

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№10 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. №10 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – 146 с.

ISSN 2079-5920

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

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

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

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

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

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

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

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

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, А.В. Ретина, П.П. Суханов, А.А. Иванова, Р.Х. Шагимуллин</i> ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК МОДИФИКАТОРЫ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	8
05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<i>С.С. Акимов, В.А. Трипкош</i> КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕКТИРОВКИ МЕТОДА ГИСТОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ	15
<i>В.В. Бухтояров, Д.К. Зырянов, А.Е. Синицкая</i> ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИВУЧЕСТИ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	18
<i>Д.С. Горбатенко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕЗДЕ ПЕРЕКРЕСТКОВ	22
<i>И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина</i> АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО ИХ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	25
<i>М.Е. Корнет, А.В. Раскина, Е.А. Чжан, А.В. Караванов, А.С. Зайцев</i> НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА	28
<i>А.А. Макашов</i> ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ БСС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА НА БОРТУ САМОЛЁТА	32
<i>В.В. Слепцов, А.Д. Лагунова, А.Е. Аблаева, Динь Ба Фьонг</i> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАЛОГАБАРИТНЫХ КВАДРОКОПТЕРОВ	35
<i>Л.Ф. Тагирова, В.К. Тагиров, Н.А. Тишина</i> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	40
05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	
<i>К.Л. Горшкова</i> ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ НЕФТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ	44
<i>К.Л. Горшкова, И.П. Ситдикова, Н.Н. Алаева</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СКВАЖИН	48
<i>Д.К. Зырянов, А.Е. Синицкая, В.В. Бухтояров</i> СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ БЛОКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	52
<i>С.А. Канаев, М.Ю. Молозина, О.В. Москаленко, А.Е. Аблаева</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК МУЛЬТИСЕНСОРНОГО ДАТЧИКА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА	56
<i>А.А. Попов, Д.В. Рогова, Я.И. Шамлицкий, И.Г. Перевалов, Д.В. Митюхин, А.В. Кукарцев</i> ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРОПОТОКА	61
<i>Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, Л.В. Селиверстова, П.М. Салов, Т.В. Картузова, О.В. Васильева, Е.В. Васильева</i> КОЛЕБАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ПРОДОЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ	69

<i>В.С. Соболев, А.А. Зинченко, И.В. Антипенко, Л.Н. Козаченко, П.А. Дараган</i> ИНТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ	72
--	----

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

<i>З.Ш. Абдураманов, О.М. Аметов, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов</i> ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МГНОВЕННОГО ОБМЕНА СООБЩЕНИЯМИ	76
<i>В.И. Виноградов, Т.Б. Волкова</i> СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ФАЙЛОВЫЙ МЕНЕДЖЕР ДЛЯ РАБОТЫ С ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ДОКУМЕНТАМИ, ПОДПИСАННЫМИ УСИЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПОДПИСЯМИ	80
<i>А.В. Емельянов, С.С. Емельянова</i> ОБЗОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА РЕСУРСОВ GLPI	84

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

<i>П.П. Аврашков, И.А. Коськин, И.С. Константинов</i> МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	88
<i>А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, И.Ф. Шайхутдинов</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЗМА БЛОКИРОВКИ МЕЖКОЛЁСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ	92
<i>О.И. Богомолова, А.И. Галимянова, В.Т. Якупова</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММ ГЕНЕРАЦИИ ГАУССОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ	95
<i>А.П. Буйносов, А.Т. Шаранов, М.С. Четижко</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ТЯГОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОВОЗА	98
<i>А.Ф. Галимянов, Ф.А. Галимянов</i> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	102
<i>Ю.Г. Полкунов</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ В УСТУПНОМ РЕЖИМЕ ПОРОД СРЕДНЕЙ И ВЫШЕ КРЕПОСТИ	105
<i>А.С. Титовцев, М.Н. Томилова</i> ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ НАКОПИТЕЛЯ	109
<i>А.С. Титовцев, М.Н. Томилова</i> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ НАКОПИТЕЛЯ	113

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

<i>Е.М. Баранова, С.Ю. Борзенкова, И.Е. Кузьмин</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	117
<i>Е.В. Мельников, О.С. Авсентьев</i> ЗАЩИТА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ ОТ БЛОКИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	121
<i>Е.В. Мельников, О.С. Авсентьев</i> МЕТОД ОЦЕНКИ ЛОЖНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	124
<i>В.В. Семенов</i> ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	127
<i>Н.А. Соловьев, Н.А. Тишина, И.А. Щудро</i> ГЛУБОКАЯ ДИСКРИМИНАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ	130
<i>Ю.И. Фёдоров, А.Г. Анников</i> ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ АПРИОРНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	133
АННОТАЦИИ	137

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, A.V. Repina, P.P. Suhanov, A.A. Ivanova, R.H. Shagimullin</i> POLYMER COMPLEXES AS MODIFIERS OF POLYSULFIDE COMPOSITIONS	8
--	---

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

<i>S.S. Akimov, V.A. Tripkosh</i> CORRECTION FACTORS FOR THE HISTOGRAM METHOD FOR DETERMINING THE LAWS OF PROBABILITY DISTRIBUTION	15
<i>V.V. Bukhtoyarov, D.K. Zyryanov, A.E. Sinitskaya</i> FORMATION OF EQUIPMENT SURVIVABILITY INDICATOR IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE OIL AND GAS INDUSTRY	18
<i>D.S. Gorbatenko</i> ENSURING TRAFFIC SAFETY WHEN CROSSROADS	22
<i>I.V. Grubrin, I.U. Lygina</i> ALGORITHM FOR DETECTING POINT TARGETS FROM THEIR IMAGES WHEN PROBING SPACE IN MULTI-CHANNELS INFORMATION SYSTEMS	25
<i>M.E. Kornet, A.V. Raskina, E.A. Chzhan, A.V. Karavanov, A.S. Zajcev</i> NON-PARAMETRIC ADAPTIVE CONTROL ALGORITHMS OF A GROUP OF PRODUCTION COMPLEX OBJECTS	28
<i>A.A. Makashov</i> INTERFERENCE-RESISTANT WSN FOR AIRCRAFT ON-BOARD MONITORING	32
<i>V.V. Sleptsov, A. D. Lagunova, A. E. Ablaeva, Dinh Ba Phuong</i> COMPREHENSIVE QUALITY ASSESSMENT OF SMALL QUADCOPTERS	35
<i>L.F. Tagirova, V.K. Tagirov, N.A. Tishina</i> DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL OF INTELLECTUAL TRAINING SYSTEM OF TECHNICAL DISCIPLINE	40

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

<i>K.L. Gorshkova</i> OPTIMUM OIL TEMPERATURE CONTROL DURING TRANSPORTATION BASED ON FUZZY INFORMATION	44
<i>K.L. Gorshkova, I.P. Sitdikova, N.N. Alaeva</i> EXPERIMENTAL RESULTS OF EFFECTIVE CONTROL OF WELL OPERATION MODES	48
<i>D.K. Zyryanov, A.E. Sinitskaya, V.V. Bukhtoyarov</i> STRUCTURAL SYNTHESIS OF THE AUTOMATED ANALYSIS UNIT OF PROCESS EQUIPMENT PARAMETERS	52
<i>S.A. Kanaev, M.U. Molozina, O.V. Moskalenko, A.E. Ablaeva</i> ELECTRONIC UNIT OF MULTI-SENSOR AIRFLOW SENSOR	56
<i>A.A. Popov, D.V. Rogova, Ya.I. Shamlitskiy, I.G. Perevalov, D.V. Mityukhin, A.V. Kukartsev</i> SOFTWARE AND HARDWARE FOR DETECTING URBAN PASSENGER TRAFFIC	61
<i>D.P. Salova, T.G. Vinogradova, L.V. Seliverstova, P.M. Salov, T.V. Kartuzova, O.V. Vasileva, E.V. Vasileva</i> OSCILLATIONS IN INTERNAL LONGITUDINAL GRINDING	69
<i>V.S. Sobolev, A.A. Zinchenko, I.V. Antipenko, L.N. Kozachenko, P.A. Daragan</i> INTROSPECTIVE ANALYSIS OF MODERN MARINE AUTOMATION SYSTEMS	72

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

<i>Z.S. Abduramanov, O.M. Ametov, Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov</i> THE IMPLEMENTATION OF INSTANT MESSAGING APPLICATION	76
---	----

<i>V.I. Vinogradov, T.B. Volkova</i> SPECIALIZED FILE MANAGER FOR WORKING WITH FORMALIZED ELECTRONIC DOCUMENTS SIGNED BY ENHANCED ELECTRONIC SIGNATURES	80
<i>A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova</i> GLPI AUTOMATED RECORDING SYSTEM OVERVIEW	84

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

<i>P.P. Avrashkov, I.A. Koskin, I.S. Konstantinov</i> A MODEL OF DATA PREPARATION FOR THE RECONSTRUCTION OF THREE-DIMENSIONAL IMAGES USING PERSPECTIVE PROJECTIVE TRANSFORMATIONS	88
<i>A.Yu. Barykin, R.R. Basyrov, R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE WORKING PROCESS OF THE MECHANISM FOR LOCKING THE INTERWHEEL DIFFERENTIAL OF A TRUCK	92
<i>O.I. Bogomolov, A.I. Galimyanova, V.T. Yakupova</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE GAUSSIAN SEQUENCE GENERATION PROGRAMS	95
<i>A.P. Buinosov, A.T. Sharapov, M.S. Chepizhko</i> IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING THE QUALITATIVE INDICATORS OF THE TRACTION GEAR TRANSMISSION OF THE ELECTRIC FREIGHT LOCOMOTIVE	98
<i>A.F. Galimyanov, F.A. Galimyanov</i> NUMERICAL SOLUTION OF THE EQUATION OF NEURAL NETWORKS FOR PROCESSING LARGE PEDAGOGICAL DATA	102
<i>Yu.G. Polkunov</i> MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL DESTRUCTION IN THE LEDGE MODE OF ROCKS OF MEDIUM AND HIGHER STRENGTH	105
<i>A.S. Titovtsev, M.N. Tomilova</i> CHARACTERISTICS OF OPEN MULTI-CHANNEL QUEUING SYSTEMS WITH PARTIAL MUTUAL ASSISTANCE BETWEEN THE CHANNELS AND LIMITED STORAGE CAPACITY	109
<i>A.S. Titovtsev, M.N. Tomilova</i> NUMERICAL RESEARCH OF STABLE MODES OF OPEN MULTICHANNEL QUEUING SYSTEMS WITH PARTIAL MUTUAL ASSISTANCE BETWEEN CHANNELS AND LIMITED STORAGE CAPACITY	113

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

<i>E.M. Baranova, S.Y. Borzenkova, I.E. Kuzmin</i> IMPROVING THE CATEGORIZATION OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE	117
<i>E.V. Melnikov, O.S. Avsentyev</i> PROTECTION OF HIGH-SPEED RADIO SYSTEMS FROM BLOCKING INFORMATION IN CONDITIONS OF EXTERNAL DESTRUCTIVE INFLUENCES	121
<i>E.V. Melnikov, O.S. Avsentyev</i> METHOD OF ESTIMATION OF FALSE SYNCHRONIZATION OF HIGH-SPEED RADIO SYSTEMS IN CONDITIONS OF EXTERNAL DESTRUCTIVE INFLUENCES	124
<i>V.V. Semenov</i> ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY STATE BASED ON ANALYSIS OF TIME SERIES	127
<i>N.A. Soloviov, N.A. Tishina, I.A. Shudro</i> DEEP DISCRIMINATIVE MODEL NETWORK INTRUSION DETECTION	130
<i>Y.I. Fedorov, A.G. Annikov</i> ON A METHOD OF A PRIORI ESTIMATES OF THE PARAMETERS OF AN EXPONENTIAL MATHEMATICAL MODEL OF SOFTWARE RELIABILITY	133

ABSTRACTS	137
------------------	-----

05.13.06

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ¹А.В. Репина, ²П.П. Суханов,
¹А.А. Иванова, ³Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
¹факультет наноматериалов и нанотехнологий, кафедра физики,
²механический факультет,
 кафедра процессов и аппаратов химической технологии,
³Главный редактор журнала «Научно-технический вестник Поволжья»

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК МОДИФИКАТОРЫ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время полимерные комплексы (ПК) на основе акриловых кислот и ε-капролактама вошли в число перспективных модификаторов полисульфидных композиций. В работе методами ЯМР высокого и низкого разрешения изучено строение полимерных комплексов (ПК), механизм их формирования, а также действие полимерных комплексов на процессы отверждения полисульфидных композиций. Найден эффективный состав ПК, вводимых в промышленные полисульфидные композиции, при формировании данных композиций.

Ключевые слова: *полисульфидные композиции, отверждение, полимерные комплексы.*

В последнее время полимерные комплексы (ПК) на основе акриловых кислот (АК, МАК) и ε-капролактама (КЛ) выдвинулись в число наиболее перспективных модификаторов полисульфидных композиций благодаря их способности к всестороннему улучшению физико-механических и адгезионных характеристик соответствующих герметиков [1].

Однако зависимость использования ПК от условий их синтеза, хранения и применения заметно сдерживает широкое внедрение в промышленность нового модификатора. В связи с этим возникла необходимость в изучении строения полимерных комплексов, механизма их формирования и характера воздействия ПК на процессы отверждения полисульфидных композиций, тем более, что введение их компонентов или смесей компонентов, используемых при синтезе, не дает столь ощутимого эффекта, как применение самих полимерных комплексов (таблица 1).

Таблица 1 - Свойства вулканизатов ПСО, модифицированных полимерными комплексами и их компонентами

Свойства	Без добавок	Добавки				
		ПМАК:КЛ (1:1)*	ПАК-КЛ (1:1)*	МАК	АК	КЛ
Условное напряжение при 100% удлинении, <i>M</i> , МПа	1,31	1,9	1,65	1,22	1,20	1,30
Условное напряжение при разрыве, МПа	2,05	3,15	2,94	2,0	2,15	2,08
Относительное удлинение, <i>L</i> , %	240	310	300	290	290	280
Остаточное удлинение, <i>l</i> , %	8	4	4	8	8	8
Сопротивление разрыву при отслаивании от дюралюминия Д-16 АТ, <i>A</i> , кН/м	1,8	4,78	4,5	3,0	3,1	2,1
Твердость, <i>H</i> , усл. ед.	48	62	60	58	58	56
Жизнеспособность, $\tau_{ж}$ час.	3,5	1,5	1,5	3,5	3,5	2,5

* - мольное соотношение исходных компонентов (кислота-лактама); комплексы получены в водном растворе, дозировка – 1 масс. ч. на 100 масс. ч. ПСО

Строение полимерных комплексов изучалось методами ЯМР высокого и низкого разрешения. Поскольку полученные результаты справедливы для всех молекулярных систем, включающих в себя любую из кислот акрилового ряда, то ниже преимущественно будет рассматриваться структура композиций на основе АК и ε-капролактама.

Как следует из рисунка 1, при контакте АК и КЛ сигналы C(O)-ОН и C(O)N сдвигаются навстречу друг другу при одновременном появлении относительно слабого сигнала из протонов H₂O, что свидетельствует о протекании обратимой реакции конденсации функциональных групп кислоты и капролактама.

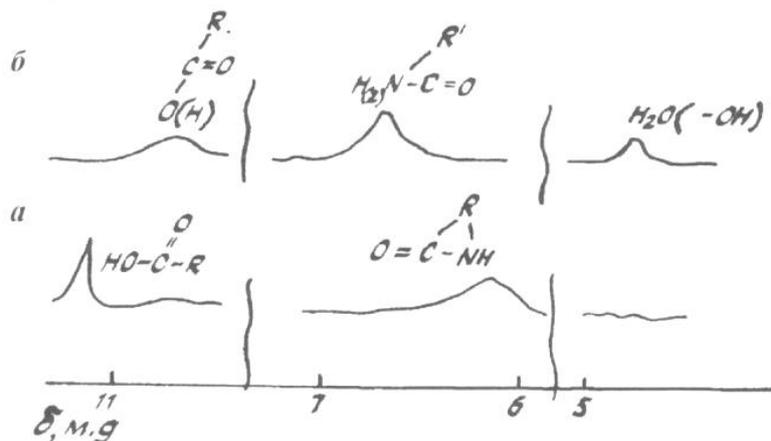


Рис. 1 – Спектры ПМР функциональных групп АК, КЛ (а) и смеси АК+КЛ (б) (CCl₄), t=30°C

Предложенная интерпретация спектров ПМР подтверждается спектрами ¹³C (рис.2): здесь наблюдается смещение сигналов от углеродных атомов функциональных групп в направлениях, противоположных сдвигам аналогичных сигналов ПМР. Это обусловлено соответствующим перераспределением электронных плотностей в пределах реакционноспособных центров [2], то есть усилением средней по времени S-компоненты электронной плотности на карбонильном углероде R-C(O)NH, что в свою очередь связано с взаимной активностью протонов тех же функциональных центров. Одновременно в слабом поле регистрируется сигнал от метиленовых групп (δ ~ 133,8 м.д.) при двойной связи с пониженной плотностью S-компоненты, то есть в присутствии КЛ заметно возрастает степень ионизации АК. Следовательно, смещение акриловых кислот и ε-капролактама даже при температурах ~ 50°C сопровождается реакцией амидолиза со значительным сдвигом равновесия в сторону исходных продуктов.

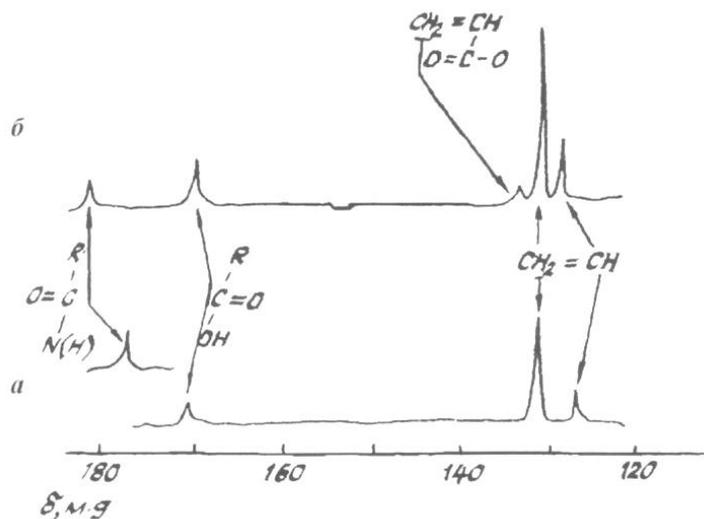


Рис. 2 – Спектры ¹³C функциональных групп АК, КЛ (а) и смеси АК+КЛ (б) (CCl₄), t=30°C

Из спектров ПМР полимерных комплексов (рис.3) следует, что наиболее подвижная и максимально растворимая часть ПК («золь-фракция») состоит из молекул ϵ -капролактама с небольшой добавкой мономерных кислот, относительная концентрация которых меняется в зависимости от соотношения компонентов и условий синтеза.

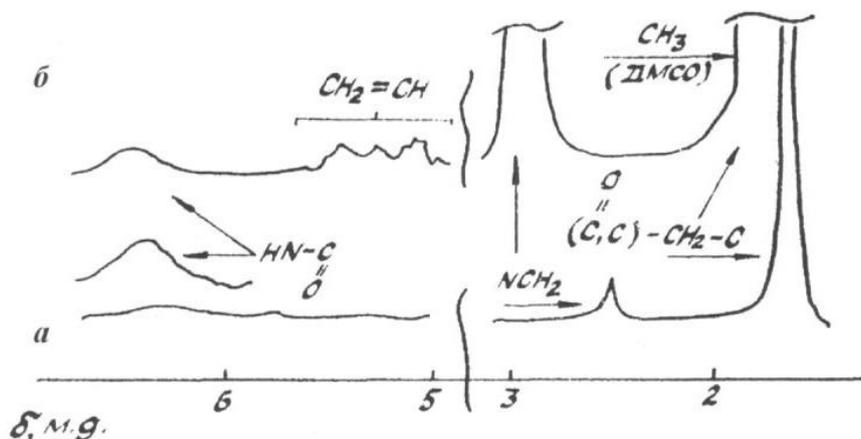


Рис. 3 – Спектры ПМР КЛ (а) и золь-фракции полимерного комплекса ПАК-КЛ (1:1,75), полученного в массе (б); (ДМСО), $t=30^{\circ}\text{C}$

Это подтверждается спектрами ^{13}C (рис.4). Однако последние имеют ряд особенностей:

– наблюдаются дополнительные пики рядом с сигналом $\text{CH}_2\text{-C(O)}$ лактамного кольца (2), причем в случае полимерного комплекса, полученного в растворе, пик (2) существует без сигналов от остатков мономерной кислоты;

– химические сдвиги углеродов второй и четвертой метиленовых групп капролактамового кольца почти сливаются в синглет, в то время как в исходном КЛ эти сигналы разделены интервалом $\delta \sim 1,5$ м.д.

