Association. – 1980. – V. 30. – №. 4. – P. 377-381.
2. Соловьева, О.В., Соловьев, С.А., Яфизов, Р.Р., Хусаинов, Р.Р. Исследование гидродинамики в пористых средах различной геометрии // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – №. 1. – С. 132-134.
3. Alonso M., Alguacil F.J., Huang C.H. Analytical approximation to the fully developed concentration profile of diffusive aerosol particles in laminar flow in a circular tube //Journal of aerosol science. – 2010. – V. 41. – №. 4. – P. 413-417.

05.13.18

¹А.Г. Шляхова канд. техн. наук, ¹А.Т. Шляхов канд. физ.-мат. наук,
¹О.А. Шпилова канд. техн. наук, ²Э.М. Хасаншина канд. тех. наук

¹Альметьевский государственный нефтяной институт,
²«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Бугульминский филиал

ПРИМЕНЕНИЕ КАЛОРИМЕТРИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

«Наука начинается там, где начинают измерять»

Д.И. Менделеев

В работе представлены авторские калориметрические устройства, сочетающие быстродействие (0,01с) и чувствительность (1мкДж) и их применения в физическом лабораторном практикуме.

Ключевые слова: калориметр, количество теплоты, анизотропный термоэлемент (АТЭ), счетчик-интегратор Ф-5007, теплоемкость, энергия.

Актуальность. Для современного уровня подготовки ученого-экспериментатора, необходимо, студентам уже с первого курса иметь возможность учиться на все более сложном и современном оборудовании.

Эксперимент. Рассмотрим кратко конструкции некоторых авторских калориметрических устройств, сочетающих быстродействие (0,01с) и чувствительность (1мкДж), совместно разработанных РГПУ им. А.И. Герцена (Санкт-Петербург) и АГНИ (Альметьевск) [1-6].

Устройство быстродействующего микрокалориметра на АТЭ из висмута.

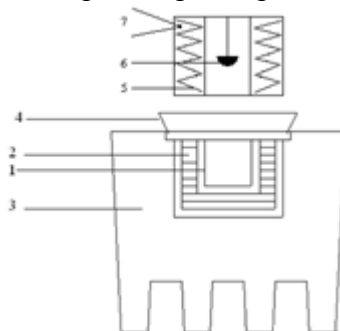


Рис. 1 – Быстродействующий микрокалориметр с падающим телом

Прибор имеет контейнер (1) в форме тонкостенного цилиндра для размещения объекта исследования. На внешней поверхности цилиндра, расположена батарея АТЭ-сенсор (2). Сформированная таким образом "ячейка калориметра" помещается в термостат (3). При наличии разности температур между объектом исследования и термостатом через АТЭ протекает тепловой поток, под действием которого возникает поперечная термо ЭДС(ϵ). Над калориметром устанавливается блок разогрева образца, включающий в себя: печь (5), чашечку для образца (6), и термопару (7).

Определение удельной теплоемкости твердых тел

Для определения удельной теплоемкости образца, его помещают в печь, нагревают до некоторой температуры T_2 , которая контролируется термопарой медь-константан. Затем нагретый образец вбрасывают в контейнер калориметра, имеющего комнатную температуру T_1 . На время сброса образца открывают крышку калориметра (4) (рис.1). Выделяющееся в калориметре тепло при охлаждении образца на $\Delta T=5^0$ детектируется датчиком тепловой мощности (Р) - батарея АТЭ из висмута. Датчик развивает ЭДС, ее значение равно: $\epsilon = S_0 P$. Вольт-ваттная чувствительность АТЭ $S_0=10\text{мВ/Вт}$ определяется по Джоуль-Ленца тепловому потоку с погрешностью не более 1%.

Количество теплоты Q_x , выделяемое исследуемым образцом массой m_x :

$$Q_x = \int_0^t P_x(t) dt = \frac{1}{S_0} \int_0^t \varepsilon_x(t) dt = c_x m_x \Delta T, \quad (1)$$

Последовательно помещают в калориметр эталонное тело массой m_3 :

$$Q_3 = \int_0^t P_3(t) dt = \frac{1}{S_0} \int_0^t \varepsilon_3(t) dt = c_3 m_3 \Delta T, \quad (2)$$

Для определения искомого интеграла разработана установка дискретно-следающего интегрирования. На вход вольтметра Ф-30 подается исследуемое во времени напряжение, генерируемое АТЭ в результате прохождения через них теплового потока. Напряжение, преобразованное в Ф-30 в импульсы, количество которых пропорционально мгновенному значению напряжения, поступало на вход программного реверсивного счетчика Ф-5007, где

$$\int_0^t \varepsilon(t) dt = \gamma N$$

и проводилось суммирование импульсов. Счетчик выполняет интегрирование,

Поэтому : $Q_x = \frac{\gamma N_x}{S_0}$ и $Q_3 = \frac{\gamma N_3}{S_0}$ (3). Из формул (1-3) получим : $c_x = c_3 \frac{m_3}{m_x} \cdot \frac{N_x}{N_3}$, где N_x, N_3 - число импульсов.

Таблица1. Результаты исследований определения удельной теплоемкости.

№	m_x	m_3	N_x	N_3	C_x	$\langle C \rangle$	ΔC	$\varepsilon \%$
1	153	170	5925	7250	349,6	350,2	2,2	0,6
2	153	170	5950	7200	353,5	350,2	2,2	0,6
3	153	170	5900	7265	347,4	350,2	2,2	0,6

В качестве эталона – медь, массой $m_3 = 170$ мг и $c_3 = 385$ Дж/кг К. Исследуемый образец – арсенид галлия, массой $m_x = 153$ мг. Таким образом, удельная теплоемкость арсенида галлия $c_x = 350,2$ Дж/кг К.

Определим коэффициент γ , формула для $\gamma = c_3 m_3 \Delta T S_0 / N_3 = 4,52 \cdot 10^{-4}$ мВ с.

Калориметрический способ определения энергии магнитного поля соленоида и электрического поля конденсатора

Задание 1. Энергию магнитного поля катушки с током W можно определить, как количество теплоты, выделившейся на сопротивлении, при прохождении тока самоиндукции. Количество теплоты измеряем микрокалориметром (рис.1). Исследовать зависимость энергии W от I . Построить график $W_{\text{экс}}$ от I^2 . Сравнить энергию магнитного поля, найденную экспериментальным способом и формулой: $W = LI_0^2 / 2$.

Для этого собирают стандартную цепь, содержащую источник постоянного тока, катушку индуктивности $L = 0,4$ Гн с сопротивлением $r = 60$ Ом, активное сопротивление $R = 240$ Ом, диод типа Д7Ж. Нужно соблюдать полярность включения диода. Резистор R , изготовлен из изолированной проволоки манганина. Затем резистор помещают в ячейку калориметра. Размыкают цепь, и на активном сопротивлении R в результате прохождения тока самоиндукции происходит выделение тепла $Q_{\text{кал}}$, которое фиксируется сенсором АТЭ из висмута. Так как, магнитная энергия $W = Q_{\text{кал}} + Q_{\text{кат}}$. В согласии с законом Джоуля-Ленца, обе теплоты относятся как их сопротивления: поэтому, $W_{\text{экс}} = Q_{\text{кал}}(1 + r/R) = 1,25 Q_{\text{кал}}$. По показаниям счетчика Ф-5007 определяется количество теплоты $Q_{\text{кал}} = \gamma N / S_0$.

Таблица 2. Результаты измерений магнитной энергии.

I, A	I^2, A^2	$N_{имп}$	$Q_{кал}, мДж$	$W_{экс}, мДж$	$W_{теор}, мДж$
0,3	0,09	310	14,0	17,5	18
0,4	0,16	558	25,2	31,5	32
0,5	0,25	876	39,6	49,5	50

Задание 2. Энергию электрического поля конденсатора W , можно определить как количество теплоты, выделившейся на активном сопротивлении ($R=240$) Ом при разряде конденсатора, воспользовавшись микрокалориметром. Исследовать зависимость энергии W от U . Построить график $W_{экс}$ от U^2 . Сравнить энергию электрического поля, найденную экспериментальным способом и $W = CU^2/2$, при $C=1 мФ$.

По показаниям счетчика Ф-5007 определяется количество теплоты $W_{экс} = Q_{кал} = \gamma N/S_0$, где коэффициент $\gamma = 4,52 \cdot 10^{-4} мВ с$ (таб.3)

Таблица 3. Результаты измерений электрической энергии.