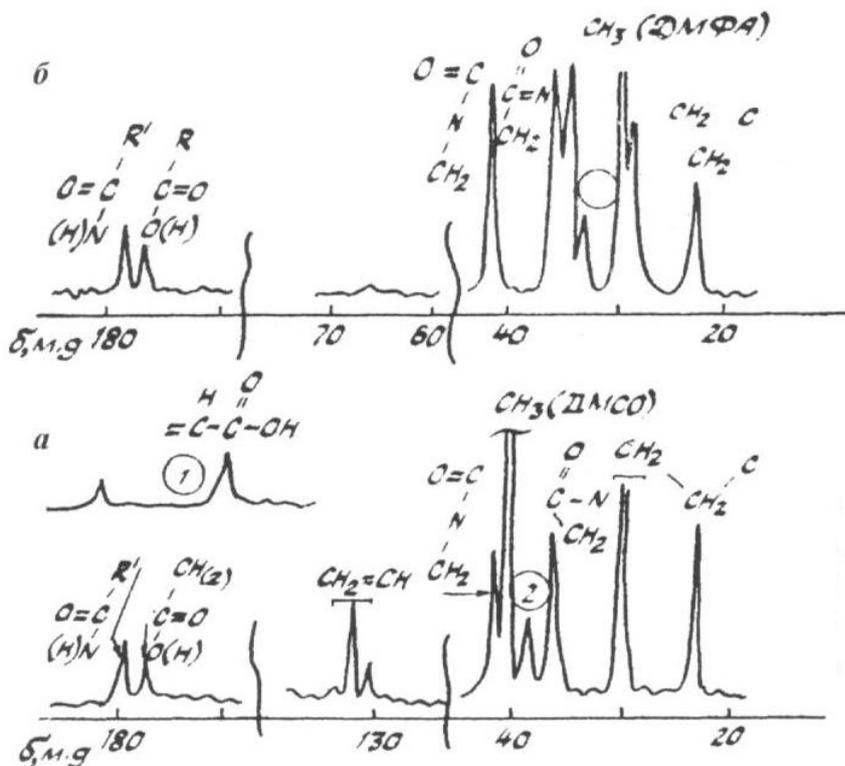


Рис. 4 – Спектры ^{13}C золь-фракций ПК исходного состава: а – АК-КЛ = 1:1,75 (в массе); б – АК-КЛ = 1:2 (в растворе)

Отсюда можно предположить, что в состав золь-фракции ПК входят не только молекулы исходных кислот и ϵ -капролактама, но также N-ацилкапролактамовые фрагменты и продукты их гидролиза, но уже по связи N-C(O) капролактама.

Результаты изучения состава золь-фракций полимерных комплексов по интегральным интенсивностям соответствующих сигналов ПМР представлены на рисунке 5, отсюда следует, что:

– с ростом содержания КЛ в смеси мономеров увеличивается доля мономерных кислот в золь-фракциях ПК. Соотношение КЛ/кислота при прочих равных условиях ниже у комплексов полиметакриловой кислоты – что соответствует большей концентрации КЛ в гель-фракциях комплексов ПМАК-КЛ;

– для комплексов, полученных в водном растворе, характерна более плавная зависимость состава золь-фракций от состава смеси реагентов по сравнению с той же функцией для композиций, полученных в массе.

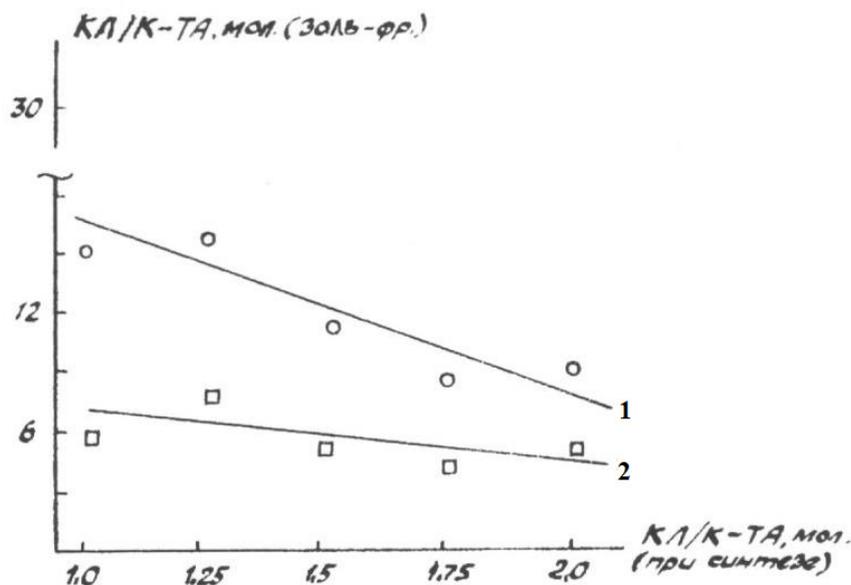


Рис. 5 – Состав золь-фракций ПК по данным ПМР:
1 – ПАК-КЛ (в массе); 2 – ПМАК-КЛ (в растворе).

Таким образом, меняя исходную концентрацию реагентов, условия и способ синтеза, можно в широких пределах варьировать соотношение компонентов в обеих фракциях полимерного комплекса. Об этом также свидетельствуют спектры ЯМР широких линий ряда полимерных комплексов (рис.6), параметры которых приведены в таблице 2.

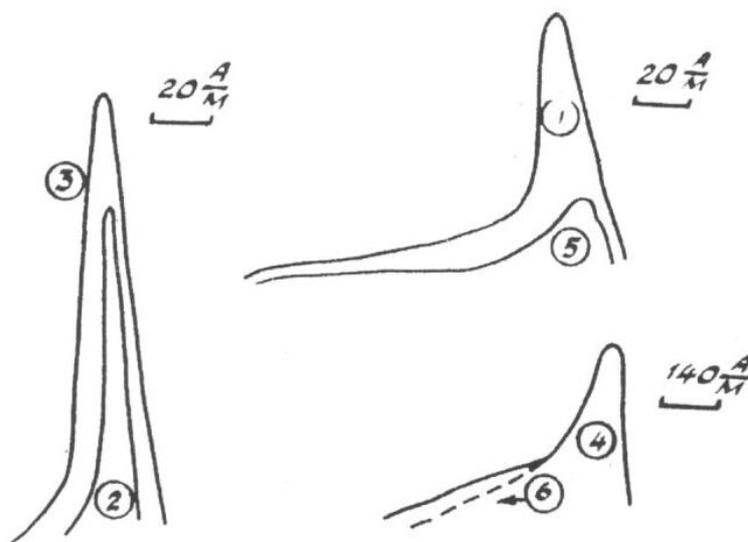


Рис. 6 – Спектры ЯМР широких линий полимерных комплексов:
1 – ПАК-КЛ (2:1, в растворе), 2 – ПАК-КЛ (2:1, в массе);
3 – ПМАК-КЛ (2:1, в растворе), 4 – ПМАК-КЛ (1:1, в растворе);
5 – ПМАК-КЛ (2:1, в массе), 6 – ПМАК-КЛ (1:1, в массе), t=20°C

Как видно из рисунка 6, форма линии ЯМР существенно зависит от состава и способа получения комплекса. Судя по спектрам высокого разрешения, широкая компонента линии ЯМР соответствует малоподвижной «гель-фракции» ПК. Тогда, зная ее населенность и пренебрегая молекулами кислот и кислотными фрагментами в золь-фракциях ПК, можно оценить долю КЛ, попавшего в ту или иную фракцию полимера, а отсюда – мольное соотношение лактам (кислота в составе гель-фракций). Подобная оценка достаточно корректна только для полимерных комплексов, полученных в массе, когда суммарный состав композиции не меняется в ходе синтеза. Однако спектры ПК, полученные в водном растворе, также способны передать общую тенденцию. Она состоит в том, что с увеличением концентрации КЛ в системе и с уменьшением вязкости среды растет вероятность фиксации ϵ -капролактама в составе гель-фракций ПК.

Таблица 2 – Состав гель-фракций полимерных комплексов по данным ЯМР широких линий

Комплекс	Способ получения	Исходный состав, мол. (кислота:лактam)	δH , Гс	ΔH_{2}^{2} , Гс ²	Доля широкой компоненты	Доля КЛ в гель-фракции от общего содержания КЛ в системе	КЛ/кислота (мол.) в гель-фракции
ПАК-КЛ	в растворе H ₂ O	2:1	1,32	5,28	0,52-0,57	0,17-0,26	1: (7,7-12)
	в массе	2:1	0,15	0,011	-	-	-
ПМА К-КЛ	в растворе H ₂ O	2:1	0,29	0,042	-	-	-
	в растворе H ₂ O	1:1	0,81	8,0	0,43-0,47	0,12-0,18	1: (5,6-8)
	в массе	2:1	0,90	9,0	0,56-0,62	0,10-0,21	1: (9,5-20)
	в массе	1:1	0,81	6,1	0,43-0,47	0,1-0,18	1: (5,6-8)

*-здесь в связи с неоднородностью операции разделения линии ЯМР сложной формы на ее составляющие полученные значения населенности широкой компоненты представлены в виде интервала [а,в], который находился из следующих условий: а – $\delta H_{шир.} = \delta H_{узк.}$, в - $\delta H_{шир.}$ соответствует точке первого перегиба контура линии ЯМР при переходе от узкой к широкой компоненте.

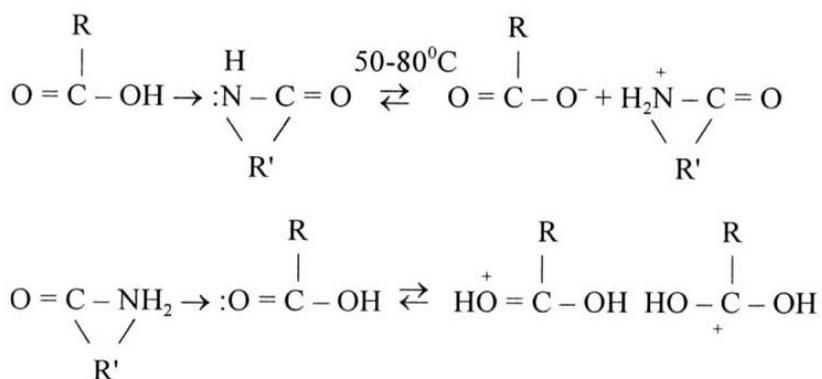
Таким образом, результаты исследований структуры полимерных комплексов в различных условиях свидетельствуют в пользу химического механизма фиксации части молекул капролактама в составе полимерных комплексов.

По-видимому, процесс формирования полимерной системы на основе акриловых кислот и ϵ -капролактама складывается из двух параллельных зависимых реакций, механизмы которых, однако, качественно различны:

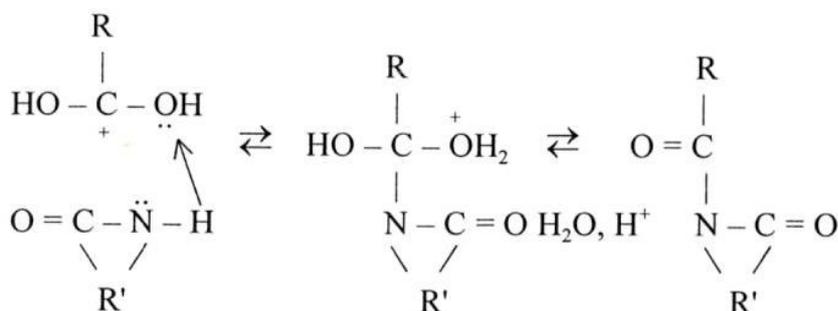
– радикальная полимеризация кислот в условиях комплексообразования и стерических ограничений, создаваемых молекулами капролактама [3]

– химическая фиксация боковых фрагментов поликислотных цепей, составленных из остатков молекул капролактама и кислоты. Эта реакция представляет собой «аномальное» направление обратимой реакции амидолиза [4], которое реализуется преимущественно в ходе и после полимеризации акриловых кислот с соответствующим раскрытием двойных связей $CH_2 = C(H, CH_3)$.

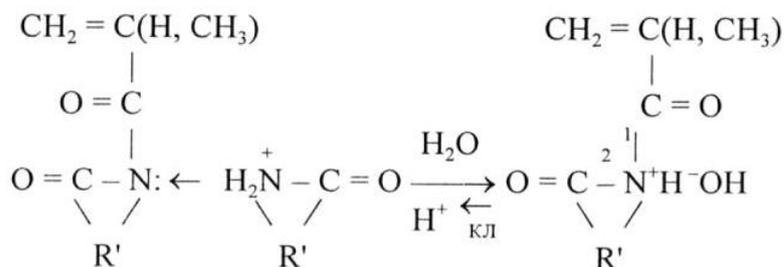
Процесс химической фиксации молекул капролактама начинается с активации кислотной группы протоном, переносимым атомом азота капролактама (рис 1, 2):



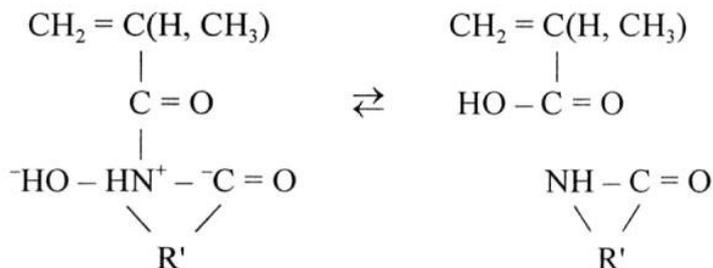
с последующим перестроением карбкатиона и вторичной аминогруппы способом, аналогичным механизму переэтерификации карбоновых кислот и диолов [4]:



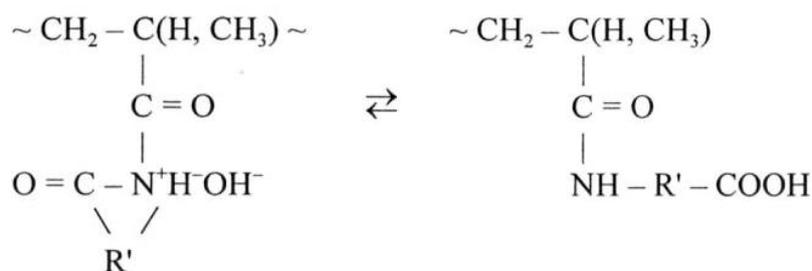
Однако развитие процесса в обратном направлении неоднозначно и зависит от пути распада аммониевого основания, которое может сформироваться в присутствии карбоновой кислоты и КЛ:



Связь N-C(O) ε-капролактама (2) должна быть прочнее аналогичной связи между мономерной кислотой и лактамом (1), поскольку последняя контактирует с системой делокализованных π-связей CH₂ = C и C = O, для стабилизации которых может привлекаться некоторая часть электронной плотности соседней с ними N – C(O)-связи. Поэтому направление (1) предпочтительнее направления (2) даже в случае протонирования третичного азота:



Но после экзотермического раскрытия двойных связей CH₂ = C вероятность реализации направления (2) становится сравнимой со скоростью распада по направлению (1) (рис.4):



Данная реакция представляет собой аналог процесса гидролиза поли-N-винилпирролидона в кислой среде [5], но протекающего в более мягких условиях и соответственно с меньшим количественным выходом. Это создает предпосылки для дальнейшего роста боковых цепей за счет последующих чередований реакций амидолиза и гидролиза по вновь образовавшимся группам NH и COOH.

В то же время в результате формирования N-аминокапролактамовых фрагментов создаются предпосылки для возникновения комплексов с переносом заряда (КПЗ), которые в зависимости от условий (температуры, вязкости и полярности среды), могут распадаться как по ионному, так и радикальному механизму [4].

Полимерные комплексы полиакриловой (полиметакриловой) кислоты и ε-капролактама были получены по известным методикам при различных исходных соотношениях компонентов. Для получения полимерных комплексов применяли вещества, удовлетворяющие требованиям отечественных стандартов:

Акриловая кислота	ТУ 6-01-635-76
Метакриловая кислота	МРТУ 6-09-1768-76
ε-капролактама	ГОСТ 7850-74

Синтез комплексов проводили как в массе, так и в водном растворе при $60 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 4-6 часов.

Список литературы

1. Минкин В.С. Промышленные полисульфидные олигомер: синтез, вулканизация, модификация / Дебердеев Р.Я., Палютин Ф.М., Хакимуллин Ю.Н. К.: изд-во «Новое знание», 2004. – 175 с.
2. Леви Г., Нельсон Г. Руководство по ЯМР углерода - 13. М: изд-во «Мир», 1965. – 295 с.
3. Минкин В.С., Суханов П.П. Исследование процессов структурирования олигомерных композиций методами радиоспектроскопии. К.: изд-во КГТУ, 2011. – 221 с.
4. Минкин В.С. Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение / Хакимуллин Ю.Н., Палютин Ф.М., Дебердеев Т.Р. М.: изд-во «Наука», 2007. – 301 с.
5. Оудиан Д. Основы химии полимеров. М.: изд-во «Мир», 1974. – 614 с.

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

05.13.01

С.С. Акимов, В.А. Трипкош канд. техн. наук

Оренбургский государственный университет,
sergey_akimov_work@mail.ru

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕКТИРОВКИ МЕТОДА ГИСТОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ

Рассматривается проблема совершенствования метода гистограмм для восстановления плотности распределения вероятности по выборке. Дана характеристика гистограммного метода, разработаны коэффициенты оценки, проведены соответствующие расчеты и получены их критические значения.

Ключевые слова: *гистограммный метод, коэффициенты, критические значения, закон распределения вероятности.*

В задаче определения распределения вероятности по выборке возникает необходимость принятия гипотезы о его виде [1]. Для идентификации функции плотности в рамках непараметрической статистики разработан ряд методов и алгоритмов [2]. Практика решения технических задач свидетельствует, что в подавляющем большинстве случаев для восстановления функции плотности используется метод гистограмм [3].

Однако гистограммный метод оценки является экспертным методом, что существенно ограничивает возможности его применения. В частности, необходимость экспертного оценивания исключает возможность применения ЭВМ для получения окончательных результатов [4]. Для снижения субъективности исследования, а также для получения возможности компьютерного анализа гистограммы, необходимо алгоритмизировать процесс оценки гистограммы. Для этого необходимо разработать коэффициенты, расчет которых мог бы производиться автоматически [5].

Также, необходимо определить критические значения коэффициентов для отнесения исследуемого массива к конкретному закону распределения.

Цель исследования: разработать систему коэффициентов для усовершенствования гистограммного метода определения законов распределения вероятностей по выборке.

Задачи исследования:

- разработать коэффициенты, с учетом основных характеристик гистограммы, с целью более точного восстановления закона распределения вероятности;
- рассчитать критические значения для полученных коэффициентов;
- произвести расчеты полученных коэффициентов на заранее известных законах распределения, с целью проверки адекватности модели.

Материалы и методы

Исследования проведены в лаборатории кафедры управления и информатики в технических системах Оренбургского государственного университета. Для получения необходимых массивов данных использовался генератор случайных чисел программы Mathcad 15.

Количество, состав, размерность и другие числовые характеристики рассматриваемых массивов, данных были определены при помощи метода Монте-Карло, подробно описанном в [6]. На описанных массивах данных производилась оценка гистограммным методом и расчет указанных коэффициентов [7].

Результаты и обсуждение

Для наиболее точного восстановления закона вероятности разработано два коэффициента.

1. Коэффициент соотношения долей гистограммы. Рассчитывается как отношение сумм значений интервалов первой половины гистограммы и второй.

Замечание 1. Если количество интервалов в гистограмме нечетное, то интервал, находящийся в середине, необходимо разделить на два и прибавить полученный результат к правой и левой частям.

Замечание 2. Для наглядности и удобства, в случае когда количество данных правой половины гистограммы больше левой, полученный коэффициент записывается в знаменатель дроби, числителем которой выступает -1.

Замечание 3. Для того, чтобы результат коэффициента был удобен для восприятия, но не искажал бы данных, результат необходимо разделить на $n/10$.

2. Коэффициент убывания данных гистограммы. Рассчитывается как стандартное отклонение от количества значений, попавших в различные интервалы гистограммы.

Замечание 1. Для того, чтобы результат коэффициента был удобен для восприятия, но не искажал бы данных, также как и в предыдущем случае, результат необходимо разделить на $n/10$.

В результате построения гистограмм и применения метода Монте-Карло для различных распределений выявлены следующие критические значения для предложенных выше коэффициентов (таблица 1 и 2).

Таблица 1 – Критические значения для коэффициента соотношения долей гистограммы

Распределение	Эмпирический интервал значений
Равномерное непрерывное	[-0,18;0,18]
Нормальное	[-0,2;0,2]
Рэля	[0,25;1]
Логистическое	[-0,9;0,2]
Гамма	[0,2;4]
Экспоненциальное	[3;9,99]
Логнормальное	[-0,2;9,99]
Вейбулла	[-0,4;9,99]
Бета	[-0,4;9,99]
Коши	[-9,99;9,99]

Таблица 2 – Критические значения для коэффициента убывания данных гистограммы

Распределение	Эмпирический интервал значений
Равномерное непрерывное	[0,15;0,45]
Нормальное	[0,5;1]
Рэля	[1,1;1,3]
Логистическое	[0,8;1,5]
Коши	[1,8;3,6]
Экспоненциальное	[3;3,6]
Гамма	[0,7;3,2]
Логнормальное	[0,5;3,6]
Вейбулла	[0,5;3,6]
Бета	[0,5;3,6]

Как видно из таблиц, часть интервалов перекрывается. При использовании коэффициента соотношения долей гистограммы однозначно можно отделить: равномерное непрерывное распределение от распределения Рэля; равномерное непрерывное распределение от гамма-распределения; равномерное непрерывное распределение от экспоненциального

распределения; нормальное распределение от распределения Рэлея; нормальное распределение от экспоненциального распределения; логистическое распределение от распределения Рэлея; логистическое распределение от экспоненциального распределения.

Остальные распределения определяются данным коэффициентом неоднозначно.

При использовании коэффициента убывания данных гистограммы однозначно можно отделить: равномерное непрерывное распределение от всех остальных распределений; нормальное распределение от распределения Рэлея; нормальное распределение от распределения Коши; нормальное распределение от экспоненциального распределения; логистическое распределение от распределения Коши; логистическое распределение от экспоненциального распределения.

Все остальные случаи распределений являются неотличимыми данным методом.

Заключение

В работе описаны коэффициенты, связанные с основными характеристиками гистограммы определения закона распределения, использование которых увеличивает достоверность гистограммного метода и дает возможность алгоритмизировать сам метод.

Расчитаны критические значения предлагаемых коэффициентов для наиболее часто встречающихся непрерывных распределений вероятности, с целью однозначного отделения похожих гистограмм законов распределения.

Выявленные значения прошли проверку на ряде распределений, сгенерированных с помощью программы Mathcad 15. Для повышения достоверности использовались, также, данные, приведенные в статьях других исследователей.

Список литературы

1. Шепель В.Н. Эвристическая процедура определения подходящего распределения вероятности / В. Н. Шепель, С. С. Акимов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии / Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: Изд. ИП Осиночкин Я.В., 2011. – С. 137-139.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики (в 2-х т.) Теория вероятностей и прикладная статистика – М.: Юнити-Дана, 2007, -656 с.
3. Акимов С.С. Расчет вероятности дискретности для массива данных / С. С. Акимов // Научное обозрение. – 2013. – № 6. – С. 78-83.
4. Катковник В.Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных // М.: Главная редакция физико-математической литературы. 1985 г. 336 с.
5. Трипкош, В.А. Оценка временной сложности алгоритмов распознавания, основанных на решении составной байесовской задачи / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 1. – С. 24-28.
6. Дейнеко Ж.В. и др. Об одном методе моделирования самоподобного стохастического процесса / Ж. В. Дейнеко, А. А. Замула, Л. О. Кириченко, Т. А. Радивилова // Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2010. – № 890, вип. 13. – С. 53–63.
7. Шепель В.Н. Проблемы извлечения знаний / В. Н. Шепель, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 04–06 февраля 2015 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 1562-1565.

05.13.01

¹В.В. Бухтояров, ²Д.К. Зырянов, ²А.Е. Синицкая¹Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнёва,

кафедра безопасности информационных технологий,

²Сибирский Федеральный университет,

кафедра технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса,

Красноярск, vladber@list.ru, zyryanov.d.k@okbmikron.ru, sasha.sinitskaya.99@mail.ru

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИВУЧЕСТИ ОБОРУДОВАНИЯ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

В работе представлены результаты исследования методов мониторинга технологического оборудования, а именно, разработанный способ определения показателя живучести, позволяющего оценивать и прогнозировать состояние агрегата между техническими обслуживаниями.

Ключевые слова: *мониторинг состояния, диагностика, показатель живучести, оценка надежности.*

Введение

На текущем этапе развития нефтегазового производства основные инновации в нефтепереработке связаны с развитием цифровых технологий, обеспечивающих более высокую эффективность и безопасность производственных процессов. В то же время общий технологический уровень российских нефтеперерабатывающих заводов в среднем ниже мирового. И именно использование современных интеллектуальных систем мониторинга состояния технологических объектов является одной из ключевых задач в осуществлении концепции «цифрового завода», на которую ориентируется подавляющее большинство мировых нефтеперерабатывающих предприятий.

В рамках данной статьи будет рассмотрено совершенствование системы интеллектуального мониторинга и контроля технического состояния распределенных технологических объектов нефтеперерабатывающих заводов на основе комплексного анализа вибропоказателей и прочих эксплуатационных и функциональных характеристик оборудования.

Показатель живучести технологического оборудования

Показателем живучести является безразмерная величина, отражающая способность оборудования работать до технического обслуживания с сохранением трендов основных технических характеристик без возникновения определенной неисправности [1].

Показатель «живучести» определяется индивидуально для каждого типа отказа, так как напрямую зависит от количества диагностических параметров, по которым фиксируется наличие неисправности, а точнее от отклонений реальных значений от целевых трендов.

Предлагается следующее выражение для определения показателя «живучести» оборудования в момент времени t

$$P_{Ж_j} \left(\sum_{i=1}^n w_i, t \right) = k \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{n} \right) + m \cdot e^{-\lambda \cdot (T-t)}, \quad (1)$$

где w – отклонение реального значения параметра от целевого; i – диагностический параметр; j – тип отказа, n – количество параметров работы технологического оборудования, для которых анализируется отклонение от целевых трендов; k , m , λ – настроечные коэффициенты, определяемые для конкретных видов оборудования и условий эксплуатации.

Определение показателя живучести на примере насосного технологического оборудования

Выбираем несколько ключевых параметров, с помощью которых в дальнейшем будем прогнозировать вероятность возникновения неисправности до ближайшего технического обслуживания:

- вибрационные характеристики (в нашем случае, виброскорость);
- напор, создаваемый насосом;
- температура подшипника.

Для построения графиков изменения показателей во времени воспользуемся выборками данных, полученных из базы данных искусственно смоделированных временных рядов [2].

Производственный напор насоса изменяется в интервале [50-5%; 50+7%]; максимальная температура подшипников не должна превышать температуру помещения более чем на 50°C, а также установленного предельного значения в 363 К (90°C); предельное значение виброскорости отдельных узлов оборудования не превышает 11,2 мм/с и не может превышать значение показателя, равное 7,1 мм/с больше, чем в течение 30 дней.

Выборки состоят из 60 показателей определенного параметра, фиксированных каждые 12 часов. Выбор временного диапазона обусловлен регламентированным производителем рекомендуемым периодом проведения технического обслуживания [3], и составляет порядка 700-730 часов.

В результате построения диаграмм изменения параметров во времени, а также предельных и целевых линий тренда, были получены следующие графики (рис. 1, 2, 3).

После вычисления суммарных максимальных отклонений определяем величину отклонения в каждый момент времени, суммируем эти отклонения, а затем производим нормирование каждого из показателей по следующей формуле:

$$w_i = \frac{\Delta q_i}{(\sum \Delta Q)_i}, \quad (2)$$

где w_i – нормированное отклонение; Δq_i – величина отклонения в момент времени t ;
 $(\sum \Delta Q)_i$ – значение суммарного максимального отклонения от тренда в момент времени t .

Вычисляем первое и второе слагаемые уравнения 1, учитывая значения настроечных коэффициентов k , m и λ . После этого, определяем показатель «живучести» оборудования для изначально предложенного типа отказа.

Изменение показателя «живучести» во времени показано на рисунке 4.

В периоде от 0 до 84 часов показатель «живучести» сокращался, что может свидетельствовать об этапе приработки оборудования. Любые отклонения диагностических параметров в течение этого времени показывают, что оборудование выходит на режим нормальной эксплуатации, а его параметры лишь приближаются к линиям трендов

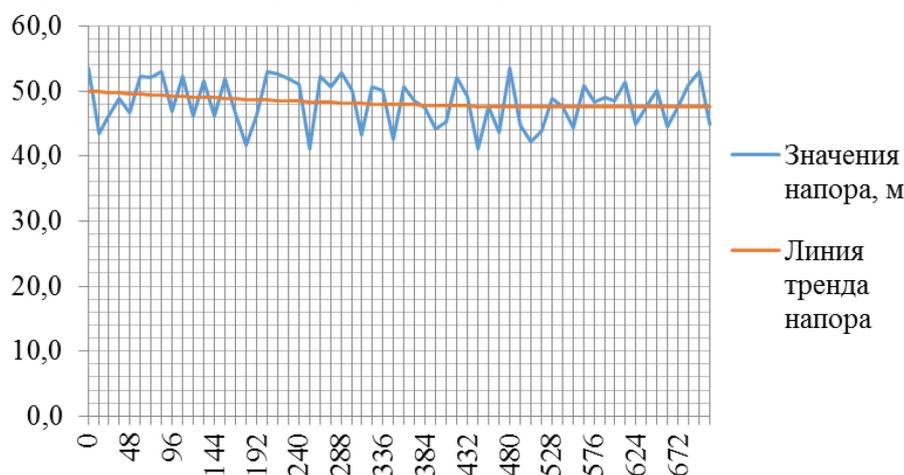


Рис. 1 – Диаграмма изменения напора насоса К 80-50-200-Е

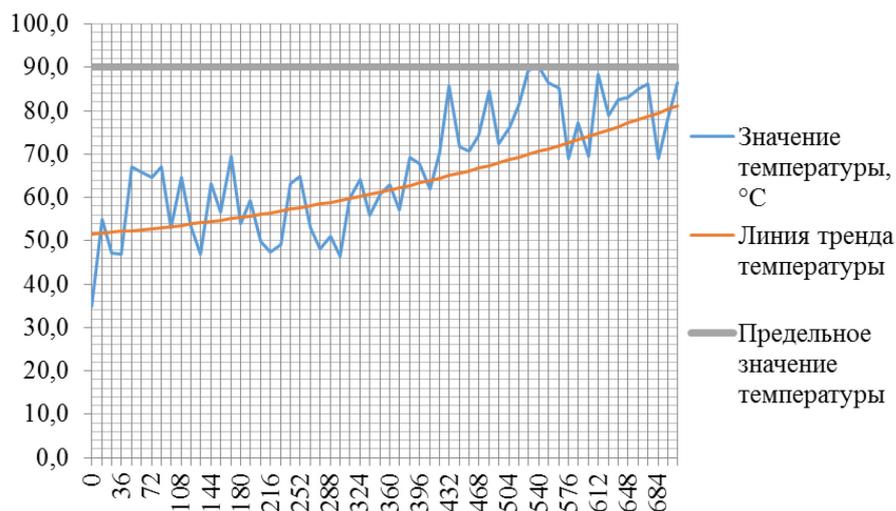


Рис. 2 – Диаграмма изменения температуры подшипника насоса К 80-50-200-Е

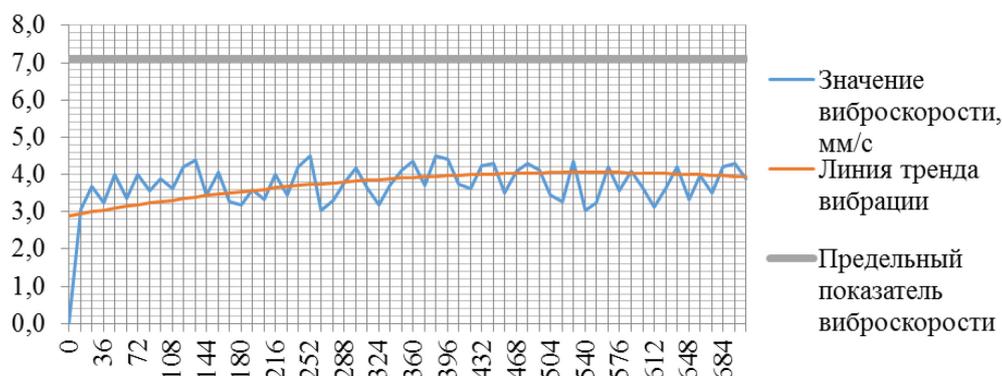


Рис. 3 – Диаграмма изменения виброскорости исследуемого узла насоса К 80-50-200-Е

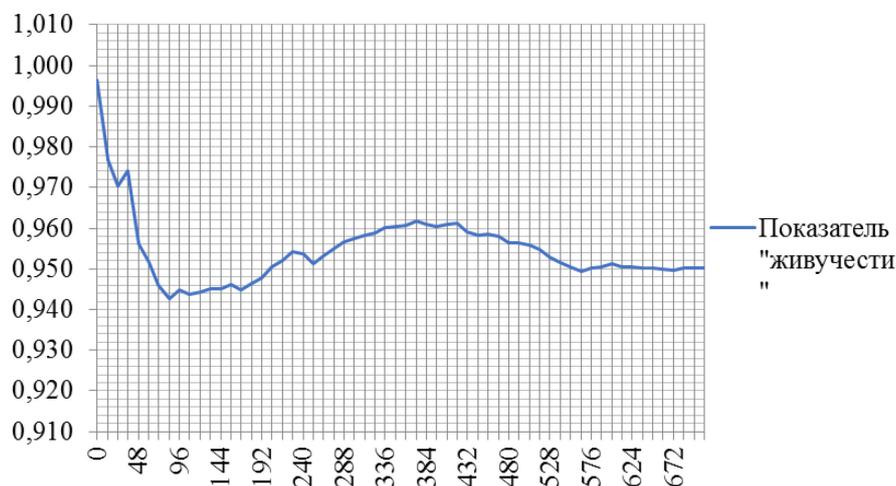


Рис. 4 – Диаграмма изменения показателя «живучести» центробежного насоса для одного из типов отказов

Затем показатель вновь начинает возрастать и принимать значения, незначительно отклоняющиеся от среднего значения, приблизительно равного 0,950. Данный уровень $P_{\text{Ж}}$ сохраняется на протяжении оставшегося до технического обслуживания времени эксплуатации насоса.

На основании однократно проведенного исследования невозможно точно судить о граничных значениях показателя «живучести», при которых потребуется либо обеспечить минимальное техническое обслуживание до планового ТО, либо вывести оборудование из эксплуатации для проведения срочного ремонта, восстановления поврежденного узла и приведения диагностических параметров к трендовым значениям. Поэтому, предлагается провести не менее трех дополнительных исследований, используя те же диагностические параметры, но изменяя выборки данных. При этом целевые тренды показателей напора, температуры подшипников и виброскорости узла остаются прежними, так как будем предполагать, что каждое из исследований проводилось на одном и том же виде оборудования.

Заключение

В рамках исследования была рассмотрена задача эффективного мониторинга технологического состояния оборудования. Предложен способ определения показателя «живучести» технологического оборудования. Использование комплексного анализа параметров, характеризующих состояние оборудования, позволит персоналу своевременно получать сигналы о возникновении неисправностей и устранять их, избегая повреждений технологического оборудования, нарушения технологического процесса и обеспечивая безопасность самого персонала. Данные меры, в случае внезапной поломки или аварии, дают возможность предотвратить несение экономических убытков предприятию.

Список литературы

1. *Карабутина К.А.* Совершенствование мероприятий по повышению надежности и безопасности работы нефтеперерабатывающих заводов / К. А. Карабутина // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : Материалы V Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей (с международным участием), Волгоград, 23–28 апреля 2018 года / Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 120-122.
2. Synthetic Control Chart Time Series Data Set [Электронный ресурс] : база данных смоделированных временных рядов / R.J. Alcock, D.T. Pham, A.B. Chan // UCI Machine Learning Repository. – Режим доступа: <http://archive.ics.uci.edu/ml/daraset/Synthetic+Control+Chart+Time+Series> (дата обращения 03.05.2021 г.)
3. Насос центробежный консольный К 80-50-200-Е и агрегаты электронасосные на его основе : руководство по эксплуатации. – Ливны : АО «ГМС ЛИВГИДРОМАШ». – 42 с.
4. *Бухтояров В.В.* Системный мониторинг установок электроцентробежных насосов в режиме эксплуатации / В. В. Бухтояров, В. С. Тынченко, Н. А. Бухтоярова // Решетневские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 183-184.

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 ПРОЕЗДЕ ПЕРЕКРЕСТКОВ

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности на перекрестках. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий при проезде перекрестков. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности на перекрестках.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, перекресток, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

Перекресток – это место пересечения, примыкания или разветвления автомобильных дорог на одном уровне. Также к перекресткам относятся выезды на автодорогу с прилегающих территорий. Различают перекрестки регулируемые, очередность движения на которых определяется сигналами регулировщика или светофорного регулирования, и нерегулируемые, на котором регулировщик отсутствует, и светофорное регулирование отсутствует или работает в режиме желтого мигающего сигнала. В свою очередь нерегулируемые перекрестки могут быть неравнозначными, на которых всегда выделена соответствующими дорожными знаками главная дорога, и равнозначными, на которых водители руководствуются известным правилом «помеха справа» [1].

Перекрестки являются местами, где, как правило, наиболее часто возникают ДТП, почти 20 % от общего числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с пострадавшими происходит именно при проезде перекрестков, в ДТП на них гибнет почти 10 % от числа всех погибших в ДТП, получают ранения почти 20 % от числа всех раненных в ДТП. Поэтому обеспечение безопасности дорожного движения на перекрестках является очень важной задачей [2].

Рассмотрим структуру аварийности, возникшей при проезде перекрестков, на территории Московской области за 2015-2020 гг. [2].

Самым распространенным видом ДТП ожидаемо явилось столкновение (в среднем в 97 % случаев), остальное, как правило, наезды на велосипедистов. В среднем почти 60 % ДТП на перекрестках происходили в населенных пунктах, в среднем 55 % ДТП происходило на автодорогах регионального значения, в среднем 20 % - на автодорогах федерального значения.

Почти 70 % ДТП произошли на нерегулируемых перекрестках и выездах с прилегающих территорий. Из них только в 30 % в среднем фиксировались недостатки транспортно-эксплуатационного состояния дороги, из них самыми распространенными явилось отсутствие, плохая различимость дорожной разметки (в среднем в 50 % случаев), и отсутствие, неправильное применение дорожных знаков (в среднем в 30 % ДТП).

Из ДТП, произошедших на регулируемых перекрестках, в месте ДТП фиксировались недостатки транспортно-эксплуатационного состояния дороги в среднем только в 40 % случаев, из них самыми распространенными явилось отсутствие, плохая различимость дорожной разметки (в среднем в 40 % случаев), отсутствие, неправильное применение дорожных знаков (в среднем в 35 % ДТП), и отсутствие пешеходных ограждений в необходимых местах (в среднем в 20 % ДТП).