$U, В$	$U^2, В^2$	$N_{имп}$	$W_{экс}, мДж$	$W_{теор}, мДж$
8	64	697	31,5	32
16	256	2788	126	128
24	576	6305	285	288

Вывод: расхождения энергий $W_{экс}$ и $W_{теор}$ находится на приемлемом уровне 1%. Графики энергий $W_{экс}$ от U^2 и $W_{экс}$ от I^2 имеют линейный вид.

Устройство микрокалориметра с термоэлектрическим охлаждением.

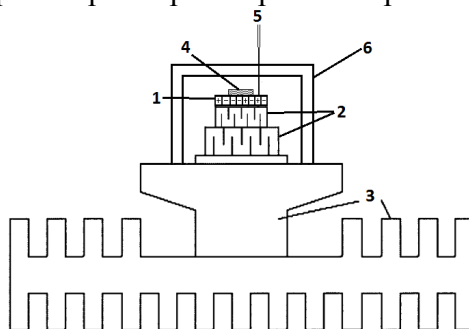


Рис. 2 – Микрокалориметр с термоэлектрическим охлаждением

Прибор состоит из сенсора площадью $6 \times 10 \text{ мм}^2$ (1), на основе последовательно включенных АТЭ из висмута. Сенсор (1) размещен на поверхности микрохолодильника (2), вторая поверхность которого размещена на термостате (3), имеющей температуру окружающей среды. Двухкаскадный микрохолодильник, работающий на эффекте Пельтье, обеспечивает охлаждение-нагрев исследуемого объекта (4) от -100^0 С до $+100^0 \text{ С}$, что контролируется медь-константановой термопарой (5).

Определение удельной теплоты плавления веществ.

Исследуемое вещество, например, галлий $m=10 \text{ мг}$ помещают на сенсорную площадку АТЭ из висмута, размещенную на поверхности микрохолодильника. Микрохолодильник обеспечивает непрерывный режим нагрева (охлаждения). ТермоЭДС с АТЭ регистрируют либо цифровым вольтметром Ф-30 с последующим интегрированием счетчиком Ф-5007 либо графопостроителем Н307. На зависимости потока тепловой мощности от температуры наблюдаются аномалии: при температуре 30^0 С наблюдается размытый эндотермический отклик, связанный с плавлением галлия. При охлаждении наблюдается экзотермический пик при $23,5^0 \text{ С}$, связанный с взрывной кристаллизацией галлия [4-6].

Количество теплоты Q , необходимое для расплавления вещества:

$$Q_x = \int_0^t P(t)dt = \frac{1}{S_0} \int_0^t \varepsilon(t)dt = Lm = \gamma N_x / S_0, \text{ где } S_0 = 10 \text{ мВ/Вт. } \gamma = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ мВ с}$$

Далее, счетчик Ф-5007 выполняет интегрирование $\int_0^t \varepsilon(t)dt = \gamma N_x$, и его показания $N_x=17700$. Затем по формуле $L = Q_x/m = \gamma N_x/m S_0$ определяют удельную теплоту плавления. Результат: $Q=0,8\text{Дж}$ и при массе галлия $m=0,01\text{г}$ получим $L=80\text{Дж/г}$, что соответствует табличному значению.

Калориметрический метод измерения диэлектрических потерь [4].

Благодарности

Авторы выражают благодарность учителю, профессору, доктору золотых рук Дивину Н.П. за изготовление микрокалориметров.

Список литературы

1. Дивин Н.П. Физические основы управляемого выращивания монокристаллов висмута для анизотропных термоэлементов и их применение. // Автореф. дисс. к.ф.-м. наук, Ленинград, 1982.-14 с.
2. Семиколонова Н.А., Чернуха О.Е., Шляхова А.Г., Шляхов А.Т. Оптимизация термического анализа веществ.// Вестник Омского университета. 2004. №3(33). С54-56.
3. Митяков В.Ю. Возможности градиентных датчиков теплового потока на основе висмута в теплотехническом эксперименте. // Дисс. д.т.н. – Санкт-Петербург.- 2005-239 с.
4. Шляхова А.Г., Быстродействующий калориметрический метод контроля примеси в полупроводниковых материалах // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Казань 2007, 124с.
5. Шляхов А.Т., Шляхова А.Г. Способ определения содержания металлических микровключений в полупроводниковых материалах // Патент на изобретение RU 2561335 С1, 27.08.15. Заявка №2014111215/28 от 24.03.2014.
6. Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Мутугуллина И.А., Шипилова О.А., Филимонова М.Ю. Термический анализ веществ: инновации и достижения. // Научно-технический вестник Поволжья.- 2021-№2.- С. 80-85.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (05.13.19)**

05.13.19

А.А. Воробьева канд. техн. наук, Я.К. Гафарова, Г.А. Самоследов

«Национальный исследовательский университет ИТМО»,
факультет безопасности информационных технологий,
Санкт - Петербург, vorobeva@itmo.ru, gafarovayazgul@gmail.com, gleb.samosledov@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
СНИЖЕНИЯ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ БАНКОВСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ОТЗЫВОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ**

В статье рассматривается проблема определения тональности отзывов о банковских организациях, несущих риски нанесения ущерба деловой репутации. Выполнен краткий обзор основных подходов к классификации текстов по тональности на русском языке. Рассмотрены существующие решения по анализу тональности текстов и выделены их недостатки.

Ключевые слова: *анализ тональности, машинное обучение, репутационный ущерб.*

Введение

Интернет - открытая и анонимная система, в которой каждый пользователь может размещать информацию. Размещаемая информация может быть как правдивой, так и ложной, в то же время правдивая информация, изложенная в некорректной форме, может быть интерпретирована другими пользователями негативно (яркая эмоциональная окраска сообщений, использование ложных авторитетов и пр.). Банковские организации особенно чувствительны к возникновению репутационных рисков.

Публикации на открытых интернет-ресурсах могут содержать критику банка или качества предоставляемых им услуг – зачастую такая информация содержится в отзывах клиентов данного банка. Данные отзывы могут носить как негативный характер, вызванный недовольством качеством предоставляемых услуг, так и позитивный в случае удовлетворенности клиента. Для снижения рисков нанесения ущерба деловой репутации необходимо нивелирование сложившегося негативного впечатления у клиента путем своевременного реагирования на публикацию и попытки решения возникшей проблемы. Степень своевременности реагирования должна определяться исходя из оценки степени влияния отзыва на репутацию. Запоздалая реакция представителей банка на такие публикации может нанести репутационный ущерб данному банку по причине падения доверия к нему, а также может привести к потере потенциальных клиентов.

Анализ научной литературы, посвященной данной проблеме, показал, что автоматизированных решений, позволяющих справиться с задачей своевременного реагирования на публикации с негативной эмоциональной окраской, на российском и мировом рынках не представлено. В настоящее время мониторинг сайтов на предмет появления отзывов, касающихся деятельности банков, производится сотрудниками банков в ручном режиме. Обработка отзывов производится в том порядке, в котором они представлены на интернет-ресурсе, следовательно, выделение отзывов с негативной коннотацией не производится.

Для решения проблемы выявления высказываний (информации), несущей потенциальную угрозу репутационного ущерба, могут применяться методы анализа эмоциональной окраски текстов (анализ тональности, или сентимент-анализ). Сентимент-анализ позволяет извлекать положительные или негативные эмоции из текста при помощи методов обработки

естественного языка, статистики и машинного обучения [1]. Так, в работе [2] описано применение метода латентно-семантического анализа для определения тональности отзывов на специализированном интернет-ресурсе, однако не утверждается, что точность результатов данного метода является наивысшей.

Основные подходы к классификации текста по тональности

Анализ литературы показал, что можно выделить следующие основные подходы к классификации тональности [3]: на основе правил, с помощью тональных словарей, машинное обучение без учителя, машинное обучение с учителем.

Составление системы правил или тонального словаря происходит в ручном режиме и является очень трудоемкой и затратной задачей. К тому же универсальность подхода с тональным словарем ограничена предметной областью.

Машинное обучение без учителя позволяет классифицировать данные без предварительной разметки. Например, можно считать тексты похожими, если у них большое пересечение по набору слов, и далее этот набор будет классифицировать весь кластер.

Машинное обучение с учителем нуждается в размеченных данных для обучения. Для этого можно найти уже размеченный датасет, подходящий для проводимого исследования или разметить часть своих данных вручную для формирования обучающей выборки. На полученной обучающей выборке необходимо произвести обучение классификатора и проверить обученный классификатор на тестовой выборке. При этом тексты, входящие в текстовую выборку, не должны встречаться в обучающей. Однако результат классификации будет в немалой степени зависеть от того, какой конкретно текст вводится для тестирования – некоторые слова вполне естественно могут повторяться как в положительной, так и в отрицательной обучающих выборках[4].