Совершению ДТП на перекрестках способствовало наличие вблизи наземных пешеходных переходов (в среднем в 25 % ДТП), а также объектов массового притяжения людей и транспорта, а именно объектов торговли (в среднем в 15 % случаев), и автозаправочных станций (АЗС) (в среднем в 7 % ДТП). В среднем в 95 % случаев совершению ДТП не способствовали какие-либо факторы, влияющие на режимы движения. В среднем в 75 % случаев ДТП происходили при ясной погоде и сухом состоянии проезжей части, в среднем 70 % ДТП происходили в светлое время суток, и в среднем 25 % ДТП - в темное время суток при включенном освещении.

В наездах на велосипедистов в среднем в 55 % случаев устанавливалось нарушение правил дорожного движения (ПДД) со стороны водителей автомобилей, а в остальных случаях, соответственно, нарушение ПДД велосипедистами. Самым распространенным нарушением ПДД со стороны велосипедистов являлось нарушение требований сигналов светофора и несоблюдение очередности проезда (в среднем в 60 % случаев).

Среди нарушений ПДД водителями, приведшими к ДТП, также преобладает несоблюдение очередности проезда (в среднем в 80 % случаев). Причем среди водителей, нарушивших ПДД, приведших к ДТП, в среднем 15 % это люди в возрасте 60 лет и старше, в среднем 5 % не имели права на управление транспортным средством (ТС), а в среднем 15 % водителей имели водительский стаж до 3 лет. В среднем 85 % водителей являлись гражданами Российской Федерации [2].

Проведенный анализ статистических данных об аварийности позволил определить основные причины возникновения ДТП при проезде перекрестков:

- пренебрежение необходимостью соблюдения требований ПДД;
- недостатки состояния и обустройства зон перекрестков.

Проблема несоблюдения требований ПДД характерна для движения по улично-дорожной сети (УДС) вообще, не только для зон перекрестков. Обеспечение соблюдения требований ПДД при движении по УДС состоит из совместного использования двух составляющих:

- осуществление контроля и надзора за движением;
- назначение ответственности за нарушение требований ПДД.

Функции контроля и надзора движением осуществляются, главным образом, силами инспекторов дорожно-патрульной службы (ДПС), являющихся средством предупреждения нарушений ПДД, и функционированием комплексов автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД, являющихся средством фиксации нарушений. При этом функции надзора и контроля за движением, естественно, не могут эффективно осуществляться без соответствующего уровня ответственности за нарушение ПДД, который должен состоять не только из высоких денежных сумм, но и обеспечиваться надежной системой неотвратимости наказания (например, задержание водительского удостоверения до исполнения, ограничение или запрет выполнения каких-либо действий до исполнения, ограничение пользования имуществом до исполнения и т.п.) [3, 4].

При организации движения на перекрестках, с одной стороны, необходимо требовать от участников движения безусловного соблюдения требований ПДД, а с другой стороны, обеспечить отсутствие для водителей при проезде перекрестков различных отвлекающих внешних факторов (т.н. визуального мусора).

Данную деятельность можно условно разделить на искусственное регулирование проезда перекрестков и обустройство перекрестка.

Искусственное регулирование проезда перекрестков должно включать в себя инженерные решения по снижению скорости при подъезде к перекрестку (шумовая ребристая разметка, искусственные неровности и т.п.), наличие соответствующих дорожных знаков, наличие различимой дорожной разметки, канализирование пешеходных потоков (пешеходные ограждения).

Обустройство перекрестков заключается в оборудовании светофорного регулирования движения, создания искусственного освещения, минимизации наличия отвлекающих водителя внешних факторов (объекты придорожной рекламы, массового притяжения людей и транспорта и т.п.).

Для профилактики аварийности на УДС Московской области давно применяется методика математического моделирования. Сущность данной методологии состоит в замене такого социально-экономического явления как дорожно-транспортная аварийность его образом - математической моделью. Работа не с самим явлением, а с его моделью дала возможность относительно быстро и без существенных затрат прогнозировать динамику аварийности в различных ситуациях. Полученные математические модели явились статистически значимыми, на их основе осуществлялось прогнозирование, и принимались необходимые управленческие решения. Проведенная теоретическая, а затем и практическая проверка показала их адекватность реальному исследуемому процессу [4].

Так вот, было определена количественная эффективность (с точки зрения предупреждения возникновения ДТП) внедрения на перекрестках таких технических решений как средства снижения скорости при подъезде к перекрестку (в зависимости от категории дороги - это либо шумовая разметка, либо искусственные дорожные неровности (ИДН)), и внедрение светофорного регулирования движения на перекрестках. А также определено количественное воздействие на возникновение ДТП со стороны наличия внешних отвлекающих факторов: а именно наличия придорожной рекламы, объектов торговли, АЗС [4].

Внедренные мероприятия, определенные на основе этой методологии, позволили снизить почти на половину показатели аварийности на перекрестках (ДТП, погибло, ранено) [4].

Можно утверждать, что основными мероприятиями по профилактике аварийности на перекрестках должны являться следующие:

- 1) обеспечение низкой скорости движения автотранспортных средств при подъезде к перекрестку;
- 2) регулирование и канализирование движения на перекрестке;
- 3) создание благоприятной среды для водителя при проезде перекрестков (недопущение появления внешних отвлекающих факторов).

Комплексное проведение данных мероприятий способно предотвратить возникновение ДТП при проезде перекрестков.

Заключение. Предупреждение возникновения ДТП при проезде перекрестков является важной задачей, учитывая «вклад» в общую аварийность аварийности на перекрестках.

Точная фиксация характеристик ДТП, произошедших на перекрестках, их анализ, и своевременное вмешательство в сложившуюся ситуацию поможет в дальнейшем избежать ДТП, сохранить жизнь и здоровье людей.

Список литературы

1. *Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б.* Организация дорожного движения. М. Транспорт, 2001, -248 с.;
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2015-20 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2015-20;
3. *Терентьев В.В.* Безопасность автомобильных перевозок: проблемы и решения. Пенза, журнал «Надежность и качество сложных систем», с. 90-94. Выпуск № 2 (18), 2017 г.;
4. *Кузнецов В.В., Горбатенко Д.С., Порташников О.М.* Адекватность применения методики математического моделирования в целях разработки программ, направленных на повышение уровня безопасности движения на региональных автодорогах на территории Московской области. Воронеж, журнал «Вестник Воронежского института МВД России», с. 64-70. Выпуск № 4, 2018 г.

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

АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО ИХ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В работе рассматриваются алгоритмы обнаружения точечных целей по изображениям при зондировании пространства. Показано, что предлагаемый подход во многом аналогичен классической теории обнаружения. Предложены пути дальнейшего усложнения правил обнаружения.

Ключевые слова: *фильтрация, разрешение, обнаружение, изображение.*

Для определенности будем рассматривать обнаружение точечных целей, занимающих один элемент разрешения в пространстве и один элемент матрицы отображения на фоне неба.

Такой подход весьма реален, так как обнаружение происходит на предельно возможных дальностях, и достаточно большие цели имеют весьма малые угловые размеры, помещающиеся в одном элементе разрешения.

Все изображение, сигналы всех элементов отображающей матрицы могут быть использованы для обнаружения точечной цели в одном из них.

Считаем, что система отображения достаточно совершенна и не вносит элементных нелинейных искажений, тогда [1]:

$$g = Hf + n, \quad (1)$$

где H - матрица отображения, n - аддитивные шумы отображения.

Искажения, вносимые отображателем, в значительной степени могут быть уменьшены той или иной фильтрацией при оценивании оригинала по изображению. Наиболее простым является Винеровское оценивание, минимизирующее средний квадрат рассогласования между оценкой оригинала \hat{f} и его истинной величиной f .

Алгоритм Винеровского оценивания предельно прост

$$\hat{f} = Wg, \quad W = R_{fg} R_{gg}^{-1}, \quad (2)$$

где $R_{fg} = \overline{fg^T}$ - взаимно корреляционная матрица; $R_{gg} = \overline{gg^T}$ - автоковариационная матрица.

Вся информация об оригинале заложена в изображении. Поэтому в (2) желательно R_{fg} выравнять через характеристики отображателя и изображения. Для этого умножим (1)

справа на g^T и усредним:

$$\overline{gg^T} = H \overline{fg^T} + \overline{ng^T} = HR_{fg} + n(Hf + n)^T = HR_{fg} + \overline{nn^T} + \overline{nf^T H^T}.$$

В выражении (1) H и R_{nn} предполагаются известными, но их можно определить даже по одному конкретному изображению.

Из (1) следует, что n - это шумы, не зависящие от сигнала (изображения). Их природа - собственные тепловые и прочие шумы отображающей системы. Можно предположить, что математическое ожидание, дисперсия и ковариационная матрица этих шумов заранее

известна, определена юстировкой в процессе наладки и что шумы в каждом канале взаимно независимы. Это позволит определить $R_{nn} = \sigma_n^2 I + m_n m_n^T$.

Хорошие отображатели достаточно точно воспроизводят оригинал. Это значит, что в (1) матрица H очень близка к единичной, а аддитивные помехи пренебрежимо малы.

Любое правило обнаружения базируется на признаках цели, по которым происходит обнаружение. Простейшим признаком является уровень интенсивности излучения от цели. По этому признаку правило обнаружения предельно просто: если интенсивность больше порога - цель есть, в противном случае - нет [2]. Более информативным признаком является превышение уровня в рассматриваемом элементе по сравнению с уровнями в близлежащих элементах матрицы изображения. Могут рассматриваться и иные правила обнаружения, например, превышение уровня в близлежащих элементах из k рассматриваемых.

Если в m из k элементов порог превышен, то нет никаких оснований считать, что только в одном из m превышений имеется цель, а в остальных - нет. Все m превышений принимаются за наличие цели. Сколько из них действительных, а сколько ложных - неизвестно. Только, если принять правило $m = 1$ из k , выбирается один элемент.

Для разработки способа определения порога введем следующие понятия: x - событие - наличие цели в произвольном элементе изображения; y - событие - превышение порога в произвольном элементе изображения; $p(x)$ - безусловная вероятность наличия цели в произвольном элементе изображения; $p(y)$ - безусловная вероятность превышения порога интенсивности в произвольном элементе; $p(x/y)$ - условная вероятность наличия цели в произвольном элементе при превышении порога интенсивности в этом элементе; $p(y/x)$ - условная вероятность превышения порога интенсивности при наличии цели в произвольном элементе; P_l - вероятность ложной тревоги.

Условная вероятность $p(x/y)$ - это вероятность правильного обнаружения. Следовательно, вероятность ложной тревоги P_l связана с $p(x/y)$ очевидным выражением $p(x/y) + P_l = 1$, так как правильное обнаружение и ложная тревога - взаимно исключающие события.

Основное влияние на $p(y/x)$ оказывает порог. При нулевом пороге эта вероятность равна единице: с увеличением порога $p(y/x)$ уменьшается, увеличивается вероятность пропуска цели $(1 - p(y/x))$.

Безусловную вероятность превышения порога $p(y)$ можно оценить как отношение числа превышений порога S на всем изображении к числу элементов изображения $N \times N = N^2$, т.е. $p(y) \approx S / N^2$. Безусловную вероятность наличия цели в произвольном элементе изображения можно оценить отношением числа целей T к числу элементов изображения, т.е. $p(x) = T / N^2$. Вероятность ложной тревоги также можно оценить, зная число превышений уровня S , число целей T и условную вероятность превышения уровня при наличии цели $p(y/x)$

$$P_l = \frac{S - Tp(y/x)}{S}. \quad (3)$$

Так как вероятность $p(y/x)$ и вероятность пропуска цели P_{II} - альтернативные, то $P_{II} = 1 - p(y/x)$; $p(y/x) = 1 - P_{II}$.

Подставляя (4) в (3), получим

$$P_l = \frac{S - T(1 - P_{II})}{S}; \quad \frac{S}{T} = \frac{1 - P_{II}}{1 - P_l} \quad (5)$$

Выражение (5) позволяет по заданным вероятностям ложной тревоги и пропуска цели определить необходимое число превышений уровня S при обнаружении T целей.

Вероятность пропуска цели P_{Π} и ложной тревоги $P_{л}$ не являются независимыми и определяются распределением интенсивностей фона, на котором обнаруживается цель. При

$$P_{\Pi} = \int_{-\infty}^{\varepsilon} Y_x(J) dJ,$$

выбранном пороге ε вероятность пропуска цели равна P_{Π} , а вероятность того, что уровень фона превысит порог равна приблизительно вероятности ложной тревоги

$$\tilde{P}_{л} = \int_{\varepsilon}^{\infty} J_{\phi}(J) dJ.$$

Приблизительность связана с тем, что в некоторых элементах может быть и превышение уровня фона над порогом и находиться цель. Уменьшая порог, мы тем самым, увеличиваем вероятность пропуска цели. При $\varepsilon = 0$ вероятность пропуска цели равна нулю, а вероятность ложной тревоги

$$P_{л} = \frac{N^2 - T}{N^2}. \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим $S = N^2$ - интенсивность во всех элементах выше нулевого порога.

Итак, заданным законам распределения $J_{\phi}(J)$ и $Y_x(J)$ порогу ε соответствуют свои вероятности пропуска цели и ложной тревоги.

В конечном счете, при любых вариантах можно определить необходимое число превышений порога S . Если фон более или менее равномерен, то просто выбираются те S ячеек, интенсивность в которых больше, чем в остальных $N^2 - S$. Если фон весьма неоднородный, имеются более яркие области, то для обеспечения равномерного распределения S выбранных точек все изображение разбивается на достаточное число M сегментов и в каждом из них отбираются S/M наиболее ярких точек.

Таково наиболее простое правило обнаружения, учитывающее единственный признак - интенсивность. Можно разрабатывать и более

сложные правила обнаружения, учитывающие не только интенсивность, но и априорную информацию о габаритах целей, распределения целей по полю изображений, производные интенсивности и т.д.

В результате обнаружения получим S избранных точек, в которых может быть цель (правильное обнаружение), а может и не быть (ложная тревога). Каждой избранной точке соответствуют две угловые

пространственные координаты, например, азимут и угол места или другие углы, из которых можно определить азимут и угол места. Дальность до цели по одному изображению получить невозможно в принципе.

Проведенное рассмотрение явно или неявно предполагает, что статистика фона стационарна и аналогична белому шуму. Другими словами рассмотрение во многом аналогично радиолокационной теории обнаружения [3].

Список литературы

1. Грубрин И.В. Адаптивная обработка сверхширокополосных сигналов в многоканальных информационных системах // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 10. С.29-32.
2. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в MATLAB.- М.: Радиотехника, 2020 г.- 264 с.
3. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов (3-е издание).- М.: Радиотехника 2015 г.- 438 с.

05.13.01

М.Е. Корнет, А.В. Раскина, Е.А. Чжан, А.В. Караванов, А.С. Зайцев

Институт космических и информационных технологий,
Сибирского федерального университета, Кафедра Информационных систем,
Красноярск, raskina.1012@gmail.com

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Статья посвящена решению проблемы управления группой локальных технологических объектов. Приводится описание двухконтурной централизованной системы управления, в которой реализован внешний контур регулирования, содержащий соответствующее программное и алгоритмическое обеспечение. Введение внешнего устройства управления обуславливается необходимостью осуществления согласованного регулирования системой в целом.

Ключевые слова: адаптивное управление, непараметрический алгоритм, группа объектов, производственный комплекс.

Введение. Многомерный характер задачи управления технологическим производством обуславливает необходимость применения системного принципа реализации, который может быть обеспечен на основе применения многоуровневой автоматической системы управления. Вопросы применения многоуровневых систем управления в различных отраслях промышленности обсуждались в [1-3] Многоуровневая система позволяет осуществить комплексное решение задач управления отдельными локальными технологическими процессами с целью получения конечного готового продукта установленного качества [4-6]. На стадии проектирования систем автоматического регулирования в зависимости от целей управления осуществляется выбор в пользу той или иной структурной схемы автоматизации. Наиболее подходящей схемой в условиях структурной неопределённости является двухуровневой системе управления (рис. 1), в которой присутствует внешний контур регулирования, содержащий централизованный пункт управления с соответствующим программным и алгоритмическим обеспечением. Основная задача данного устройства формировать команды, изменяющие режимы работы отдельных агрегатов технологических объектов управления, таким образом, чтобы итоговые управляющие воздействия для локальных объектов были согласованы между собой.

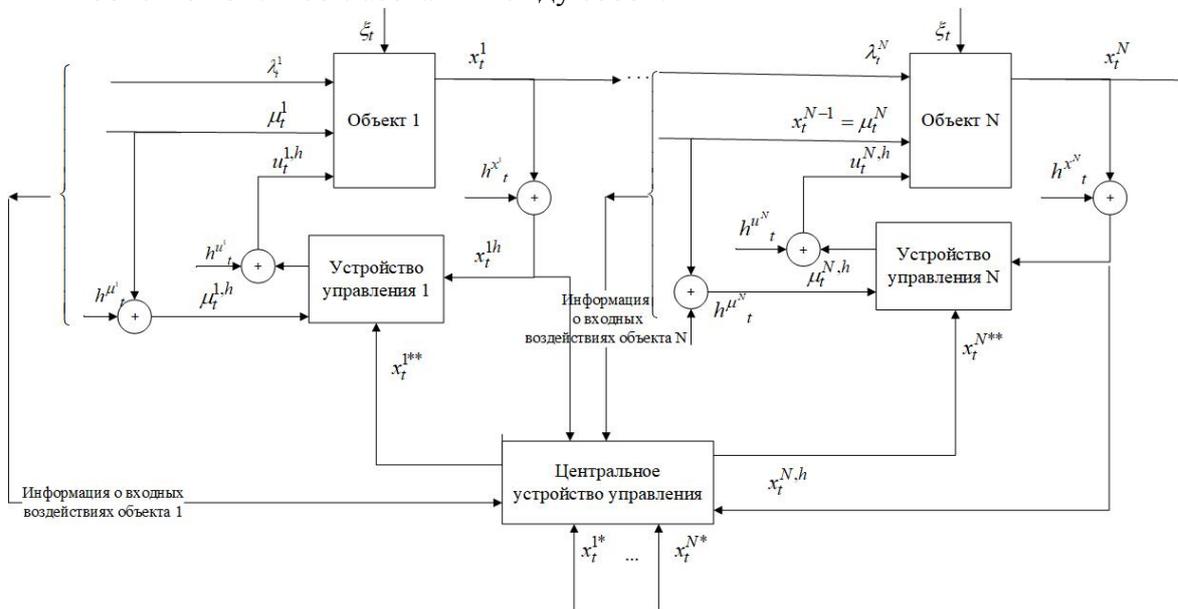


Рис. 1 – Централизованная двухуровневая схема управления

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

$$x_t^1 = (x_{1,t}^1, \dots, x_{p^1,t}^1) \in \Omega(x_t^1) \subset R^{p^1}, \dots,$$

$$x_t^N = (x_{1,t}^N, \dots, x_{p^N,t}^N) \in \Omega(x_t^N) \subset R^{p^N},$$

– векторные выходные переменные процессов $1, \dots, N$, где N – количество последовательно включенных процессов производственного цикла,

$$u_t^1 = (u_{1,t}^1, \dots, u_{n^1,t}^1) \in \Omega(u_t^1) \subset R^{n^1}, \dots, u_t^N = (u_{1,t}^N, \dots, u_{n^N,t}^N) \in \Omega(u_t^N) \subset R^{n^N}$$

– векторные входные контролируемые и управляемые воздействия,

$$\mu_t^1 = (\mu_{1,t}^1, \dots, \mu_{m^1,t}^1) \in \Omega(\mu_t^1) \subset R^{m^1}, \dots,$$

$$\mu_t^N = (\mu_{1,t}^N, \dots, \mu_{m^N,t}^N) \in \Omega(\mu_t^N) \subset R^{m^N}$$

– векторные входные контролируемые, но не управляемые воздействия.

Алгоритмы управления группой технологических объектов. Рассмотрим процесс вычисления управляющих воздействий $u_t^j = (u_{1,t}^j, \dots, u_{n^j,t}^j), j = \overline{1, N}$ в случае использования непараметрического дуального алгоритма регулирования. Для покомпонентного вычисления вектора входных воздействий $u_{y,s}^j, y = \overline{1, n}, j = \overline{1, N}$ предлагается использовать следующее уравнение, представляющее собой непараметрический алгоритм дуального управления [7-9]:

$$u_{y,s+1}^j = u_{y,s}^{j*} + \Delta u_{y,s+1}^j, y = \overline{1, n}, j = \overline{1, N}, \tag{1}$$

где $u_{y,s}^{j*}$ – слагаемое, аккумулирующие в себе имеющуюся информацию об объекте, $\Delta u_{y,s+1}^j$ – поисковый шаг, значение которого рассчитываются в соответствии с уравнением:

$$\Delta u_{y,s+1}^j = \sum_{v=1}^p \varepsilon_v (x_{v,s+1}^{j*} - x_{v,s}^j), y = \overline{1, n}, j = \overline{1, N}. \tag{2}$$

Для вычисления слагаемых $u_{y,s}^{j*}$ используется непараметрический алгоритм, позволяющий последовательно производить вычисление каждого значения векторного управляющего воздействия $u_t^j = (u_{1,t}^j, \dots, u_{n^j,t}^j), j = \overline{1, N}$. Вид первого слагаемого $u_{y,s}^{j*}$ в существенной степени зависит от типа объекта управления. В случае, если объект j представляет собой безынерционный объект с запаздыванием, то $u_{y,s}^{j*}$ из формулы (2) для первой компоненты вектора $u_t^j = (u_{1,t}^j, \dots, u_{n^j,t}^j), j = \overline{1, N}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$u_{1,s}^{N*} = \frac{\sum_{i=1}^s u_{1,i}^N \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^N - \mu_{q,i}^N}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^p \Phi \left(\frac{x_{v,s+1}^{*N} - x_{v,i}^N}{c^{x^v}} \right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^N - \mu_{q,i}^N}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^p \Phi \left(\frac{x_{v,s+1}^{*N} - x_{v,i}^N}{c^{x^v}} \right)}, \tag{3}$$

где N – порядковый номер технологического объекта. Далее все оставшиеся компоненты вектора $u_t^j = (u_{1,t}^j, \dots, u_{n^j,t}^j), j = \overline{1, N}$ рассчитываются по формуле:

$$u_{y,s}^{j*} = \frac{\sum_{i=1}^s u_{y,i}^j \prod_{r=1}^{y-1} \Phi \left(\frac{u_{r,s+1}^j - u_{r,i}^j}{c^{u^j}} \right) \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^j - \mu_{q,i}^j}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^p \Phi \left(\frac{x_{v,s+1}^{*j} - x_{v,i}^j}{c^{x^v}} \right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{r=1}^{y-1} \Phi \left(\frac{u_{r,s+1}^j - u_{r,i}^j}{c^{u^j}} \right) \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^j - \mu_{q,i}^j}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^p \Phi \left(\frac{x_{v,s+1}^{*j} - x_{v,i}^j}{c^{x^v}} \right)}, \quad (4)$$

где $y = \overline{1, n^j}$, $j = \overline{1, N}$.

Оптимальный параметр размытости ядерной функции для каждой компоненты вектора управляющих воздействий находится в соответствии со методикой [8,9]. Далее для оставшихся $1, \dots, N-1$ локальных объектов вычисляются задающие воздействия:

$$x_{y,s+1}^{**j-1} = \frac{\sum_{i=1}^s x_{y,i}^{*,j-1} \Phi \left(\frac{x_{y,s}^{j-1} - x_{y,i}^{j-1}}{c_s^{x^{j-1}}} \right) \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^{j-1} - \mu_{q,i}^{j-1}}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^y \Phi \left(\frac{x_{v,s}^{*,j} - x_{v,i}^j}{c_s^{x^j}} \right)}{\sum_{i=1}^s \Phi \left(\frac{x_{y,s}^{j-1} - x_{y,i}^{j-1}}{c_s^{x^{j-1}}} \right) \prod_{q=1}^m \Phi \left(\frac{\mu_{q,s}^{j-1} - \mu_{q,i}^{j-1}}{c^{\mu^q}} \right) \prod_{v=1}^y \Phi \left(\frac{x_{v,s}^{*,j} - x_{v,i}^j}{c_s^{x^j}} \right)}, \quad (5)$$

$y = \overline{1, p^j}$, $j = \overline{1, N-1}$

Вычислительные эксперименты. В следующей серии вычислительных экспериментов осуществляется сравнение трех схем управления, а именно децентрализованной схемы, централизованной одноконтурной схемы и централизованной двухконтурной схемы управления. Эффективность оценивается по двум ключевым характеристикам: время регулирования t_p , относительная ошибка управления W_p [9].

Выходные характеристики локальных объектов описываются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} x_t^1 &= \mu_t^2 = 2 \cdot (u_t^1)^2 + 0.1, \\ x_t^2 &= \mu_t^3 = 0.21 \cdot x_{t-1} - 0.29 \cdot x_{t-2} + 0.38 \cdot x_{t-3} + 0.5 \cdot u_t^2 + 2.3 \cdot \mu_t^2, \\ x_t^3 &= 0.3 \cdot \sin(0.1 \cdot u_t^3) + 0.01 \cdot \mu_t^3. \end{aligned} \quad (6)$$

Управление локальными контурами осуществляется с использованием ПИД регуляторов. В качестве задающих воздействий для первого и третьего технологических процессов выбраны ступенчатые воздействия, для второго процесса – траектория $x_i^{2*} = 0.5 \sin(0.05 \cdot i)$, где i - такт управления.

Сводные данные по управлению технологическими процессами, с использованием различных схем управления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение основных показателей качества управления при использовании различных схем системы регулирования

Схема управления	Выходная характеристика					
	x_t^1		x_t^2		x_t^3	
	t_p	W_p	t_p	W_p	t_p	W_p
Децентрализованная	2	0,06	3,2	0,19	5,4	0,12
Централизованная одноконтурная	5,6	0,38	13,8	0,56	5,8	0,26
Централизованная двухконтурная	1,8	0,023	2,6	0,07	3,1	0,109

Заключение. Таким образом, исходя из анализа таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее подходящей схемой для управления цепочкой локальных технологических процессов с точки зрения уменьшения относительной ошибки управления и сокращения времени регулирования является централизованная двухконтурная схема управления, позволяющая путем согласованного вычисления задающих воздействий для локальных контуров управления существенно повысить качество регулирования.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых МК-763.2020.9.

Список литературы

1. *Filimonova A.A., Zatsepin E.P., Zatsepina V.I.* Multilevel Control of Power Consumption at Metallurgical Plants //2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE, 2018. – С. 1-4.
2. *Kumar N., Saha T.K., Dey J.* Multilevel inverter (MLI)-based stand-alone photovoltaic system: modeling, analysis, and control //IEEE Systems Journal. – 2019. – Т. 14. – №. 1. – С. 909-915.
3. *Nasiri M.R., Farhangi S., Rodriguez J.* Model predictive control of a multilevel CHB STATCOM in wind farm application using diophantine equations //IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2018. – Т. 66. – №. 2. – С. 1213-1223.
4. *Богушевский В.С., Сухенко В.Ю.* Автоматизированная система управления конвертерной плавкой. – 2014.
5. *Wu Y. et al.* AC Microgrid Small-Signal Modeling: Hierarchical control structure challenges and solutions //IEEE Electrification Magazine. – 2019. – Т. 7. – №. 4. – С. 81-88.
6. *Саметова Г.Т., Чагиева А.А.* Автоматизация технологических процессов, 2014
7. *Корнет М.Е., Раскина А.В., Корнеева А.А.* Непараметрический алгоритм управления температурным режимом металла на участке конвертер–МНЛЗ //Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2021. – Т. 64. – №. 6. – С. 447-457.
8. *Medvedev A.V., Raskina A.V.* The dual control algorithm of nonlinear dynamic processes in the conditions of incomplete a priori information //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 865. – №. 1. – С. 012006.
9. *Raskina A.V. et al.* Design of Multi Loop Control Systems with Decision Makers Under Incomplete Information //Computer Science On-line Conference. – Springer, Cham, 2021. – С. 1-8.

05.13.01

А.А. Макашов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
кафедра 609,
a.a.makashov@gmail.com

ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ БСС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА НА БОРТУ САМОЛЁТА

В работе рассматривается помехоустойчивая беспроводная сенсорная сеть, разработанная для осуществления мониторинга на борту самолёта. Рассмотрены примеры задач, решаемых с помощью представленной беспроводной сенсорной сети. Описан принцип работы предлагаемой беспроводной сенсорной сети в многоканальном режиме.

Ключевые слова: *Беспроводная сенсорная сеть, БСС, смена канала, восстановление сети, keep-alive.*

Введение

Беспроводные сенсорные сети (БСС) долгое время успешно используются как основа для построения систем мониторинга различных объектов. В качестве такого объекта можно рассматривать и самолёт.

Далее рассматриваются проблемы, которые возникают при эксплуатации самолётов и эффективность решения которых повышается при использовании БСС и предлагается способ их решения.

Задачи, решаемые с помощью БСС на борту самолёта

Рассмотрим далее ряд задач, решение которых становится возможным благодаря использованию БСС. Задачи рассматриваются применительно к среднемагистральному пассажирскому самолёту Ту-214, но при необходимости могут быть масштабированы и на другие типы самолётов.

БСС позволяет исследовать эффективность работы системы наддува водобака, предназначенного для хранения в полете запаса питьевой воды и создания в нем избыточного давления, динамику изменения избыточного давления во время выхода на рабочий режим и после него, а также динамику изменения давления в процессе эксплуатации системы в полёте. С помощью БСС можно решить задачу мониторинга разряжения в сливном баке на границе изменения режимов и при работе в режиме естественного разряжения. Использование БСС позволит получать информацию об изменении давления в шинах при различных условиях эксплуатации, что позволит контролировать параметры не только во время стоянки на остывших шинах, а на всём протяжении полёта. В технических отсеках стоит сложное оборудование, которое требует определённого температурного режима для работы. Использование БСС позволит исследовать качество работы системы охлаждения и найти области в технических отсеках, где не удаётся поддерживать оптимальную температуру. Для улучшения запуска двигателя ВСУ в полете в отсек двигателя из системы кондиционирования подаётся горячий воздух. БСС позволит исследовать, насколько эффективно прогревается отсек ВСУ и в перспективе повысить надёжность запуска. Проведение исследования системы кондиционирования воздуха с помощью БСС позволяет определить места в салоне для различных компоновок, где температурное поле сильно отличается от среднего.

Проблемы использования БСС на борту самолёта

Существует ряд проблем, осложняющих использование БСС при решении обозначенного круга задач. В первую очередь проблемы связаны с помехами, которые потенциально могут возникать на борту самолёта. Например, в последнее время всё больше авиакомпаний предоставляют пассажирам доступ к Wi-Fi, устанавливая в салоне маршрутизаторы. Также пассажиры могут использовать устройства Bluetooth. Так, по результатам исследований, в результате взаимодействия сети БСС с сетью Wi-Fi в замкнутом пространстве, коэффициент потери пакетов при определённых сценариях может составлять от 60 % до 90% [1, 2], а коэффициент потери пакетов при перекрытии каналов БСС и каналов, на которых работают устройства Bluetooth составляет 3-10 % [1].

Таким образом, сеть должна обеспечивать доставку результатов измерений в условиях действия помех.

Обзор известных методов борьбы с помехами в БСС

Одним из самых распространённых и эффективных способов борьбы с помехами по итогам анализа работ в данной области оказалась смена каналов узлами сети. Такой подход, в частности, реализован в работах [3, 4, 5]. Недостатком перечисленных выше методов можно назвать то, что все они предполагают коммуникацию между узлами в ходе процесса смены канала. Однако, при воздействии помех значительной мощности, может возникнуть ситуация, при которой доступ к каналу получить невозможно. Эта проблема актуальна для перечисленных выше задач, так как салон самолёта является замкнутым пространством и узлам БСС с большой вероятностью приходится функционировать в непосредственной близости от источников помех.

Помехоустойчивая БСС

Основой для решения поставленных выше задач используется помехоустойчивая БСС на основе механизма keep-alive, разработанная ранее [6]. Если узел в течение определённого периода времени не получает сообщений keep-alive от своего родителя, узел считает себя отключённым от сети. Если узел в течение того же периода не получает сообщений от своего потомка, он исключает его из списка потомков.

Для увеличения эффективности борьбы с помехами алгоритм работы дополнен возможностью работы в многоканальном режиме, то есть возможностью смены канала одним или несколькими узлами сети при обнаружении помехи.

Работа с несколькими каналами базируется на описанных ниже принципах.

- Механизм keep-alive и назначение адресов работают аналогично одноканальному случаю [6]. После отключения узел начинает слушать следующий канал из списка и искать нового родителя для подключения.

- Каждый узел имеет предопределённый список каналов для рассылки служебных сообщений. Такие сообщения рассылаются на каждый канал из этого списка по очереди.

- Каждый узел «слушает» только один канал и находится на нём всё время, кроме периодов передачи сообщений на другие каналы. Если необходимо передать сообщение на канал, отличный от того, который узел слушает, то узел переходит на требуемый канал, после чего сразу же возвращается обратно.

- Смена канала узла производится в соответствии с IEEE 802.15.4 [7]. Для этого используется стандартная структура PhyPibAttributes, которая содержит, в том числе, и номер канала, на котором работает узел.

Таким образом, предлагаемый подход позволяет обходить помехи даже в случае отсутствия возможности коммуникации на ранее выбранном канале между узлами затронутого помехой сегмента сети. Узлы, затронутые помехой, определив факт отсутствия связи со своим родителем, отключаются от сети и будут ожидать получения служебного сообщения на других каналах, не затронутых помехами.

Моделирование работы сети

Для проверки работоспособности предлагаемых подходов построена имитационная модель, соответствующая алгоритмам, описанным выше. В качестве основы выбран симулятор ns-3, содержащий модуль LR-WPAN, реализующий физический и канальный уровни стека протоколов в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4 [7].

Остальные уровни модели (сетевой и прикладной) [6], а также алгоритм смены каналов, реализованы с помощью дополнений, интегрированных в симулятор с помощью API.

Модель позволяет конфигурировать сеть в соответствии с требуемыми параметрами и получать на выходе данные о надёжности – отношении успешно доставленных сообщений с полезными данными к общему числу отправленных сообщений с полезными данными [6].

Заключение

Предложена помехоустойчивая БСС, которая позволяет проводить мониторинг на борту самолёта, при этом обходя помехи, не позволяющие узлам взаимодействовать между собой на определённом канале. Предложенная БСС основана на доработанном варианте помехоустойчивой сети на основе механизма keep-alive, к которому была добавлена возможность работы в многоканальном режиме.

Список литературы

1. *Azmi N. et al.*, "Interference issues and mitigation method in WSN 2.4GHz ISM band: A survey," 2014 2nd International Conference on Electronic Design (ICED), 2014, pp. 403-408, doi: 10.1109/ICED.2014.7015839.
2. *Gürsu M., Vilgelm M., Zoppi S., Kellerer W.*, "Reliable co-existence of 802.15.4e TSCH-based WSN and Wi-Fi in an aircraft cabin," 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), 2016, pp. 663-668, doi: 10.1109/ICCW.2016.7503863.
3. *Yoon S., Murawski R., Ekici E., Park S., Mir Z.H.*, "Adaptive Channel Hopping for Interference Robust Wireless Sensor Networks", 2010 IEEE International Conference on Communications, 2010, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICC.2010.5502780.
4. *Kulkarni V., Sahoo S.K.*, "Load aware channel estimation and channel scheduling for 2.4GHZ frequency band based wireless networks for smart grid applications", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, vol. 10, no. 4, 2017, pp. 879-902, doi: 10.21307/ijssis-2018-023.
5. *Wagh S.S., More A., Kharote P.R.*, "Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 Protocol Under Coexistence of WiFi 802.11b", Procedia Computer Science, vol. 57, 2015, pp. 745-751, doi: 10.1016/j.procs.2015.07.467.
6. *Макашов А.А., Терентьев М.Н.* Помехоустойчивый сетевой уровень стека протоколов для беспроводной сенсорной сети древовидной топологии. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение, 2021, № 1 (134), с. 135–147. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2021-1-135-147>.
7. IEEE Standarts 802.15.4. Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs), IEEE Computer Society, 2006.

05.13.01

^{1,2}В.В. Слепцов д-р техн. наук, ²А.Д. Лагунова,
²А.Е. Аблаева, ²Динь Ба Фьонг

¹ИМАШ им. А.А.Благодирова,
²МИРЭА – Российский технологический университет,
ИКБСП, кафедра «Приборы и информационно-измерительные системы»,
Москва, vsleptsov@gmail.com, nhoht_ck49@yahoo.com

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАЛОГАБАРИТНЫХ КВАДРОКОПТЕРОВ

В статье рассмотрены вопросы анализа качества квадрокоптеров. Особенностью работы является определение комплексного критерия качества с применением метода векторной стратификации и с использованием принципа последовательной дихотомии.

Ключевые слова: *квадрокоптер, оценки качества, метод векторной стратификации.*

Беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) в последние годы уделяется много особого внимания. Столкнувшись с проблемами изменения климата и истощения ископаемых видов топлива, человечеству необходимо найти более разумные и экономичные способы использования энергии. Поэтому внедряются небольшие интеллектуальные самолеты с низким энергопотреблением по сравнению с традиционными самолетами, при этом обеспечивается возможность выполнять сложные воздушные миссии. Кроме того, беспилотные летательные аппараты также обладают новыми функциями, которых нет у традиционных самолетов, такими как маневренность, низкий уровень шума, искусственный интеллект и т. д.

Область применения БПЛА гражданского назначения очень широка. Сферы их применения могут варьироваться от сельского хозяйства до сектора безопасности [1]. Задачи контроля и мониторинга важны в обнаружении предпосылок критических ситуаций: контроля инфраструктуры, труднодоступных мест, дорожной ситуации, мониторинга лесных массивов при пожарах и др. Наиболее актуален удаленный визуальный контроль без участия человека, т.к. присутствие в зоне наблюдения влечет снижение оперативности, затрат на технику для его доставки на место, защиту от неблагоприятных условий среды. Применение БПЛА обладает следующими преимуществами: рентабельностью, оперативностью, способностью развивать высокую скорость, планировать, а также зависать над точкой, существенно меньшей стоимостью их создания и эксплуатации (при условии равной эффективности выполнения поставленных задач, возможностью применения без участия пилотов).

Недостатками являются неурегулированные вопросы интеграции БПЛА в единое воздушное пространство, сертификации, страхования и регистрации, однако работы над этим уже ведутся. Для решения озвученных задач наиболее эффективно применение особого подкласса БПЛА - квадрокоптеров (КК) в силу надежности, простоты конструкции, стабильности, компактности и маневренности. Квадрокоптер способен взлетать вертикально без взлетно-посадочной полосы.

Квадрокоптер - летательный аппарат с четырьмя несущими винтами, у которого два противоположных винта вращаются в одном направлении, и два других - в обратном, при этом маневры осуществляются путем изменения скорости вращения винтов [2].

Типовая конструкция квадрокоптера представлена на рис. 1.

С целью анализа возможностей применения квадрокоптеров для решения различных задач, рассмотрим их основные параметры.

Основные технические характеристики некоторых типовых квадрокоптеров приведены в таблице 1.