Таблица 1 - Сравнение подходов к анализу тональности текста

Подходы	Автоматизация	Данные для обучения	Простота применения
На основе правил	Возможна	Не требует данных	Составление системы правил и словаря очень трудоемкая и затратная задача. Универсальность подхода с тональным словарем ограничена предметной областью.
С помощью тональных словарей	Возможна в рамках одной предметной области	Данные необходимы	
Машинное обучение с учителем	По умолчанию	Данные необходимы	Требуется размеченная обучающая выборка, ее создание вручную является достаточно трудоемкой задачей
Машинное обучение без учителя	По умолчанию	Не требует данных	Для обучения не требуется размеченная выборка. Наиболее интересный и в то же время не самый точный метод анализа тональности.

При этом классификация текстов может быть:

бинарная (позитивная, негативная),

многоклассовая (позитивная, негативная, нейтральная, слабо позитивная и т.п.)

Существующие решения по анализу тональности текстов

Анализу эмоциональной окраски отзывов о продукте или организации в целом уделяется все больше внимания. Существует большое количество работ, в которых рассматривается сентимент-анализ для той или иной предметной области. Коллектив авторов в работе [5] приходит к выводу, что существует острая нехватка решений для анализа тональности текста на русском языке, и данная задача к настоящему моменту полностью не решена.

Также существует ряд программных решений для управления репутацией бренда (Search Engine Reputation Management). Сравнение и ограничения программных средств представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение программных продуктов по управлению репутацией бренда и анализу тональности отзывов

Программные решения для управления репутацией бренда	Число классов	Необходимость задания терминов, относительно которых определяется тональность	Анализируемые интернет-ресурсы	Анализ текстов на русском языке
Eureka Engine	3	Да	Любые тексты	да
SAS Visual Text Analytics	3	Да	Любые тексты	да
OpinionEQ Decision Dashboard	4	Да	Facebook, Twitter	нет
Radian6	3	Да	Twitter, Instagram, Facebook, VK	да
OpenAmplify	2	Да	Любые тексты	да
Meltwater Buzz	3	Да	Facebook, Twitter, новостные сайты	нет
Tweetfeel	2	Да	Twitter	нет
TwitrRatr	2	Да	Twitter	нет

Главный вывод, которые следует из таблицы – представленные решения не направлены на работу с отзывами о банковских организациях, следовательно, их точность классификации может быть ниже, чем точность алгоритма, разработанного специально под данную задачу. Число классов показывает количество возможных меток тональности, следовательно, большее количество классов может позволить более точно определить коннотацию текста.

Выводы

Для предупреждения нанесения репутационного ущерба банковской организации необходима своевременная реакция на клиентские отзывы исходя из их коннотации. Задача определения тональности текстов имеет множество эффективных методов решения, каждый из которых имеет свои особенности. В то же время единого подхода, применимого ко всем сферам, не существует. Необходимо выбирать метод для конкретной предметной области исходя из результатов экспериментов. При проведении дальнейших исследований планируется разработать алгоритм приоритизации клиентских отзывов, несущих риски нанесения репутационного ущерба банковским организациям. Данный алгоритм должен обеспечить приоритизацию отзывов исходя из их тональности, тем самым сократив время реагирования операторов банков на самые негативные из них.

Список литературы

1. Liu B. Sentiment analysis and opinion mining // Synthesis lectures on human language technologies. – 2012. – Т. 5. – №. 1. – С. 1-167.
2. Куницына Наталья Николаевна, Метель Юрий Андреевич Применение метода интеллектуального текстового анализа в оценке уровня удовлетворенности клиентов коммерческих банков // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2018. №2 (71).
3. Сарбасова А.Н. Исследование методов сентимент-анализа русскоязычных текстов / А. Н. Сарбасова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 8 (88). — С. 143-146.
4. Арапова Т.И., Масюткина М.А. Задача автоматического определения тональности текста на основе машинного обучения // Решетневские чтения. 2017. №21-2.
5. Меньшиков И.Л. Обзор систем анализа тональности текста на русском языке / И. Л. Меньшиков, А. Г. Кудрявцев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2012. — № 12 (47). — С. 140-143.

05.13.19

Н.А. Тишина, И.А. Щудро, Л.Ф. Тагирова, Е.Н. Чернопрудова

Оренбургский государственный университет,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,
Оренбург, tnatalia_oren@mail.ru

АНСАМБЛЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ В ОБНАРУЖЕНИИ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Применение машинного обучения при обнаружении вторжений привлекло значительное внимание исследовательского сообщества. В этой статье предложен гибрид ансамблевых моделей классификаторов и выбора признаков в обновленных наборах данных вторжений. Измерение усредненных показателей эффективности позволило определить наиболее оптимальную схему гибридного классификатора в уменьшенном пространстве признаков.

Ключевые слова: обнаружение вторжений, выбор признаков, ансамблевые модели.

Введение

Существующие IDS сталкиваются с огромными трудностями при обнаружении новых вторжений или в случайно меняющейся обстановке [1]. К основным проблемам, решаемым при разработке IDS относятся:

- 1) Повышение точности обнаружения вторжений, характеризующейся количеством ложных тревог и пропусков вторжений, являющимися обратно зависимыми.
- 2) Своевременность обработки больших объемов данных при работе с высокопроизводительной сетью.

Для решения данных проблем в недавних исследованиях было предложено множество интересных подходов с использованием машинного обучения [2].

Среди множества предложенных подходов перспективным оказалось использование гибридных моделей. Применение которых также имеет ряд проблем [2,3,4], призванных решать в данной статье:

- высокие вычислительные нагрузки;
- много времени при выборе правильных параметров настройки;
- увеличение числа процессов обнаружения при использовании гибридных моделей;
- использование неполноценных оценок эффективности;
- использование устаревших наборов данных при обучении.

1 Основная информация и описание данных

Чтобы преодолеть ограничение вычислительной сложности обнаружения вторжений на основе гибридных моделей, в данной работе используется ансамблевый классификатор и выбор признаков для предварительной обработки данных перед их обработкой классификатором обнаружения. В работе применялись модели голосового классификатора (VotingClassifier) и сложного обобщения (Stacked generalization).

Набор данных. Чтобы реализовать более эффективную IDS, необходимо использовать обновленный набор данных. Набор данных CICIDS2017 содержит безопасные и самые современные распространенные вторжения, которые напоминают настоящие данные реального мира (PCAP). Создание реалистичного фоновго трафика было главным приоритетом при создании этого набора данных [3,5].

Показатели эффективности. Для правильной оценки производительности системы недостаточно измерять только нормальную точность [5]. В качестве основного показателя эффективности следует принимать измерение средней точности (Accuracy), которое дает одинаковый вес для всех типов классов, а также рассматривать средние показатели эффективности классификаторов точности Precision, отзывчивость и f1 (Precision, Recall, f1).

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}; \text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN}; \text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$F1 = \frac{2 * (\text{Precision} * \text{Recall})}{\frac{1}{\text{Precision}} + \frac{1}{\text{Recall}}} = \frac{2 * (\text{Precision} * \text{Recall})}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

где TP – это общее количество правильно спрогнозированных нормальных выборов, TN – это общее количество правильно предсказанных выборов вторжений, FP и FN – количество нормальных выборов, предсказанных как вторжение, и количество выборов вторжений, предсказанных как нормальные, соответственно.

2 Этапы исследования

Методология исследования включает этапы: подготовка данных, обучение, классификация и анализ. Для реализации этапов использовались инструмент Weka и библиотеки Python.

На первом этапе для предварительной обработки выполняется нормализация и стандартизация. Нормализация позволяет исключить доминирование объектов с более высокими значениями над объектами с меньшими значениями [3]. Стандартизация улучшает управляемость процесса обучения. Получение подмножества признаков, благодаря исключению всех ненужных и избыточных признаков, позволит уменьшить сложность вычислений и повысить производительность IDS.

Для решения данных задач использовался инструмент Weka. Получены следующие наборы признаков. По методу CfsSubsetEval выделены следующие признаки: 14 BwdPacketLengthStd; 42 PacketLengthStd; 53 AveragePacketSize; 68 Init_Win_bytes_backward; 70 min_seg_size_forward; 74 ActiveMin. По методу Symmetrical UncertAttributeEval получено подмножество признаков, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Отфильтрованные атрибуты

№	Attributes	Rank	№	Attributes	Rank
14	BwdPacketLengthStd	0,4234	6	TotalLengthhofBwdPackets	0,2889
43	PacketLengthVariance	0,4072	56	FwdHeaderLength	0,2823
42	PacketLengthStd	0,4072	35	FwdHeaderLength0	0,2823
7	FwdPacketLengthMax	0,3546	1	DestinationPort	0,2726
9	FwdPacketLengthMean	0,3247	70	min_seg_size_forward	0,2677
54	AvgFwdSegmentSize	0,3247	40	MaxPacketLength	0,2533
53	AveragePacketSize	0,3169	8	FwdPacketLengthMin	0,2465
64	SubflowFwdBytes	0,3009	39	MinPacketLength	0,2465
5	TotalLengthhofFwdPackets	0,3009	11	BwdPacketLengthMax	0,2398
41	PacketLengthMean	0,2963	13	BwdPacketLengthMean	0,2254
67	Init_Win_bytes_forward	0,2903	55	AvgBwdSegmentSize	0,2254
68	Init_Win_bytes_backward	0,2902	23	FwdIATStd	0,2189
66	SubflowBwdBytes	0,2889			

Второй этап. Формирование обучающей и тестовой выборки данных производится путем разделения образцов набора данных на обучающие и тестовые с помощью десятикратной перекрестной проверки. Тестовая выборка составляет 30% от основного набора. Обучение модели с подбором гиперпараметров позволит повысить эффективность классификации.

Третий этап. Исследовались следующие базовые классификаторы: DecisionTree – Дерево решений; RandomForest – Рандомный лес; Perceptron – Перцептрон; KNeighbors – Алгоритм ближайших соседей; SVM – Машина опорных векторов; GaussianNB – Наивный байесовский классификатор.

Затем был построен ряд ансамблевых классификаторов, наиболее эффективные представлены здесь:

1) Voting1 – голосовой классификатор, включающий RandomForest и GaussianNB, тип голосования hard.

2) Voting2 – голосовой классификатор, включающий RandomForest и DecisionTree, тип голосования hard.

3) Voting3 – голосовой классификатор, включающий RandomForest и SVM, тип голосования hard.

4) Stacking1 – сложный классификатор с базовыми классификаторами RandomForest и GaussianNB и итоговым классификатором GradientBoosting.

5) Stacking2 – сложный классификатор с базовыми классификаторами RandomForest и SVM и итоговым классификатором GradientBoosting.

6) Stacking3 – сложный классификатор с базовыми классификаторами RandomForest и SVM и итоговым классификатором SVM.

При построении ансамблевых классификаторов включались более эффективные по результатам классификация тестовых образцов базовые классификаторы. Оценка показателей производительности классификаторов по двум наборам признаков (полный и CfsSubsetEval) приведена в таблице 2. Для решения задач второго и третьего этапов использовалась библиотека Scikit-learn языка Python.

Таблица 2 – Показатели производительности классификаторов по двум наборам признаков

Модель	time pred	precision	recall	f1	accuracy	time pred3	precision3	recall3	avg_f13	accuracy3
DecisionTree	0,05	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,99	0,91	0,93	0,98
Perceptron	0,06	0,95	0,98	0,97	0,98	0,02	0,38	0,56	0,39	0,64
SVC	0,05	0,99	0,99	0,99	0,99	0,03	0,64	0,67	0,65	0,88
KNeighbors	0,08	0,98	0,98	0,98	0,99	0,02	0,90	0,88	0,89	0,97
RandomForest	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	0,23	0,99	0,91	0,94	0,99
GaussianNB	0,02	0,92	0,98	0,94	0,98	0,00	0,64	0,62	0,42	0,34
Voting1	1,05	0,97	1,00	0,98	0,99	0,39	0,80	0,81	0,64	0,50
Voting2	18,46	1,00	1,00	1,00	1,00	8,87	0,98	0,91	0,94	0,99
Voting3	11,27	1,00	0,99	0,99	0,99	6,16	0,73	0,68	0,68	0,91
Stacking	2,38	1,00	0,99	1,00	1,00	1,45	0,99	0,91	0,94	0,99
Stacking2	5,23	0,99	0,89	0,92	0,99	2,74	0,75	0,66	0,67	0,92
Stacking3	5,16	1,00	0,99	1,00	1,00	2,73	0,99	0,91	0,94	0,99

Сравнение классификаторов. По показателям точности наиболее эффективными среди базовых оказались DecisionTree и RandomForest, а из ансамблевых Voting2 и Stacking3. Однако при внесении в тестовую выборку записей неизвестных вторжений у DecisionTree и RandomForest точность оказалась ниже, чем у SVM и Perceptron. И лучшим оказался Voting3, включающий RandomForest и SVM, тип голосования hard.

По скорости работы ансамблевые классификаторы значительно медленнее базовых. Но уменьшение пространства признаков по методу CfsSubsetEval позволило снизить временные расходы почти в два раза, не потеряв, а в ситуации неопределенности улучшив в точности обнаружения.

Заключение.

В этой статье построено и исследовано несколько различных моделей ансамблевых классификаторов, которые применялись для обнаружения вторжений. Классификаторы тестировались на трех пространствах признаков, выбранных в обновленном наборе данных вторжений CICIDS2017. Определена модель наиболее высокоэффективного классификатора: голосовой классификатор, включающий RandomForest и SVM с использованием большинства голосов.

Список литературы

1. Intrusion detection model using feature extraction and LPBoost technique / I. Sumaiya Thaseen; Ch. Aswani Kumar // International Journal of Internet Technology and Secured Transactions, 2018 Vol.8 No.4, pp.635 – 652
2. *Jatuphum Juanchaiyaphum* A Novel Lightweight Hybrid Intrusion Detection Method Using a Combination of Data Mining Techniques / Jatuphum Juanchaiyaphum Ngamnij Arch-int, Somjit Arch-int, Saiyan Saiyod // International Journal of Security and its Applications, 2015 April, 9(4), pp. 91-106
3. A Novel Framework for NIDS through Fast kNN Classifier on CICIDS2017 Dataset / Vamsi krishna Kanneganti, Kailasam Swathi, Bobba Brao // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 2020 January, Volume-8 Issue-5, ISSN: 2277-3878, pp. 3669-3675
4. *Jalal Rezaeenour* The Application of Ensemble Classification Techniques in Network Intrusion Detection : a Review / Jalal Rezaeenour // National Conference on New Approaches in Computer Engineering and Information Retrieval, Islamic Azad University, Roudsar-Branch, 9 October 2013
5. *Karatas G., Demir O. and Sahingoz O.K.*, "Increasing the Performance of Machine Learning-Based IDSs on an Imbalanced and Up-to-Date Dataset," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 32150-32162, 2020

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.С. Минкин, С.Ю. Софьина, Р.М. Гарипов,
А.В. Репина, Р.Х. Шагимуллин
**СТРУКТУРА ПОЛИМЕРНЫХ СЕТОК КОМПОЗИЦИЙ НА
ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА С РАЗЛИЧНЫМИ
МОДИФИКАТОРАМИ**

Ключевые слова: отверждение, эпоксидный олигомер,
полимерные сетки.

Изучены процессы образования полимерных сеток композиций на основе эпоксидного олигомера с различными модификаторами. Методом ЯМР установлено наличие частично микрокристаллических областей образующейся полимерной сетки. Показано действие вводимых модификаторов на некоторые параметры полимерных матриц.

Н.С. Алексеев, В.А. Осипова
**ОБ ОТЛИЧИИ СВОЙСТВ ГРУППОВОГО ВЫБОРА ОТ
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО
ВЫБОРА**

Ключевые слова: коллективное принятие решений, групповой
выбор, правило голосования, механизм выбора,
характеристические условия функций выбора.

В работе рассматриваются известные процедуры группового выбора и показано, что характеристические свойства функций выбора, которые являются "разумными требованиями" для индивидуального выбора, не всегда выполняются для группового выбора. Показано, что в общем случае, отражающие "рациональное" поведение условия наследования, отбрасывания и константности выбора не выполняются для правил голосования с подсчетом очков и правил Коупленда и Симпсона, а условие согласия выполняется только для правила Симпсона.

Д.В. Баранов
**ПРОЦЕДУРА НАЗНАЧЕНИЯ ЗАДАНИЙ В
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМАНДАХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ РАША**

Ключевые слова: электронный бизнес, распределенные команды,
системы поддержки принятия решений, интеллектуальные
системы.

Статья посвящена задаче поддержки принятия решений в распределенных командах. Рассмотрены существующие модели определения вероятности успешного выполнения тестовых заданий. Анализируется практическая реализация модели Раша и процедура назначения заданий в распределенных командах с ее применением. Намечены пути совершенствования этой процедуры.

Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов,
В.М. Нигметзянова, Д.К. Шакуров
**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ДАВЛЕНИЮ
КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ**

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, грузовой
автомобиль, давление картерных газов, остаточный ресурс,
цилиндропоршневая группа.