Рис. 1 – Типовая конструкция квадрокоптера

Таблица 1 – Основные технические характеристики типовых квадрокоптеров

Тип КК Характеристики	Геоскоп Lite	Walkera QRx350 PRO	DJI DJI Mavic AIR 2	DJI Mavic - Mini	Syma X8 Pro	Hubsan X4 FPU
1	2	3	4	5	6	7
Максимальное время полета Т _{макс.} [мин.]	60	25	21	30	9	20
Максимальная скорость V _{макс.} [км/час]	60	40	68,4	40	70	60
Радиус действия R [км]	70	2	10	5	0,2	0,3
Масса М [кг]	3	1,35	0,430	0,3	0,645	0,8
Максимальная высота H _{макс.} [м]	4000	600-1000	6000	3000	70	100
Максимальная допустимая скорость ветра V _{доп} [м/с]	12	14	29 - 38	8	12	10
Размеры [см×см×см]	138x138x 138	289x289x 205	5472×3648	14x8x6	50x50x2 0	22x22x7
Аккумуляторы	Li-ion 7.4V	Li-Po 5200 мАч 11.1В	Li-Po 3850 мАч 15.4 В	Li-Po 1100 мА 7.6В	Li-ion 7.4V 2000mA h	Li-Po 2700 мА·ч 7,4В
Встроенные датчики	GPS, акселерометр, гироскоп	GPS, акселерометр, барометр, гироскоп	GPS + ГЛОНАСС, акселерометр, барометр, гироскоп	GPS + ГЛОНАСС , акселерометр, барометр, гироскоп	GPS, акселерометр, гироскоп, магнетометр	ГЛОНАСС С GPS, магнетометр, барометр, гироскоп

Очень важным является задача оценки качества различных КК. Это задача достаточно сложна, хотя попытки ее решить предпринимались достаточно часто, однако в настоящее время нет общепринятой методики оценки.

Проблема в том, что качество квадрокоптера определяется многими подчас противоречащими друг другу техническими характеристиками, поэтому очень важно выбрать эффективный комплексный критерий качества. Используемые в настоящее время квадратичные критерии качества обладают рядом недостатков, среди которых следует отметить следующие:

- правильный выбор весовых коэффициентов в случае большого (> 4) числа параметров труднореализуем из-за различия взглядов экспертов;
- весь процесс нового выбора весовых коэффициентов в случае добавления или убавления параметров достаточно трудоемок.

Одним из выходов в данной ситуации является применение аппарата векторной стратификации [3], т. е. расслоения пространства критериально-целевых свойств оцениваемых объектов. При этом под критериально-целевыми свойствами объектов понимают такие свойства оцениваемых объектов, которые характеризуют меру соответствия объекта заданному назначению. Особенно эффективным при решении задачи комплексного оценивания является применение метода последовательной дихотомии (4), суть которого заключается в следующем:

- пространство предполагаемого использования объектов Q , определяемое их целевым назначением, разделяется на два взаимодополняющих, сопоставимых по важности подпространства, причем:

$Q = Q1 \cup Q2$; – каждое из подпространств $R1$ и $R2$ разделяется на два взаимодополняющих подпространства $R11$ и $R12$, $R21$ и $R22$, причем:

$$Q1 = Q11 \cup Q12$$

$$Q2 = Q21 \cup Q22$$

и т. д. до тех пор, пока у эксперта не появится возможность дать однозначную критериальную оценку;

- определяются критериальные свойства как степени влияния объекта на каждое из подпространств, т. е. заполняются таблицы стратификации, при этом целесообразно использовать укороченную вербальную шкалу, аналогичную шкале Харрингтона, состоящую из 5-ти оценок эффективности:

– очень высокая /0,8 ÷ 1,0/;

– высокая /0,63 ÷ 0,8/;

– средняя /0,37 ÷ 0,63/;

– низкая /0,2 ÷ 0,37/;

– очень низкая /0 ÷ 0,2/.

С учетом вышеизложенного материала после предварительного анализа условий работы квадрокоптеров, была предложена следующая система технических характеристик ИИУС КК:

- максимальное время полета T_{\max} . [мин.] (за образец взято значение 60 мин.);
- максимальная скорость V_{\max} . [км/час] (за образец взято значение 70 км/час.)
- максимальный радиус действия R [км] (за образец взято значение 10 км);
- удельная площадь M [$\text{м}^2/\text{кг}$] (за образец взято значение 1 $\text{м}^2/\text{кг}$);
- максимальная высота H_{\max} . [м] (за образец взято значение 6000 м);
- максимальная допустимая скорость ветра $V_{\text{доп. макс.}}$ [км/час] (за образец взято значение 40 м/с);
- максимальная относительная грузоподъемность $R_{\max} = G/M \times g$
- (за образец взято значение 1);
- номинальная удельная мощность потребления $N_{\text{ном. уд.}}$ [Вт/кг] (за образец взято значение 500 Вт/кг).

С учетом вышеизложенного была разработана схема формирования комплексной оценки качества квадрокоптеров, представленная на рис. 2.

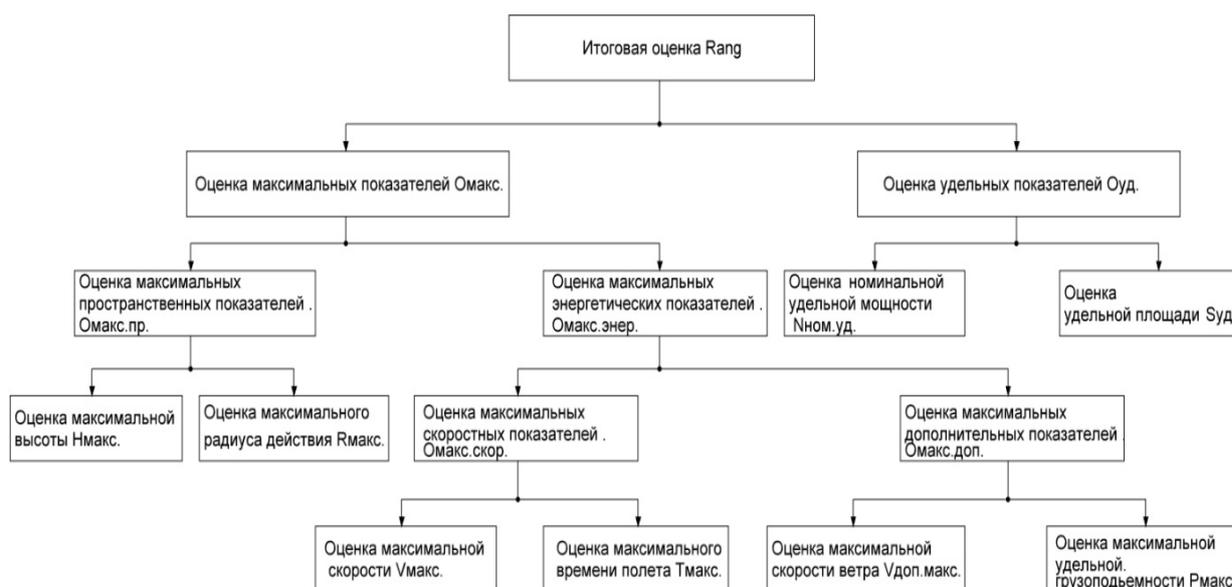


Рис. 2 – Схема формирования комплексной оценки качества квадрокоптеров

Каждой характеристике в зависимости от ее значения по шкале Харрингтона ставятся баллы по пятибалльной системе, затем по определенной схеме высчитывается общий балл качества КК - (Rang).

Разработанная схема комплексной оценки качества ИИУС КК, представлена на рис. 3. Эта схема достаточно наглядна и отражает нелинейный характер оценки.

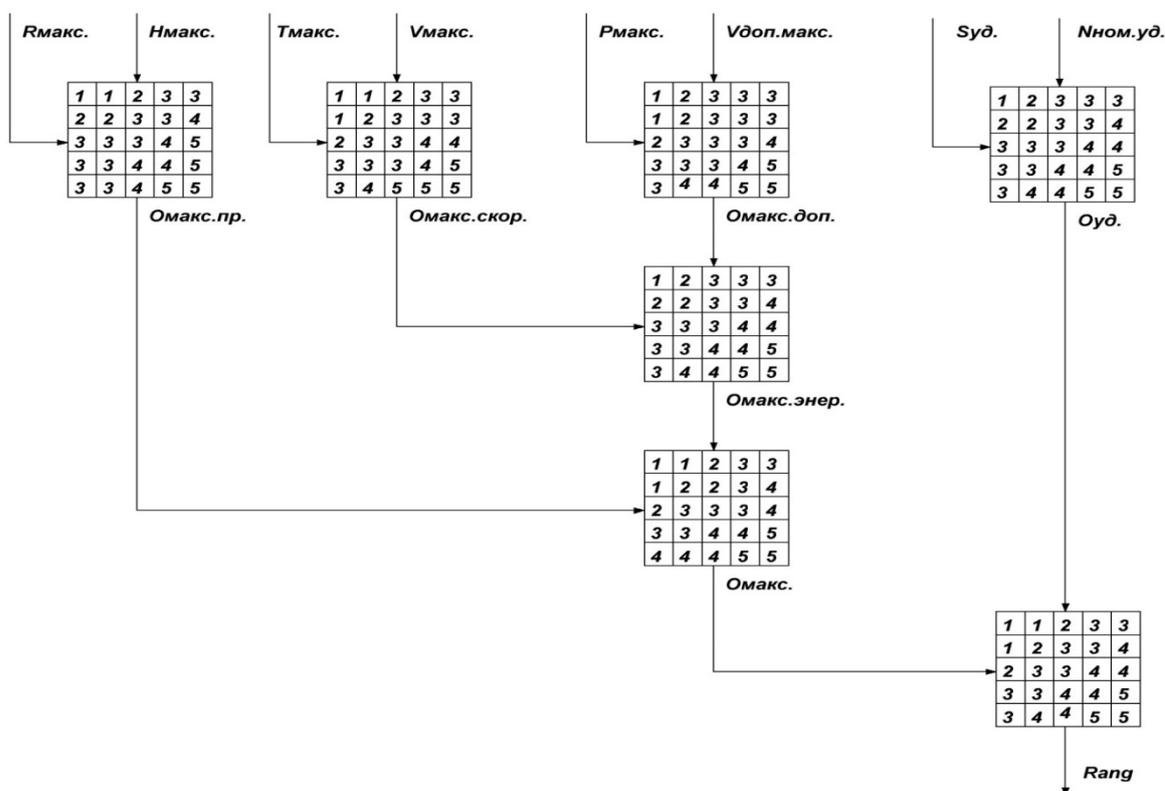


Рис. 3 – Схема комплексной оценки качества квадрокоптеров

Все элементы матриц определены с помощью экспертов. Следует отметить, что их определение не представляет проблемы, т. к. элементы **выбираются лишь по 2-м параметрам** (в отличие от определения весовых коэффициентов для квадратичных критериев).

В качестве примера определим ранг квадрокоптера Hubsan X4 FPU, для него:

$R_{\max.} = 0,3$ км (1); $T_{\max.} = 20$ мин. (2); $V_{\max.} = 60$ км/час (1); $R_{\max.} = 2$ Нм (2); $V_{\text{доп. макс.}} = 10$ м/с (2); $S_{\text{уд.}} = 0,35$ м²/кг (2); $H_{\max.} = 100$ м (1); $N_{\text{ном. уд.}} = 400$ Вт/кг (5).

Определим по схеме ранг - $R_{\text{анг}} = 3$.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Для комплексной оценки качества квадрокоптера целесообразно применять метод векторной стратификации с использованием принципа последовательной дихотомии.
2. Информационными параметрами квадрокоптера являются:
 - максимальное время полета;
 - максимальная скорость;
 - радиус действия;
 - обратная масса;
 - максимальная высота;
 - допустимая скорость ветра;
 - максимальная относительная грузоподъемность;
 - номинальная обратная мощность потребления.
3. Разработанная схема комплексной оценки качества квадрокоптеров удобна, эффективна и позволяет легко сравнивать различные их типы.

Список литературы

1. Рокачевский О.А., Слепцов В.В., Аблаева А.Е., Динь Ба Фыонг. Синтез контура управления координатой высоты информационно-измерительной и управляющей системы квадрокоптера. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 1. – С. 38-43.
2. Luukkonen T. Modelling and Control of Quadcopter. School of Science, Espoo, August 22, 2011. P. 26. Режим доступа: http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf (дата обращения 16.05.2014).
3. Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. – М.: Наука, 1984, 94 с.
4. Глотов В.А., Павельев В.В. Комплексное оценивание многомерных объектов. Препринт. – М.: Институт проблем управления, 1984. – 54 с.

05.13.01

Л.Ф. Тагирова, В.К. Тагиров, Н.А. Тишина

Оренбургский государственный университет,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,
Оренбург, LG-77@mail.ru

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Статья посвящена изучению вопросов, связанных с разработкой интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины, используемой как в дистанционном образовании, так и для организации самостоятельной работы студентов.

Отличительной особенностью разрабатываемой системы является ее адаптация к особенностям и возможностям студентов. На основе оценки характеристик обучаемых, интеллектуальная система предлагает адаптированный под его особенности пользовательский интерфейс. Помимо этого, на основе применения технологии адаптированного тестирования студентам предоставляется учебный материал, соответствующий его степени усвоения дисциплины.

Для описания работы системы представлена функциональная модель, включающая совокупность взаимодействующих процессов, направленных на достижение поставленной цели обучения - получение студентами требуемого уровня обученности по дисциплине.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, функциональная модель, интеллектуальный интерфейс, адаптивное тестирование, адаптивное гипермедиа.

На сегодняшний день в системе высшего образования повсеместно используются разработки в области информационных технологий. Основную часть этих разработок составляют электронные системы обучения, лидирующие позиции среди которых занимают интеллектуальные обучающие системы [1].

Интеллектуальная обучающая система (ИОС) - это система электронного обучения, включающая в себя элементы искусственного интеллекта и позволяющая решать задачи построения наиболее подходящей студенту последовательности изучения учебной дисциплины, адаптации учебного курса к знаниям или другим характеристикам студента, интеллектуального анализа решений и интеллектуального мониторинга процесса обучения [2].

ИОС смещает фокус процесса обучения от простого предоставления информации к адаптивным методам обучения, которые соответствуют потребностям конкретного обучаемого, и таким образом, функционирует подобно персональному преподавателю.

При разработке ИОС следует учитывать, что она не является заменой преподавателя, а представляет собой дополнительную помощь тем, у кого возникают трудности в освоении знаний по тем или иным дисциплинам.

Отличительной особенностью использования интеллектуальных обучающих систем заключается в их возможности адаптировать учебный процесс к индивидуальным особенностям обучающихся [1].

В рамках проводимого исследования была разработана интеллектуальная обучающая система “Основы программирования на языке C++”. Данная система предназначена для автоматизации информационных процессов интеллектуальной поддержки обучения и контроля знаний студентов при изучении основ программирования на языке высокого уровня. Она может быть использована при организации самостоятельной деятельности, в качестве дополнения к традиционным изданиям, либо при дистанционном обучении студентов.

Структура разработанной системы состоит из четырех блоков и представлена на рисунке 1.

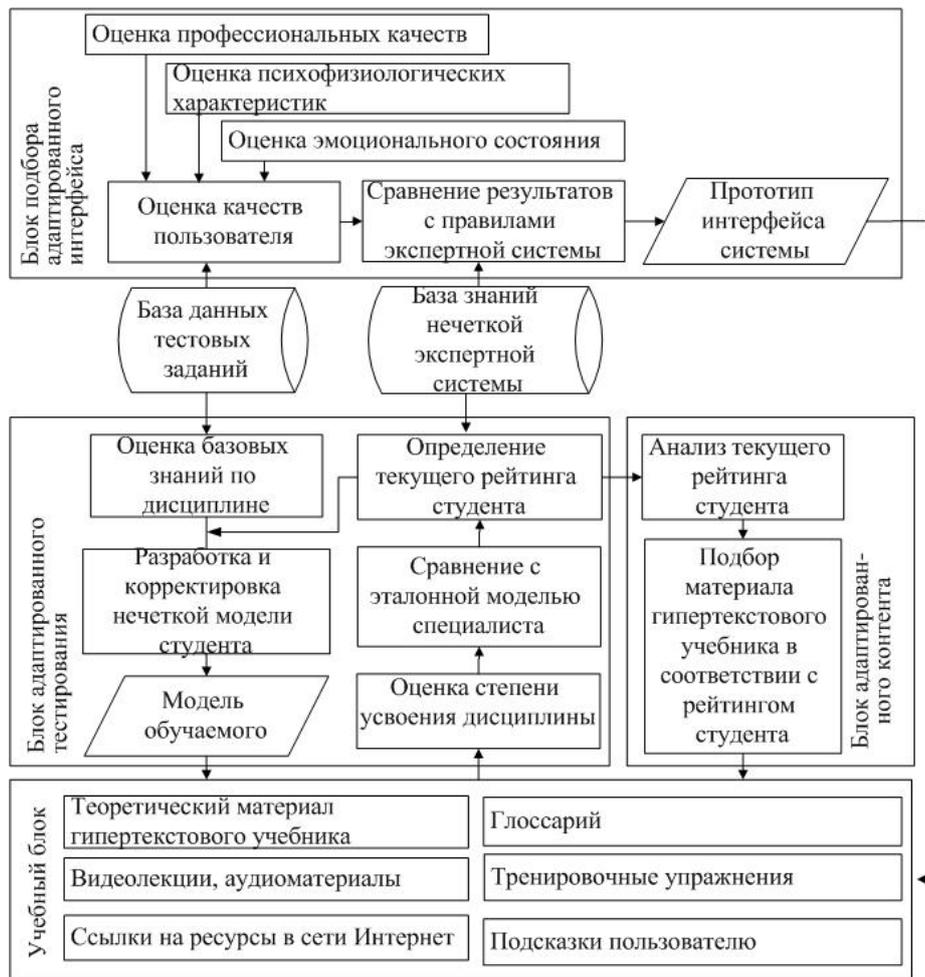


Рис. 1 – Структура интеллектуальной обучающей системы

На начальном этапе работы системы, в блоке подбора адаптированного интерфейса, реализуется оценка характеристик пользователя. На основе полученных данных система предлагает адаптированный под его особенности интерфейс гипертекстового учебника. В качестве характеристик студентов были определены следующие три группы качеств: профессиональные качества при работе с компьютерной техникой (компьютерная грамотность, системный опыт, опыт работы с подобными программами, машинопись); психофизиологические особенности каждого пользователя системы (быстрота мышления, память, концентрация внимания); эмоциональное состояние - адекватное, возбужденное или стрессовое состояние [3].

Каждая из характеристик оценивается по трехбалльной шкале: высокий, низкий и средний уровень. В ходе исследования были спроектированы пять шаблонов пользовательского интерфейса, от самого простого до самого сложного, которые подбираются в зависимости от результатов оценки качества студента.

Одной из функций разработанной системы является интеллектуальная оценка усвоения материала дисциплины студентами, реализованная в блоке адаптированного тестирования. Адаптированное тестирование предполагает, что следующий вопрос теста задается в зависимости от ответов на предыдущие, усложняя или упрощая вопросы. В результате формируется рейтинг студента, в котором учитывается количество правильных ответов на вопросы теста, длительность ответа, а также количество попыток [4].

Данный рейтинг позволяет системе предлагать для изучения студентам теоретический материал различной сложности (использование адаптивной гипермедиа), что позволит каждому обучающемуся выстраивать собственную траекторию изучения дисциплины. Данная функция системы реализована в блоке адаптированного контента.

Адаптивная гипермедиа позволяет строить модель предпочтений и знаний каждого отдельного пользователя и использует эту модель во время взаимодействия с пользователем, чтобы адаптировать материал учебный блок к потребностям этого пользователя [5].

Сама структура учебного блока состоит из шести компонентов: теоретического материала гипертекстового учебника, видео- и аудио-материалы, ссылки на внешние ресурсы, глоссарий, подсказки студенту. Для получения профессиональных навыков в данном блоке используются тренировочные упражнения.

Для наглядного описания функций разработанной системы была использована IDEF0-методология, согласно которой система представляется совокупностью взаимодействующих процессов, в которых функции системы анализируются независимо от объектов, которыми они оперируют. Функциональная модель IDEF0 представлена на рисунке 2.