В статье проведено исследование процесса разработки бортовой системы диагностики. Рассматриваются конструкция двигателя внутреннего сгорания, его основные детали и узлы, по которым можно определить остаточный ресурс. Приведена методика определения остаточного ресурса двигателя современного грузового автомобиля по давлению картерных газов.

Д.С. Горбатенко
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ
МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ**

Ключевые слова: безопасность движения, дорожно-

V.S. Minkin, S.U. Sofyina, R.M. Garipov,
A.V. Repina, R.Kh. Shagimullin
**STRUCTURE OF POLYMER MESHES OF
COMPOSITIONS BASED ON AN EPOXY OLIGOMER
WITH VARIOUS MODIFIERS**

Keywords: curing, epoxy oligomer, polymer meshes.

The processes of formation of polymer meshes of compositions based on an epoxy oligomer with various modifiers are studied. The presence of partially microcrystalline regions of the resulting polymer network was established by NMR. The effect of the introduced modifiers on some parameters of polymer matrices is shown.

N.S. Alekseyev, V.A. Osipova
**ON THE DIFFERENCE BETWEEN COLLECTIVE CHOICE
PROPERTIES AND CHARACTERISTIC PROPERTIES OF
THE INDIVIDUAL CHOICE**

Keywords: collective decision making, collective choice, group
choice, voting rule, selection mechanism, choice functions
conditions.

The paper considers well-known group choice methods and shows that the characteristic properties of choice functions, which are "reasonable requirements" for individual choice, are not always satisfied for group choice. It is shown that, in the general case, the Heredity condition, the Arrow's choice axiom and the Outcast condition that reflect "rational" behavior of choice are not satisfied for voting rule with scoring points and Copeland's and Simpson's method. The concordance condition is satisfied only for Simpson's method.

D.V. Baranov
**PROCEDURE FOR ASSIGNING TASKS IN DISTRIBUTED
TEAMS USING THE RASCH MODEL**

Keywords: electronic business, distributed teams, decision
support systems, intelligent systems.

The article is devoted to the topic of decision support in distributed teams. The existing models for determining the probability of successful completion of test tasks are analyzed. The practical implementation of the Rasch model and the procedure for assigning tasks in distributed teams with its application are considered. The trends of improvement of this model are outlined.

R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov,
R.F. Ildarhanov, V.M. Nigmatzyanova, D.K. Shakurov
**PROCEDURE FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE
BY THE PRESSURE OF CASE GASES IN THE INTERNAL
COMBUSTION ENGINE**

Keywords: internal combustion engine, truck, crankcase gas
pressure, residual life, cylinder-piston group.

The article deals with the study of the development process of the on-board diagnostics system. The article considers the internal combustion engine design, its main parts and assemblies by which the residual life can be determined. The method is presented for determining the residual life by the pressure of crankcase gases in modern truck engine.

D.S. Gorbatenko
**ENSURING TRAFFIC SAFETY DURING THE
OPERATION OF AMBULANCE VEHICLES**

Keywords: traffic safety, road traffic accident, ambulance,
ambulance car, traffic violations, accident prevention.

транспортное происшествие, скорая медицинская помощь, автомобиль скорой медицинской помощи, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика аварийности с участием автомобилей скорой медицинской помощи. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий как с участием автомобилей скорой медицинской помощи, так и по вине водителей автомобилей скорой медицинской помощи. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности с участием автомобилей скорой медицинской помощи.

И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: адаптация, сверхширокополосность, сигнал. В работе предлагается адаптивный алгоритм обработки сверхширокополосных сигналов при зондировании трехмерного пространства. Алгоритм пригоден для оценки характеристик пространства в рассматриваемой зоне ответственности. Основное внимание уделяется обработке информации и не затрагивает вопросы техники излучения и приема сигналов.

С.Н. Ефимов, В.А. Терсков, К.В. Ярков, О.Ю. Серикова
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Ключевые слова: Аппаратно-программный комплекс, система реального времени, стоимость создания аппаратно-программного комплекса, производительность, надёжность. Описывается постановка задачи оптимизации затрат при проектировании аппаратно-программного комплекса системы реального времени. Задача однокритериальной условной оптимизации, критерием в которой является минимизация затрат, а ограничениями - требования к производительности и надёжности функционирования аппаратно-программного комплекса. В качестве метода решения задачи предлагается использовать эволюционные алгоритмы оптимизации.

Д.Ю. Карандеев

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ КЛОДА ШЕННОНА И А.Я. ХИНЧИНА

Ключевые слова: теория информации, мера неопределенности информации, подход Клода Шеннона, модель А.Я. Хинчина, структуры распределительных сетей.

В работе представлена вычислительная процедура выбора эффективной структуры распределительной сети, базирующаяся на моделях Клода Шеннона и А.Я. Хинчина. В качестве показателя, выражающего структурную надежность, выступает мера неопределенности информации. Процедура предусматривает анализ выявления несоблюдения условия поддержания требуемого уровня надежности структуры сети.

Г.В. Кузнецова, А.А. Морозов, Т.А. Морозова, С.А. Шальнов
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: информационные технологии, система образования, вуз, дистанционное обучение, интенсивные технологии обучения.

В статье обосновывается целесообразность введения в учебный процесс вузов информационных образовательных технологий. Это позволит существенно сократить недостатки в обеспечении подготовки специалистов технического направления, основным источником которых является разрыв между современными требованиями к кадрам, способным обеспечить создание приоритетных образцов техники и

The article deals with the problem of accidents with the participation of ambulances. The analysis of the main causes of road traffic accidents involving both ambulance cars and the fault of ambulance drivers is carried out. Proposed and theoretically substantiated measures for the prevention of accidents involving ambulance vehicles.

I.V. Grubrin, I.U. Lygina

ADAPTIVE PROCESSING OF THE ULTRAWIDEBAND SIGNALS IN SPACE SENSING IN MULTI-CHANNELS INFORMATION SYSTEMS

Keywords: adaptive processing, ultrawideband, signal. In this paper we propose an adaptive algorithm for processing ultra-wideband signals when probing three-dimensional space. The algorithm is suitable for evaluating the characteristic of the space in the area of responsibility under consideration. The main focus is on information processing and does not address the issues of radiation technology and signal reception.

S.N. Efimov, V.A. Terskov, K.V. Yarkov, O.Yu. Serikova
COST OPTIMIZATION WHEN DESIGNING THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX OF THE REAL TIME SYSTEM

Keywords: Computer appliance, real-time system, the cost of computer appliance development, performance, reliability. This paper proposes the formulation of the cost optimization problem in choose of the architecture of a computer appliance for a real-time control system. The problem of single-criteria conditional optimization, in which the criterion is the minimization of costs, and the limitations are the requirements for the performance and reliability of the functioning of the hardware and software complex. The necessity of using evolution optimization algorithms for solving this problem is justified.

D.J. Karandeev

PROCEDURE FOR SELECTING THE DISTRIBUTION NETWORK STRUCTURE BASED ON THE MODELS OF CLAUDE SHANNON AND A. Y. KHINCHIN

Keywords: information theory, information uncertainty measure, optimization, distribution network structures, Claude Shannon approach, A. Y. Khinchin model.

The paper presents a computational procedure for choosing an effective distribution network structure based on the models of Claude Shannon and A. Y. Khinchin. The measure of information uncertainty is used as an indicator that expresses structural reliability. The procedure provides for the analysis and identification of non-compliance with the condition for maintaining the required level of reliability of the network structure.

G.V. Kuznetsova, A.A. Morozov, T.A. Morozova, S.A. Shalnov
INFORMATION AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF TECHNICAL SPECIALISTS

Keywords: information technologies, education system, university, distance learning, intensive learning technologies. The article substantiates the feasibility of introducing information educational technologies into the educational process of higher educational institutions. This will significantly reduce the disadvantages in providing training for technical specialists, the main source of which is the gap between modern requirements for personnel capable of creating priority models of equipment and the capabilities of modern education. The use of information and educational

возможностями современного образования. Использование информационных образовательных технологий в процессе обучения позволит обеспечить подготовку специалистов технического направления нового уровня.

П.Н. Кузьмичев, С.Ю. Меженнин, Ю.С. Егоров
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: трубопроводный транспорт, сеть технологической связи, системно-сетевые решения, система поддержки принятия решений, онтология.

В статье рассмотрен подход к проектированию сети технологической связи для объектов трубопроводного транспорта, который позволит повысить эффективность принимаемых решений за счет оптимизации системно-сетевых и технико-экономических характеристик проектируемого объекта. Формализация в процессе принятия системно-сетевых решений по организации связи позволит проводить анализ значительно большего объема исходных данных, снизить временные затраты и повысить качество принимаемых при этом решений. Предлагается создание паттернов (шаблонов) для повышения эффективности решения типовых задач системного проектирования в рамках некоторого часто возникающего контекста. В результате проектировщики получат доступ к корпоративной базе актуальных знаний, включающей шаблоны проектирования, а ведущие специалисты и руководители – обоснование для принимаемых решений.

А.Т. Кулаков, Е.П. Барыльникова, З.А. Аюкин, В.Н. Никишин,
И.П. Талипова, Р.Ф. Калимуллин, Н.А. Шерстнев
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ИСПЫТАНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ СМАЗКИ ДИЗЕЛЕЙ,
ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ
ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ключевые слова: система смазки, производительность масляного насоса, управление сдаточными испытаниями двигателей, запас производительности маслонасоса, контроль давления в системе смазки, колебания давления.

В статье рассмотрено развитие методов и системы управления испытаниями элементов системы смазки дизелей с оценкой наряду со статическим давлением по стендовому манометру, колебаний давления и величины запаса производительности маслонасоса.

Н.А. Максимов, О.К. Осипчук, А.С. Семин
ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ
ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Ключевые слова: автономная навигация, робототехническое средство (РТС), определение координат, высокодетальный снимок (карта) местности, алгоритмы, программное обеспечение, нейронные сети, SLAM.

В работе проведен анализ современного состояния и тенденций развития методов и алгоритмов автономной навигации наземных роботизированных комплексов. Проанализированы известные алгоритмы, позволяющие производить определение текущих координат наземных комплексов в реальном масштабе времени. Разработаны макеты отдельных программных средств, с целью проверки реализуемости и эффективности известных и разрабатываемых алгоритмов. Проведенные оценки точности определения местоположения и времени решения задачи позволяют сделать вывод о возможности решения поставленной задачи.

А.А. Морозов, Т.А. Морозова, А.В. Старков
ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ключевые слова: обработка данных, ДЗЗ, распределение

technologies in the learning process will ensure the training of specialists in the technical direction of a new level.

P.N. Kuzmichev, S.Yu. Mezhenin, Yu.S. Yegorov
FORMALIZATION OF TECHNOLOGICAL
COMMUNICATION NETWORK DESIGN FOR PIPELINE
TRANSPORT OBJECTS

Keywords: pipeline transport, technological communication network, system-network solutions, decision support system, ontology.

This paper proposes methods for an intellectual support of decision-making management. The method allows increasing the efficiency of decisions and optimizing the structural and technical characteristics of the pipeline transport object. Formalization in the process of making system-network decisions on the organization of communication will allow us to analyze a larger amount of source data, reduce time costs and improve the quality of decisions made. A design pattern (template) should be formed in the process of system design and allow solving the problems of system design within the framework of some often arising context. Specialists will have the necessary supply of relevant knowledge, and the units that are responsible for decision-making will receive the necessary technology, as well as design patterns.

A.T. Kulakov, E.P. Barylnikova, Z.A. Ayukin, V.N. Nikishino,
I.P. Talipova, R.F. Kalimullin, N.A. Sherstnev
INVESTIGATION OF METHODS AND CONTROL
SYSTEMS FOR TESTING DIESEL ENGINE
LUBRICATION ELEMENTS THAT AFFECT
PERFORMANCE DURING OPERATION

Keywords: lubrication system, oil pump performance, engine acceptance test management, oil pump performance margin, pressure control in the lubrication system, pressure fluctuations.

The article deals with the development of methods and control systems for testing the elements of the diesel engine lubrication system with the assessment, along with the static pressure on the bench pressure gauge, of pressure fluctuations and the value of the oil pump performance margin.

N.A. Maksimov, O.K. Osipchuk, A.S. Semin
DETERMINING THE LOCATION OF ROBOTIC TOOLS
BASED ON GEOSPATIAL DATA IN URBAN CONDITIONS

Keywords: autonomous navigation, robotic means (RTS), determination of coordinates, high-detail image (map) of the area, algorithms, software, neural networks, SLAM.

The paper analyzes the current state and trends in the development of methods and algorithms for autonomous navigation of ground-based robotic systems. The well-known algorithms that allow determining the current coordinates of ground complexes in real time are analyzed. Models of individual software tools have been developed to test the feasibility and effectiveness of known and developed algorithms. The conducted estimates of the accuracy of determining the location and time of the solution allow us to conclude that it is possible to solve the problem.

A.A. Morozov, T.A. Morozova, A.V. Starkov
GENERAL APPROACH TO DISTRIBUTED REMOTE
SENSING DATA PROCESSING

Keywords: data processing, remote sensing, resource allocation, efficiency, time, cost, ground segment.

ресурсов, эффективность, время, стоимость, наземный сегмент.

В статье рассматривается задача распределения процессов обработки информации дистанционного зондирования Земли из космоса по элементам наземной инфраструктуры с учетом минимизации суммарного времени обслуживания и совокупных затрат на обработку информации. Проведено исследование и проанализированы варианты распределения информации между ППИ с предложенной моделью обработки информации.

И.С. Полякова, Ф.Г. Хисамов

ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ

Ключевые слова: пусконаладочные работы, охрана труда, монтаж, наладка, электрооборудование, безопасность, испытания, эксплуатация.

В данной статье рассмотрены основные проблемы обеспечения безопасности и охраны труда при проведении пусконаладочных работ, проведен анализ основных показателей травматизма на производстве в Краснодарском крае в 2019 году. При пусконаладке персонал работает в трудных и опасных условиях, поэтому к персоналу, проводящему ПНР, предъявляют высокие требования по электробезопасности. Нарушение трудовой дисциплины при пусконаладочных работах очень часто вызвано низкой квалификацией работников, не понимающих последствия отступления от регламента действий, поэтому необходимо и руководителям, и исполнителям пусконаладочных работ прививать культуру проведения ПНР.

С.А. Ямашкин, А.А. Ямашкин, О.А. Зарубин

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕМПИОНАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: онлайн-чемпионат, веб-системы, распределенные системы.

Статья посвящена проработке технических аспектов проведения онлайн чемпионатов с использованием современных веб-технологий на примере опыта организации Всероссийского чемпионата по географии среди школьников «Мое Отечество – Россия». Авторами изложены опорные пункты итерационной разработки, тестирования и использования веб-системы, поднимаются вопросы формирования реляционного хранилища данных, UI/UX-проектирования адаптивных графических интерфейсов. Приводятся результаты проведения чемпионата: обобщенные статистические сведения, география участников. Делается вывод о целесообразности создания единой федеральной сети общетематических и отраслевых онлайн-мероприятий по географии, направленных на развитие исследовательского потенциала обучающихся.

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Ключевые слова: микро рельеф, резцовый механизм, профилирование, связанность.

Рассматривается процесс образования прецизионного регулярного микро рельефа комбинированным методом. Из условия устойчивости по координатной связанности определяются параметры резцового устройства, резца и режимы обработки, обеспечивающие стабилизацию процесса образования ПРМ

Н.Д. Ахметов, М.М. Гимадеев, В.А. Кривошеев

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЁТА СКОРОСТИ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОДВОДНОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВЕ

Ключевые слова: подводный электровзрыв; электрический разряд в воде; скорость волны давления; инженерный расчёт. В работе предложена для инженерных расчётов методика определения скорости волны давления при подводном электровзрыве на основе эмпирических зависимостей.

The article presents the task of distributed remote sensing data processing on the ground segment taking into account the minimization of the total service time and the total cost of information processing.

The study was conducted and the options of distribution of information between receiving station and of the proposed information processing model were analyzed.

I.S. Polyakova, F.G. Khisamov

LABOR PROTECTION DURING COMMISSIONING

Keywords: commissioning, labor protection, installation, adjustment, electrical equipment, safety, testing, operation.

This article discusses the main problems of ensuring safety and labor protection during commissioning, analyzes the main indicators of injuries at production in Krasnodar Region in 2019, analyzes the indicators of the distribution of the number of accidents depending on their causes. During commissioning, the personnel work in difficult and dangerous conditions, so the personnel performing commissioning have very high requirements for electrical safety. Violation of labor discipline during commissioning is very often caused by low qualifications of employees who do not understand the consequences of deviation from the rules of action, so it is necessary for both managers and performers of commissioning to instill a culture of performing commissioning works.

S.A. Yamashkin, A.A. Yamashkin, O.A. Zarubin

TECHNICAL ASPECTS OF CHAMPIONSHIPS ORGANIZING USING MODERN WEB TECHNOLOGIES

Keywords: online championship, web systems, distributed systems.