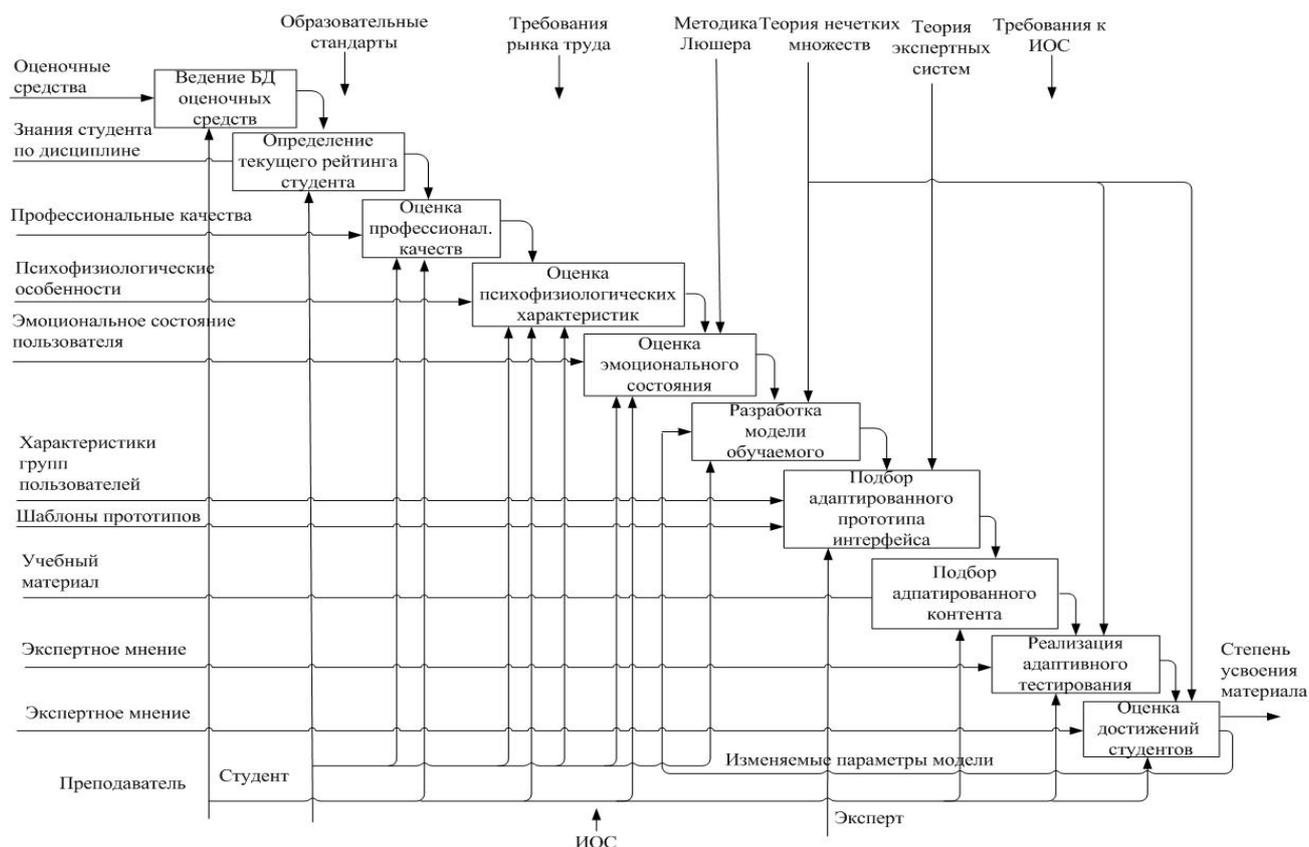


Рис. 2 – Функциональная модель работы интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины

Согласно разработанной функциональной модели, процесс обучения средствами интеллектуальной системы разделен на десять взаимосвязанных функций, направленных на достижение цели обучения. Каждая из этих функций доступна разному уровню доступа (преподаватель, студент, эксперт).

Таким образом, в ходе обучения с помощью интеллектуальной обучающей системы каждому студенту предлагается своя образовательная траектория, свой маршрут изучения дисциплины. Как результат, у каждого студента в результате будет различная степень усвоения материала (не освоил, освоил частично, освоил достаточно, освоил полностью).

В заключении хотелось бы отметить, что в работе была определена структура и основные компоненты интеллектуальной обучающей системы. Выявлены параметры, на основе оценки которых система позволяет адаптировать учебный процесс к индивидуальным особенностям обучающихся. Разработана функциональная модель, описывающая обучение студентов как совокупность взаимодействующих процессов, направленных на достижение поставленной цели обучения - получение студентами требуемого уровня обученности по дисциплине.

Список литературы

1. Семенова Н.Г., Крылов И.Б. Разработка агентно-ориентированной интеллектуальной обучающей системы на основе нечеткой нейронной сети Такаги-Сугено-Канга // Вектор науки тольяттинского государственного университета. Издательство: Тольяттинский государственный университет (Тольятти). 2015. №2-1 (32-1). - С. 11-19.
2. Попов Д.И., Лазарева О.Ю. Нечеткая оверлейная модель учащегося в интеллектуальной обучающей системе // Научный вестник МГТУ ГА. – 2015. – №213. – С.141-148.
3. Зубкова Т.М., Тагирова Л.Ф., Тагиров В.К. Прототипирование адаптивных пользовательских интерфейсов прикладных программ с использованием методов искусственного интеллекта // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 680–688. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-680-688.
4. Попов Д.И. Проектирование интеллектуальных систем дистанционного образования// Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ) 4/2001. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. - С.325-332.
5. Мубаракова С.Р. Адаптивные интеллектуальные обучающие системы для систем электронного обучения // Молодой ученый. – 2018. - №44(230). – С. 24-28.

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

05.13.06

К.Л. Горшкова канд. техн. наук

Альметьевский государственный нефтяной институт,
кафедра автоматизации и информационных технологий,
Альметьевск, chri_leon@mail.ru

**ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ НЕФТИ
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

В работе представлены результаты оптимального управления температурным режимом нефти при транспортировке на основе нечеткой информации. Разработана структурная схема управления и поставлена задача управления температурным режимом сверхвязкой нефти на базе нечеткой логики. В зависимости от сезонных работ установки с учетом температуры окружающей среды были выделены диапазоны сезонных температур потока смешанной нефти, а также обеспечивается стабильный заданный уровень температуры транспортируемого потока нефти в контрольной точке, с учетом внешних и внутренних возмущающих факторов.

Ключевые слова: *оптимальное управление, транспортировка, температурный режим нефти, нечеткий регулятор.*

Современные системы управления температурным режимом объединяют новые информационные технологии и минимизации эксплуатационных затрат [1]. На действующих установках первичной подготовки сверхвязкой нефти возникают неопределенности в процессе управления температурным режимом нефти при ее транспортировке. В таких случаях можно использовать нечеткое управление. [2]

Цель данной работы является оптимальное управление температурным режимом потоков сверхвязкой и высокосернистой нефти при транспортировке на основе нечеткой логики в системе автоматического управления.

В качестве типовой рассматривается технология первичной подготовки сверхвязкой нефти. Система автоматического управления (САУ) температурным режимом потоков нефти содержит следующие блоки (рис.1): непрерывное наблюдение с датчиками по измерению температуры сверхвязкой, высокосернистой и смешанной нефти; вычислительный блок с математической моделью, формирующие зависимости температуры и вязкости нефти; нечеткие регуляторы [3] и объекты управления для потоков сверхвязких и высокосернистых нефтей.

Продолжительность периода адаптации и погрешность при замерах в модели системы управления могут быть высокими в связи с неопределенностями – это зависимости температуры и вязкости потоков нефти от многих переменных $\mu_{i,1}(\theta_1, \theta_4, G_1, N_1)$, $\mu_{i,2}(\theta_2, \theta_4, G_2, N_2)$. Поэтому адаптивная система с детерминированной моделью дополняется нечетким регулятором.

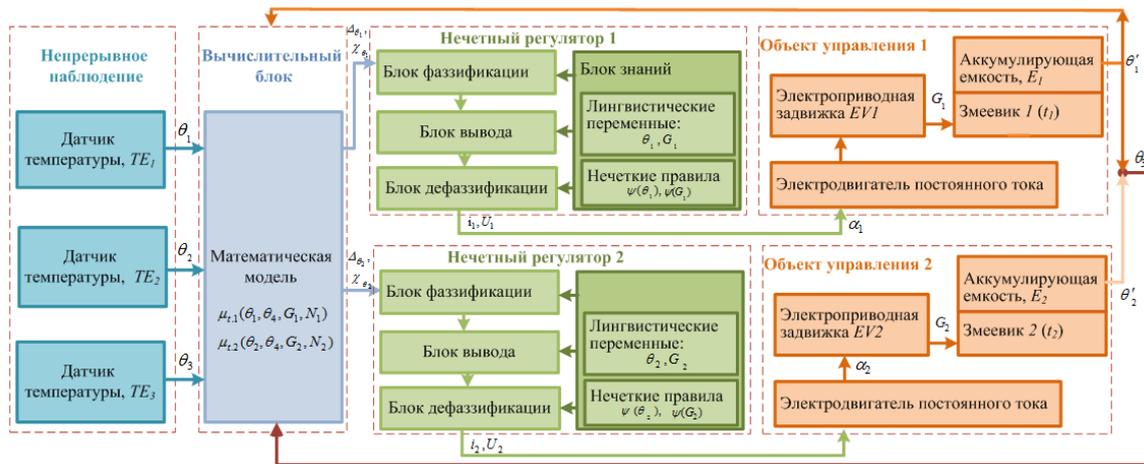


Рис. 1 – Структурная схема САУ температурным режимом потоков нефти с нечеткими регуляторами

Для составления нечетких правил определена экспериментальным путем зависимость температуры сверхвязкой нефти от количества расхода пара (рис.2). Так как кривые изменяются в зависимости от состава смеси, то выбор диапазонов является сложной задачей. Для решения данного вопроса предложено составить нечеткие правила в режиме реального времени и применить диапазон «температура сверхвязкой нефти-расход пара». С учетом изменения подачи пара диапазон изменения температуры сверхвязкой нефти составляет от 79°C до 95°C .

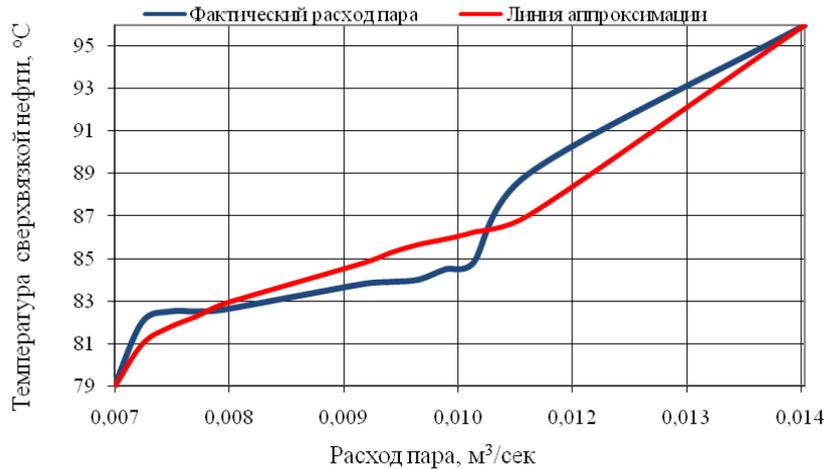


Рис. 2 – График зависимости температуры сверхвязкой нефти от расход пара

В качестве управляющего воздействия y рассматривается скорость перемещения задвижки, т.е. $y(t) = d(\varphi(t))/dt$. Алгоритм управления представлен в виде следующих нечетких правил:

1. If (temp is ZR) and (rate is PH) and (on/off is PH) then (y is PH)
2. If (temp is ZR) and (rate is PM) and (on/off is PH) then (y is PH)
3. If (temp is ZR) and (rate is PH) and (on/off is PM) then (y is PM)
4. If (temp is PM) and (rate is ZR) and (on/off is PH) then (y is PM)
5. If (temp is PM) and (rate is PM) and (on/off is PH) then (y is ZR)
6. If (temp is PM) and (rate is PM) and (on/off is ZR) then (y is PM)
7. If (temp is PH) and (rate is ZR) and (on/off is ZR) then (y is PM)
8. If (temp is PH) and (rate is PM) and (on/off is PM) then (y is ZR)
9. If (temp is PH) and (rate is PH) and (on/off is PH) then (y is ZR)

Где $temp$ – отклонения температуры; $rate$ – скорость изменения температуры; для оценки входных параметров применяются термы: ZR – низкий, PM – средний, PH – высокий; on/off – оптимальное энергопотребление и подача пара; U – скорость перемещения задвижки.

Для устранения нечеткости применяется метод центроида и результат регулирования находится на основе нечеткой алгоритма Мамдани. В моделях Мамдани функции принадлежности не выходят за пределы диапазонов «температура сверхвязкой нефти-расход пара». В основе нечеткой модели целесообразным является объективная информация о системе управления температурным режимом потоков нефти. Такой информацией являются результаты измерения температуры нефти на входе и выходе системы, обеспечивающие настройку параметров нечетких регуляторов.

Согласно условиям работы установки первичной подготовки и транспортировки потоков нефти, показатели качества нефти в пунктах сдачи и приема должны соответствовать государственным стандартам РФ [4]. Из-за этого приемлемый диапазон изменения температуры потока нефти в контрольной точке C составляет $10 \div 20^{\circ}C$. Причем в зависимости от сезонных работ установки с учетом температуры окружающей среды были выделены диапазоны температур потока смешанной нефти в контрольной точке B (рис. 3): $20 \div 40^{\circ}C$ (летний период) и $50 \div 70^{\circ}C$ (зимний период). В результате температура потока нефти составит $11,5^{\circ}C$ при перекачке нефти по трубопроводу на расстояние $15,6$ км до конечного пункта. Данная температура потока нефти устанавливается в контрольной точке C за 9 часов и удовлетворяет эксплуатационным требованиям работы установки подготовки и транспортировки потоков нефти.

Проанализировав блок первичной подготовки и транспортировки потоков нефти, были выявлены ряд факторов, которые формируют нечеткую информацию для определения зависимости расхода электроэнергии на перекачку нефти до установки подготовки нефти от вязкости потока нефти.

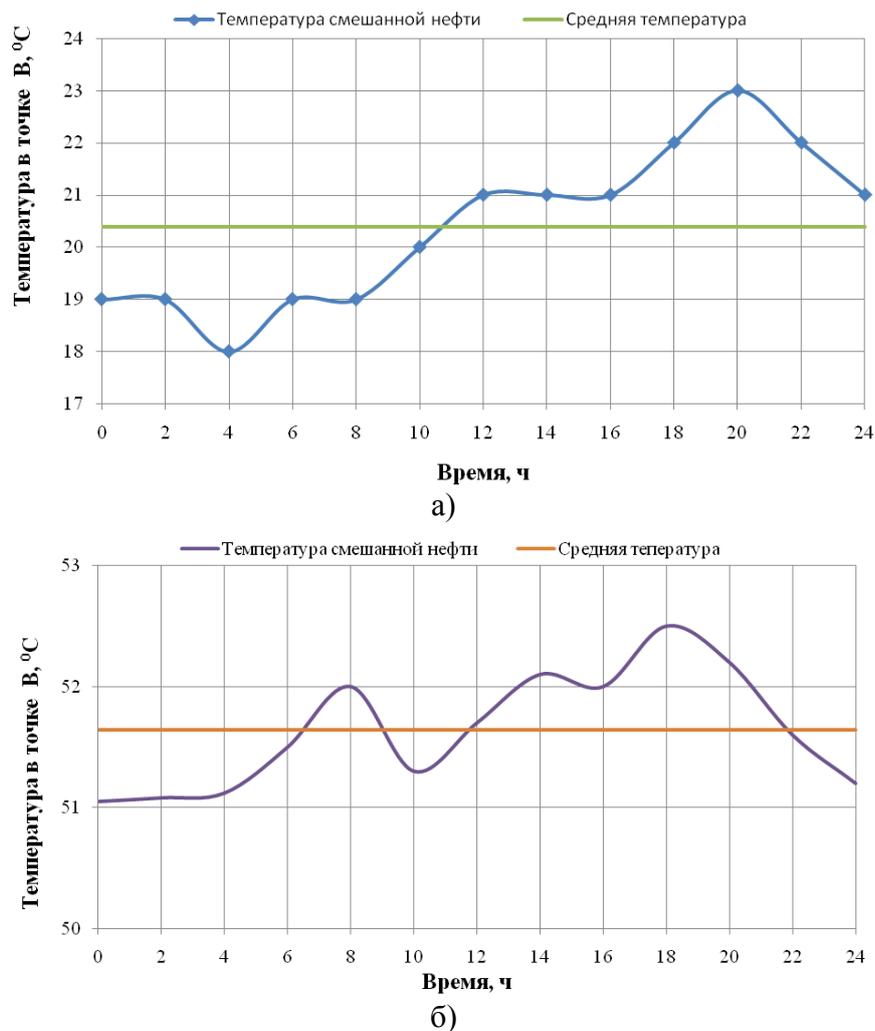


Рис. 3 – Переходной процесс изменения температуры смешанной нефти в контрольной точке B : а) летний период, б) зимний период

Разработана структурная схема управления температурным режимом нефти при транспортировке на основе нечеткой информации. Основной отличительной особенностью от существующей системы управления температурным режимом нефти является последовательно соединенные звенья в системе управления с одновременно настраиваемыми подсистемами модели объекта управления и нечеткого регулятора. Такая система автоматического управления температурным режимом потоков нефти с нечеткими регуляторами позволяет практически реализовать предложенный авторами принцип управления и обеспечить стабильный заданный уровень температуры транспортируемого потока нефти в контрольной точке, с учетом внешних и внутренних возмущающих факторов.

Список литературы

1. Optimization modeling for smart operation of multi-source district heating with distributed variable-speed pumps / H. Wang, H. Wang, Zh. Haijian, T. Zhu // *Energy*. – 2017. – V. 138. – P.1247-1262.
2. Горшкова К.Л., Табачникова Т.В. Некоторые аспекты автоматизации температурного режима первичной подготовки и транспортировки потоков нефти. – Москва: РУСАЙНС, 2018. – 242 с.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 798 с.
4. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006. – 28с.

05.13.06

**К.Л. Горшкова канд. техн. наук,
И.П. Ситдикова канд. техн. наук, Н.Н. Алаева канд. техн. наук**

Альметьевский государственный нефтяной институт,
кафедра автоматизации и информационных технологий,
Альметьевск, chri_leon@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СКВАЖИН

В статье представлены результаты экспериментальных исследований переходных процессов изменения давления на имитационном стенде при разных режимах работы насоса. Для каждого переходного процесса определен оптимальный период работы насоса, который обеспечивает эффективный режим эксплуатации скважин. Были проведены промышленные исследования на добывающих скважинах, которые привели к увеличению дебита жидкости скважин и уменьшения её обводненности.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, эффективное управление, режим, насос, скважина.

В настоящее время является актуальным вопрос внедрения низкочастотных методов увеличения добычи нефти. Одним из таких методов является нестационарный режим отбора жидкости, применяемый для эффективного извлечения остаточных запасов нефти [1]

При нестационарном режиме эксплуатации скважин основной задачей для трещиновато-пористых коллекторов является увеличения дебита нефти и снижения обводненности жидкости.

С целью теоретического исследования влияния нестационарного режима работы добывающей скважины с периодически меняющимся во времени забойным давлением на нефтеотдачу пласта проведена серия лабораторных и промышленных экспериментов. Зависимость забойного давления от импульсного воздействия при изменении производительности насоса [2]:

$$P_{pl} = P_0 + P(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{pl}}}), \quad (1)$$

где P_{pl} - забойное давление, *атм*; P_0 - начальное значение давления, *атм*; P - импульсное изменение давления, *атм*; t - время переходного процесса, *сек*; τ_{pl} - время реакции пласта на изменение производительности насоса, рассчитанное по переходному процессу для каждой скважины.

Лабораторные исследования

При нестационарном отборе жидкости для эффективного управления процессом добычи нефти необходимо рассматривать единую взаимосвязанную систему «пласт-скважина-насос».

Основной целью выполнения экспериментальных исследований является выявление условий для обеспечения эффективного режима эксплуатации скважин при нестационарном режиме отбора жидкости.

Для исследования переходных процессов системы «пласт-скважина-насос» использовался имитационный стенд [3] (рис.1). Сбор и передачи данных с имитационного стенда осуществлялись по интерфейсу RS-485 до контроллера и по интерфейсу RS-232 до автоматизированного рабочего места (АРМ) специалиста с установленным программным обеспечением Master SCADA3. На данном имитационном стенде были проведены экспериментальные исследования переходных процессов системы «пласт-скважина-насос»,

по результатам которых сделан анализ переходных процессов изменения давления, сопоставления и обобщения результатов экспериментов. Имитация режимов работы скважинного насоса проводилась путем изменения положения шаровых клапанов (КШ) на имитационном стенде.