The article is devoted to the study of technical aspects of conducting online championships using modern web technologies on the example of the experience of organizing the All-Russian championship in geography among schoolchildren "My Fatherland - Russia". The authors set out the strong points of iterative development, testing and use of the web system, raise the issues of the formation of a relational datastorage, UI/UX-design of adaptive graphical interfaces. The results of the championship are given: generalized statistical information, geography of the participants. It is concluded that it is advisable to create a unified federal network of general thematic and industry-specific online events in geography aimed at developing the research potential of students.

G.A. Alekseev, V.N. Kudashov, E.G. Selina

ENSURING THE QUALITY OF THE AUTOMATED PROCESS OF FORMING A PRECISION REGULAR MICRORELIEF BY THE COMBINED METHOD

Keywords: microrelief, incisor mechanism, profiling, connectivity.

The process of formation of a precision regular microrelief by the combined method is considered. The parameters of the cutting device, the cutting tool, and the processing modes that ensure the stabilization of the PRM formation process are determined from the condition of stability by coordinate connectivity.

N.D. Akhmetov, M.M. Gimadeev, V.A. Krivosheev

ENGINEERING CALCULATION METHODS OF PRESSURE WAVE SPEED BY UNDERWATER ELECTRIC EXPLOSION

Keywords: underwater electric explosion, an electric discharge, pressure wave speed, engineering calculation.

In this contribution we report on determining the pressure wave speed by underwater electric explosion based on empirical dependencies for engineering calculations.

В.А. Егоров, А.В. Шангутова, Д.В. Шангутова
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В MATLAB

Ключевые слова: Моделирование, асинхронный

электродвигатель, матлаб, расчетная модель

электродвигателя, виртуальная модель электродвигателя.

Целью работы является, получение расчётной модели асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, переменные состояния которой изменяются аналогично соответствующим переменным виртуальной модели *Asynchronous Machine SI Units* среды моделирования *MatLab*.

V.A. Egorov, A.V. Shangutova, D.V. Shangutova
DEFINITION OF THE DESIGN MODEL OF AN
ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR WHEN
SIMULATING IN MATLAB

Keywords: Modeling, asynchronous electric motor, matlab, calculation model of an electric motor, virtual model of an electric motor.

The purpose of the work is to obtain a computational model of an asynchronous electric motor with a squirrel-cage rotor, the state variables of which change similarly to the corresponding variables of the *Asynchronous Machine SI Units* virtual model of the *MatLab* modeling environment.

Д.В. Зими́на, А.В. Флеров
ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОИМОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА,
ВЫРАЖЕННОЙ В КОЛИЧЕСТВЕ ОПЕРАЦИЙ, С ПОМОЩЬЮ
ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: бизнес-процесс, функционально-стоимостной анализ, операция, диаграмма IDEF0.

В работе предложен новый вариант использования метода функционально-стоимостного анализа для вычисления стоимости бизнес-процесса. Стоимость вычисляется точки зрения количества произведенных операций, а не во времени или каких-либо материальных ресурсах. Данный подход позволяет более точно оценить разные варианты бизнес-процесса в тех случаях, когда измерение стоимости во времени или материальных ресурсах трудно формализуемо и не дает информативных и точных результатов.

D.V. Zimina, A.V. Flerov
EVALUATING THE VALUE OF A BUSINESS PROCESS
IN TERMS OF NUMBER OF TRNSACTIONS BY MEANS
OF AN ACTIVITY-BASED COSTING

Keywords: business process, activity-based costing, transaction, IDEF0 diagram.

The paper proposes a new version of using the activity-based costing method to calculate the cost of a business process. The cost is calculated in terms of the number of operations performed, and not in time or any material resources. This approach allows to more accurately evaluate different options for a business process in cases where the measurement of value in time or material resources is difficult to formalize and does not provide informative and accurate results.

В.К. Ионычев, А.А. Шестеркина
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА
МИКРОПЛАЗМЕННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ГЛУБОКИХ
УРОВНЕЙ В $P - N$ -ПЕРЕХОДАХ

Ключевые слова: лавинный пробой, микроплазма, $p-n$ -переход, напряжение пробоя, задержка микроплазменного пробоя, глубокий уровень.

Приведена методика и краткое описание разработанной установки для исследования глубоких центров по задержке микроплазменного пробоя в $p-n$ -переходах. Данная методика позволяет исследовать глубокие уровни лишь в области заполнения их основными носителями заряда при кратковременном снижении обратного напряжения, то есть исключить полевую перезарядку глубоких центров в области максимального электрического поля.

V.K. Ionychev, A.A. Shesterkina
AUTOMATED INSTALLATION FOR MICROPLASMA
SPECTROSCOPY OF DEEP LEVELS IN $P - N$ -JUNCTIONS

Keywords: avalanche breakdown, microplasma, $p-n$ -junction, breakdown voltage, microplasma breakdown delay, deep level. A technique and a brief description of the developed setup for studying deep centers on the delay of microplasma breakdown in $p-n$ -junctions are presented. This technique makes it possible to study deep levels only in the region of their filling by the main charge carriers with a short-term decrease in the reverse voltage, that is, to exclude the field recharging of deep centers in the region of the maximum electric field.

В.В. Лебедев, О.В. Пухова
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АСУТП
ФОРМИРОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЛЫХ ГОРШОЧКОВ

Ключевые слова: программное обеспечение, торф, система управления автоматика, переработка.

В статье разработано оригинальное программное обеспечение системы автоматического управления технологическим процессом (АСУТП) формирования торфяных полых горшочков. Оно позволяет отображать автоматизированный процесс производства, осуществлять мониторинг и прямое цифровое управление параметрами технологического процесса. Программное обеспечение обладает графическим отображением технологического оборудования, позволяет задавать пользовательские настройки элементов системы мониторинга, а так же выбирать оптимальные параметры работы оборудования. Автоматизация производства способствует повышению качественных свойств и количественных показателей конечной продукции.

V.V. Lebedev, O.V. Puhova
SOFTWARE FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEMS
FOR FORMATION OF PEAT HOLLOW POTS

Keywords: software, peat, control system automation, recycling.

In the article software of automatic process control system (APCS) for the formation of peat hollow pots is developed. It allows you to display the automated production process, monitor and direct digital control of the process parameters. The software has a graphical display of technological equipment, allow you to set user settings for monitoring system elements, as well as choose the optimal parameters of the equipment. Automation of production contributes to the improvement of the quality properties and quantitative indicators of the final product.

Д.В. Горбачев
СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ АНАЛИЗЕ ДОСТУПНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ВРАЧЕБНОЙ
И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ
ПОМОЩИ

Ключевые слова: принятие решений, медицинская помощь,

D.V. Gorbachev
SYSTEMIC ASPECTS OF DECISION-MAKING WHEN
ANALYZING THE AVAILABILITY OF PRIMARY AND
SPECIALIZED HEALTH CARE

Keywords: decision-making, medical care, accessibility, feldsher-midwife station, IT support, knowledge base.

доступность, фельдшерско-акушерский пункт, ИТ-поддержка, база знаний.

Проводимое исследование направлено на разработку алгоритмов поддержки принятия решений при организации оказания медицинской помощи в сельских и удаленных районах региона. В статье введены показатели и критерии принятия решений при оценке доступности медицинской помощи. Сформирована схема решения задачи, позволяющая перейти к формализованным алгоритмам и автоматизации процедур анализа и подготовки решений.

А.Н. Пономарев, Л.В. Казанцева
МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ.

Ключевые слова: Информационные технологии, машинное обучение, машинное зрение.

Вопросы интеграции информационных технологий и машинного обучения, в частности, играют колоссально значимую роль в профессиональной жизнедеятельности современного человека. Основной целью представленной работы является изучение вопроса машинного обучения и, в частности, анализ актуальности и применения машинного зрения в решении различных прикладных задач. В ходе выполнения работы используются теоретические методы исследования. С целью более полного раскрытия темы и получения достоверных данных автором используются публикации и материалы отечественных и зарубежных источников.

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Р.Ф. Илдарханов,
В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов, Р.Х. Тахавиев
ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Ключевые слова: грузовой автомобиль, нагруженность трансмиссии, карданная передача, асинхронный шарнир, хладноломкость, коэффициент трения.

В статье изложены результаты исследования работоспособности карданных передач грузовых автомобилей в зимних условиях. Рассмотрены причины неисправностей и отказов карданной передачи в период эксплуатации. Предложены параметры математической модели рабочего процесса карданной передачи грузового автомобиля, учитывающие влияние внешней среды.

А.Ю. Барыкин, А.Ф. Малаховецкий, Э.М. Мухаметдинов,
Д.И. Нуретдинов, А.А. Малаховецкий
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРООБЪЁМНОЙ
ПЕРЕДАЧИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ТРАНСМИССИИ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВЫСОКОЙ
ПРОХОДИМОСТИ

Ключевые слова: транспортная машина, проходимость, управляемость, гидрообъёмная передача, аксиально-поршневой насос.

В статье изложены результаты исследований в области эксплуатации транспортных и тяговых машин с гидрообъёмным приводом в трансмиссии. Приведены принципы построения функциональной схемы гидрообъёмной трансмиссии. Описана математическая модель рабочих процессов гидрообъёмного привода, применяемого в трансмиссии транспортного средства высокой проходимости.

В.Ю. Мельцов, А.А. Гущина, А.А. Чудинов
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ В ЛОГИКЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

Ключевые слова: логический вывод, исчисление высказываний, деление дизъюнктов, параллельные вычисления, программная реализация.

В работе рассмотрен ускоренный метод логического вывода в логике высказываний. Особенности метода продемонстрированы на примере. На основе разработанного авторами программного приложения проведён сравнительный

The study is aimed at developing decision support algorithms for the organization of medical care in rural and remote areas of the region. The factor space being formed and the solution area are based on indicators of access to medical care. Indicators and decision-making criteria are introduced in assessing the availability of medical care. A scheme for solving the problem has been formed, which allows us to switch to formalized algorithms and automation of analysis and preparation of solutions.

A.N. Ponomarev, L.V. Kazantzeva
MACHINE VISION: RELEVANCE AND APPLICATION
Keywords: Information technology, machine learning, machine vision.

The integration of information technology and machine learning, in particular, plays an extremely important role in the professional life of modern people. The main purpose of the presented work is to study the question of machine learning and, in particular, to analyse the relevance and application of machine vision in various applications. Theoretical research methods are used in the course of the work. The author uses publications and materials of domestic and foreign sources in order to make a fuller discovery of the topic and obtain reliable data.

A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, R.F. Ildarhanov,
V.M. Nigmatzyanova, D.I. Nuretdinov, R.Kh. Tahaviev
SELECTION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS WHEN
SIMULATING THE WORK OF THE CARDAN
TRANSMISSION

Keywords: truck, transmission load, cardan drive, asynchronous hinge, cold brittleness, coefficient of friction. The article presents the results of a study of the efficiency of cardan transmissions of trucks in winter operation. The reasons of malfunctions and failures of cardan transmission during operation are considered. The parameters of the mathematical model of the working process of the cardan transmission of a truck, taking into account the influence of the external environment, are proposed.

A.Yu. Barykin, A.F. Malahoveckij, E.M. Mukhametdinov,
D.I. Nuretdinov, A.A. Malahoveckij
MATHEMATICAL MODEL OF HYDRAULIC
DISTRIBUTION APPLIED IN HIGH PERFORMANCE
VEHICLE TRANSMISSION

Keywords: transport vehicle, cross-country ability, controllability, hydrostatic transmission, axial piston pump. The article presents the results of research in the field of operation of transport and traction machines with a hydrostatic drive in the transmission. The principles of constructing a functional diagram of a hydrostatic transmission are given. A mathematical model of the working processes of a hydrostatic drive used in the transmission of a high cross-country vehicle is described.

V.Yu. Meltsov, A.A. Gushchina, A.A. Chudinov
INTELLIGENT DATA PROCESSING BY THE
ACCELERATED METHOD IN THE PROPOSITIONAL
CALCULUS

Keywords: logical inference, propositional calculus, disjunct division, parallel computing, software implementation. Considered the process of designing, implementing and debugging a program that models the procedure of deductive logical inference in the logic of statements. A special feature of the chosen method is the use of the operation "division of

анализ ускоренного метода с известными методами последовательной и параллельной резольюции.

О.В. Соловьева, С.А. Соловьев, Р.С. Зарипова,
М.М. Тюрина, А.В. Чупаев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ В ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ ГРАНИЦЕЙ

Ключевые слова: моделирование, аэрозоли, диффузия,
концентрация.

В работе предложено аналитическое выражение для расчета концентрации в трубке с пористой стенкой. Результаты расчета концентрации аэрозольных частиц методом Кранка-Николсона и методом контрольных объемов хорошо согласуются с результатами, полученными по аналитической зависимости после преодоления начального участка трубки, поскольку в случае численного расчета на начальном участке наблюдается неустановившийся режим течения. Аналитическое выражение может быть полезно для прогнозирования поведения аэрозольных частиц при диффузионном осаждении в фильтрах.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, О.А. Шипилова, Э.М. Хасаншина
ПРИМЕНЕНИЕ КАЛОРИМЕТРИИ В ФИЗИЧЕСКОМ
ПРАКТИКУМЕ

Ключевые слова: калориметр, количество теплоты,
анизотропный термоэлемент (АТЭ), счетчик-интегратор Ф-
5007, теплоемкость, энергия.

В работе представлены авторские калориметрические устройства, сочетающие быстроедействие (0,01с) и чувствительность (1мкДж) и их применения в физическом лабораторном практикуме.

А.А. Воробьева, Я.К. Гафарова, Г.А. Самоследов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ
РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ БАНКОВСКИХ
ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ
ОТЗЫВОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

Ключевые слова: анализ тональности, машинное обучение,
репутационный ущерб.

В статье рассматривается проблема определения тональности отзывов о банковских организациях, несущих риски нанесения ущерба деловой репутации. Выполнен краткий обзор основных подходов к классификации текстов по тональности на русском языке. Рассмотрены существующие решения по анализу тональности текстов и выделены их недостатки.

Н.А. Тишина, И.А. Щудро, Л.Ф. Тагирова, Е.Н. Чернопрудова
АНСАМБЛЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ В
ОБНАРУЖЕНИИ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Ключевые слова: обнаружение вторжений, выбор признаков,
ансамблевые модели.

Применение машинного обучения при обнаружении вторжений привлекло значительное внимание исследовательского сообщества. В этой статье предложен гибридный ансамблевых моделей классификаторов и выбора признаков в обновленных наборах данных вторжений. Измерение усредненных показателей эффективности позволило определить наиболее оптимальную схему гибридного классификатора в уменьшенном пространстве признаков.

disjuncts" as the basic operation. The main advantage of both the method and the software implementation is the use of computational parallelism at several processing levels. The work with the application is demonstrated by the example of solving the problem described by the original rules and facts in the logic of statements.

О.В. Soloveva, S.A. Solovev, R.S. Zaripova,
M.M. Tyurina, A.V. Chupaev

NUMERICAL SIMULATION OF THE GAS SUSPENSION MOTION IN A TUBE WITH A POROUS BOUNDARY

Keywords: modeling, aerosols, diffusion, concentration.

The paper proposes an analytical expression for calculating the concentration in a tube with a porous wall. The results of calculating the concentration of aerosol particles by the Crank-Nicholson method and the control volume method are in good agreement with the results obtained from the analytical dependence after overcoming the initial section of the tube since, in the case of a numerical calculation, an unstable flow regime is observed in the initial section. An analytical expression can be useful for predicting the behavior of aerosol particles during diffusion deposition in filters.

А.Г. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, O.A. Shipilova,
E.M. Khasanshina
APPLICATION OF CALORIMETRY IN PHYSICAL
PRACTICE

Keywords: calorimeter, amount of heat, anisotropic
thermoelement (ATE), counter-integrator, heat capacity,
melting, energy.

The paper presents the author's calorimetric devices that combine speed (0.01 s) and sensitivity (1μJ) and their applications in physical laboratory practice.

А.А. Vorobeva, Ya.K. Gafarova, G.A. Samosledov
RESEARCH OF BANKING ORGANIZATIONS
REPUTATIONAL RISKS REDUCING POSSIBILITY
BASED ON SENTIMENT ANALYSIS OF REVIEWS IN
RUSSIAN

Keywords: sentiment analysis, machine learning, reputational
damage.

This paper studies the problem of determining the tone of reviews about banking organizations that carry risks of damaging business reputation. A brief overview of the main approaches to the classification of texts in Russian by sentiment is performed. Existing solutions for the text sentiment analysis are considered and their shortcomings are highlighted.

Н.А. Tishina, I.A. Shudro, L.F. Tagirova, E.N. Chernoprudova
ENSEMBLE CLASSIFICATION MODEL IN NETWORK
INTRUSION DETECTION

Keywords: intrusion detection, feature selection, ensemble
models.

The use of machine learning in intrusion detection has received significant attention from the research community. This article proposes a hybrid of ensemble classifier models and feature selection in updated intrusion datasets. Measurement of the averaged performance indicators made it possible to determine the most optimal hybrid classifier scheme in a reduced feature space.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№4 2021

Направления:

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

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

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

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

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

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

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 22.04.2021 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 22.04.2021

11,2 усл.печ.л. 12,8 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3370.

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»