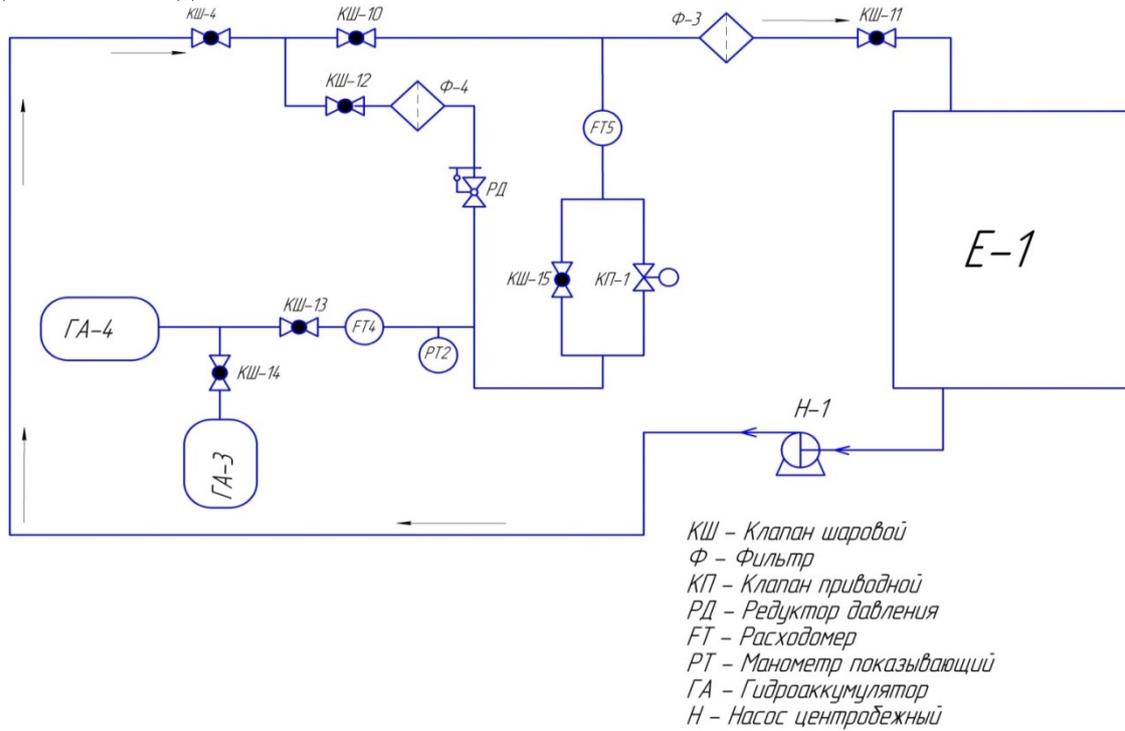


Рис. 1 – Схема имитационного стенда

Для выполнения лабораторных исследований было проведено следующее:

1. Определены условия проведения экспериментов, составление матрицы экспериментов: изменение степени открытия шаровых клапанов КШ-1, 2 (%). Зависимость числа опытов от числа уровней факторов $N = p^k$, где N – число опытов, p - число уровней факторов, k - число факторов. Исходное состояние соответствует максимальному отбору жидкости, при этом все шаровые клапаны полностью открыты и из емкости с помощью насоса жидкость поступает в гидроаккумуляторы. При изменении степени открытия шаровых клапанов (КШ-1,2) можно имитировать изменение режима работы скважинного насоса. При этом значение уровней и интервалов варьирования факторов составляет 10. При числе факторов $k \geq 7$ возникает необходимость в их сокращении, т.е. отсеивании из-за необходимости выполнения большого числа опытов.

2. При каждом эксперименте получены графики изменения давления в режиме реального времени с визуализацией в программе MasterSCADA 3 и с выгрузкой массивов данных в Excel (рис.2).

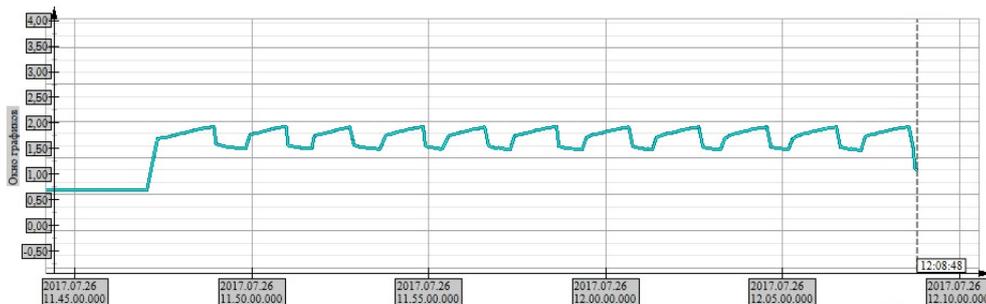


Рис. 2 – График переходного процесса изменения давления

3. По полученным графикам переходных процессов изменения давления были определены следующие качественные показатели: время реакции пласта, время переходного процесса, максимальное отклонение давления в переходный период. Для экспериментов определены (табл. 1): значения времени реакции пласта τ_{pli} , ($i=1\dots5$), время переходного процесса за один импульсный скачок изменения давления t и максимальное отклонение давления в переходный период p .

Таблица 1 – Качественные показатели переходных процессов для проведенных экспериментов

№	τ_{pli} , ($i=1\dots5$)					t, сек	p, атм
	1	2	3	4	5		
1	50	25	19	4	3	136	0,52
2	16	79	12	8	5	192	0,6
3	24	39	25	7	6	136	0,53
4	29	9	33	26	11	133	0,61
5	50	25	4	19	3	136	0,52

Промысловые исследования

С применением рассчитанных значений проведены промысловые исследования управления режимами работы на восьми экспериментальных добывающих скважинах, работа которых осуществлялась в режиме нестационарного отбора жидкости.

Нестационарный режим работы подразумевает оснащение на скважине дополнительным оборудованием (контроллер, станции управления с частотным регулируемым электрическим преобразователем, глубинная телеметрии), которое позволяет реализовать на скважине все режимы работы скважин (стационарный, периодический и нестационарный).

Для исследования нестационарного отбора жидкости был проведен расчет периода времени контроля параметра обводненности продукции скважин при минимальных и максимальных числах качаний. Контроль параметра обводненности добываемой жидкости осуществляется с учетом расчета этого периода времени, когда пластовая жидкость дойдет до устьевого поточного влагомера. [4]

На рисунке 3 представлены графики изменения обводненности продукции средней за 2 часа, текущая обводненность и массы нефти двухчасовая с узла учета нефти за весь период проведения промысловых исследований.

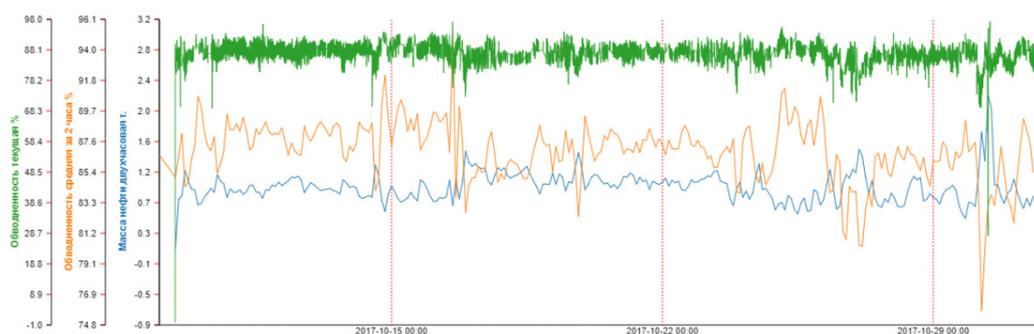


Рис. 3 – Графики изменения обводненности продукции и массы нефти

Вывод. С целью обеспечения оптимального режима работы скважин при реализации нестационарного режима отбора жидкости прослеживается закономерность уменьшения значения обводненности жидкости в зависимости от циклов депрессии. Во время проведения нестационарного режима средний дебит нефти с узла учета составил $15,2 \text{ м}^3/\text{сут}$ при обводненности 76,28%.

Список литературы

1. Фархуллин Р.Г. Выработка трещиновато-пористого коллектора нестационарным дренированием / Молокович Ю.М., Марков А.И., Сулейманов Э.И., Фархуллин Р.Г., Куштанова Г.Г., Давлетшин А.А., Хисамов Р.С., Смыков В.В., Никашев О.А. Казань: Регентъ, 2000. 156 с.
2. Самойлов В.В., Фролов С.А. Нетрадиционный подход к реализации способа повышения нефтеотдачи пластов. ООО «Татинтек», типография ООО «ТатАвтоматизация», Альметьевск, 2014. 48 с.
3. Горшкова К.Л., Орехова Л.Г., Алаева Н.Н. К вопросу управления режимами работы добывающих скважин для нестационарного способа отбора жидкости. Сборник «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли материалы Международной научно-практической конференции. Альметьевский государственный нефтяной институт. 2018. С. 203-205.
4. Горшкова К.Л., Алаева Н.Н., Орехова Л.Г. К вопросу выбора режима работы скважинного насоса при нестационарном отборе жидкости. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2019. № 5. С. 145-152.

05.13.06

¹Д.К. Зырянов, ¹А.Е. Синицкая, ²В.В. Бухтояров

¹Сибирский Федеральный университет,
кафедра технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса,
²Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнёва,
кафедра безопасности информационных технологий,
Красноярск, zyryanov.d.k@okbmikron.ru, sasha.sinitskaya.99@mail.ru, vladber@list.ru

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ БЛОКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В работе представлены результаты изучения систем мониторинга технологического оборудования с целью своевременного контроля изменения показателей рабочих параметров. Предложена схема формирования комплексного показателя живучести и его расчета в автоматизированной диагностической системе. Реализация предлагается в виде блока автоматизированного анализа параметров технологического оборудования.

Ключевые слова: *мониторинг состояния, показатель живучести, параметры технического состояния.*

Крупномасштабные распределенные технологические объекты состоят из элементов технологического оборудования, объединенных в технологические комплексы. Отсутствие системы, включающей сквозной мониторинг, увеличивает экономические риски предприятия, а также риски нарушения безопасности, в том числе экологической и энергетической. Ее наличие, в свою очередь, позволяет дополнительно автоматизировать осуществляемые процессы, проводить своевременный контроль над изменением рабочих показателей.

В рамках данной статьи будет рассмотрено совершенствование системы контроля технического состояния распределенных технологических объектов нефтеперерабатывающих заводов на основе комплексного анализа вибропоказателей и разработки структурной схемы блока анализа параметров оборудования.

Оценка состояния технологического оборудования

В настоящее время для оценки надежности сложных технических процессов и используемых в них видов оборудования распространено большое количество рабочей документации, стандартов [1-2], технических условий и прочей нормативной базы. Изучим порядок проведения работ по оценке показателей надежности согласно РД 50-690-89 [3]:

- а) выбор плана испытаний на надежность;
- б) планирование испытаний;
- в) сбор необходимой информации;
- г) статистическая обработка информации.

Заключительный этап – статистическая обработка информации для оценки показателя надежности, осуществляется двумя методами:

- непараметрический метод при неизвестном законе распределения, включающий непосредственную оценку показателей надежности;

- параметрический метод, в котором закон распределения известен, включающий также оценку параметров закона распределения, входящих в формулу расчета оцениваемого показателя надежности, и оценку показателя надежности по вычисленным оценкам параметров закона распределения.

Параметрические методы оценки показателей надежности, установленные в РД 50-690-89, применяют для экспоненциального, нормального, логнормального и диффузионных распределений и распределения Вейбулла в ситуациях, указанных в таблице 1.

В непараметрическом методе задача определения функции распределения и ее параметров не ставится. Необходимо оценить значения показателей надежности оцениваемого оборудования по эксплуатационным данным.

Недостатком представленной методики является ее статистический характер. Показатели, подлежащие оценке, являются усредненными за крупный временной период, поэтому прогноз с такими данными без учета причинно-следственных связей и функционального анализа моделей надежности объектов носит приближенный характер.

Таблица 1 – Типовые ситуации для параметрического метода оценивания показателей надежности

Обозначение типовых ситуаций	Краткое описание типовых ситуаций
ТС-1	Однотипные изделия находятся в одинаковых условиях и показатели надежности этих элементов одинаковы
ТС-2	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Известны отношения параметров законов распределения элементов
ТС-3	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Известны диапазоны изменения отношения параметров в зависимости от нахождения в тех или иных условиях
ТС-4	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Заведомо известно, что показатели в одних условиях больше, чем в других

Проблема отсутствия представительных выборок об отказах в отдельных случаях делает нецелесообразным выполнение рекомендаций РД 50- 690-89 и аналогичных документов.

Анализ параметров оборудования

На рисунке 1 представлена структурная схема блока анализа параметров оборудования, предлагаемого для реализации.

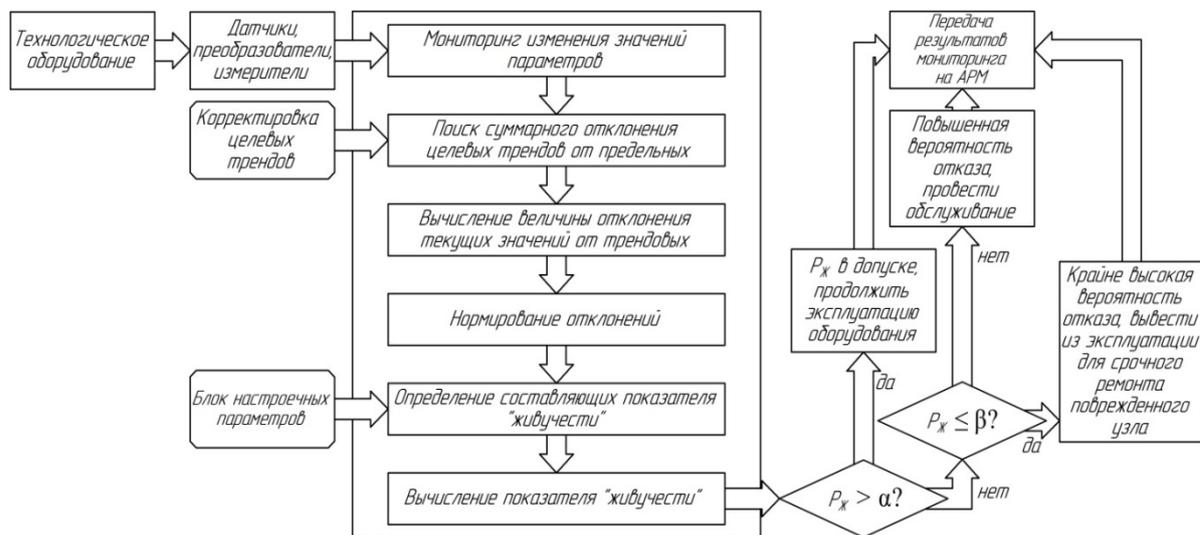


Рис. 1 – Структурная схема блока автоматизированного анализа параметров оборудования

С технологического оборудования, подключенного к системе мониторинга, при помощи различных датчиков, измерителей и преобразователей собираются значения определенных параметров, которые затем поступают в блок анализа.

В блоке, в режиме реального времени строятся тренды изменения считанных параметров. После этого, определяются суммарные отклонения целевого тренда от предельных значений параметров. Требуется отметить, что первоначально целевые тренды для всех параметров задаются предприятием, эксплуатирующим оборудование, а затем корректируются по результатам плановых ТО.

Следующим этапом работы блока является определение величины отклонения реальных значений параметров от значений целевых трендов в соответствующие моменты времени. На этом этапе крайне важно учесть направление отсчета отклонений. Все получившиеся отклонения затем суммируются для вычисления накопленного максимального отклонения.

Для дальнейшего использования обработанных данных требуется нормировать полученные в предыдущем этапе суммарные отклонения. Нормирование отклонений осуществляется с помощью отношения суммарного отклонения реальных значений от целевых к суммарному отклонению целевого тренда от предельных значений.

Далее, блок анализа приступает к вычислению составляющих показателя живучести. При этом предприятием, эксплуатирующем оборудование, для каждого типового отказа задаются значения настроечных параметров.

Финальный этап работы блока – вычисление показателя «живучести». Для каждого момента времени определяется конкретное значение, которое затем сравнивается с двумя показателями, α и β – граничные значения показателя «живучести». Показатель α соответствует верхней границе «живучести» оборудования, при достижении которой возрастает вероятность того, что исследуемый отказ проявится до планового технического обслуживания. Нижняя граница «живучести» определяется показателем β . При достижении этого значения, а также его дальнейшим снижением, которое также можно оценить с помощью прогноза, вероятность преждевременного выхода оборудования из строя крайне высока и поэтому требуется вывести его из эксплуатации для срочного внепланового ремонта или обслуживания поврежденного узла.

Наглядно представим расчет показателя «живучести». В таблице 2 представлены диагностические параметры и соответствующие им виды трендов.

Таблица 2 – Параметры исследования

Диагностический параметр	Вид тренда
Напор	нормальный
Температура подшипника	возрастающий
Виброскорость узла	нормальный

На рисунке 2 представлена диаграмма изменения показателя «живучести» для исследования.



Рис.2 – Диаграмма изменения показателя «живучести» для исследования

Из диаграммы видно, что показатель «живучести» довольно рано выходит на стабильный уровень и изменяется в диапазоне [0,930; 0,932] вплоть до времени планового ТО.

Все результаты предыдущих этапов передаются на АРМ в виде таблиц и трендов. Также, на АРМ поступают рекомендации для обслуживающего оборудования персонала.

Заключение

В рамках исследования была рассмотрена одна из ключевых задач рациональной эксплуатации агрегатов нефтеперерабатывающих заводов – мониторинг состояния оборудования. Несвоевременный контроль над повышающимися эксплуатационными и функциональными показателями установок приводит к внезапным поломкам и авариям.

Был разработан блок анализа, принцип работы которого основан на определении показателя «живучести» – безразмерной величины, отражающей способность оборудования сохранять работоспособность до наступления момента технического обслуживания, а также прогнозировать возможность эксплуатации агрегата без проведения ТО при сохранении на прежнем уровне трендов основных диагностических параметров.

Список литературы

1. ГОСТ Р 27.003-2011 Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство по заданию технических требований к надежности. – Введ. 14.12.2011. – М. : Стандартинформ, 2013. – 20 с.
2. ГОСТ Р 27.001-2009 Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения. – Введ. 01.09.2010. – М. : Стандартинформ, 2010. – 11 с.
3. РД 50-690-89 Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. – Введ. 01.01.1991 – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1991. – 132 с.

05.13.06

С.А. Канаев, М.Ю. Молозина, О.В. Москаленко, А.Е. Аблаева

МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт комплексной безопасности и специального приборостроения,
кафедра Приборы и информационно-измерительные системы,
Москва, ksa.cnt@mail.ru, mkv35@mail.ru

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК МУЛЬТИСЕНСОРНОГО ДАТЧИКА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

В статье рассматриваются особенности схемной и конструктивной реализации мультисенсорного датчика воздушного потока. Рассмотрены особенности реализации датчика с использованием комбинации калориметрических и термоанемометрических методов измерения скорости воздушного потока. Приведены преимущества и недостатки данного метода измерения скорости воздушного потока.

Ключевые слова: скорость воздушного потока, датчик воздушного потока, калориметрический датчик, термоанемометрический датчик, калибровка и термокомпенсация.

В системах управления технологическими процессами тонкой химической технологии, системах очистки воздуха помещений полупроводниковых производств, аппаратуре медицинского назначения (спирометрах, спироанализаторах [1], системах искусственной вентиляции легких) необходимы датчики воздушного потока с широким диапазоном измерений и высокими динамическими характеристиками.

Одним из перспективных типов датчиков воздушного потока, являются тепловые калориметрические и термоанемометрические датчики, выполненные с применением современных материалов, интегральных и МЭМС технологий. Датчики данного типа имеют исключительно высокую разрешающую способность и динамические характеристики [2-4]. Реализация преимуществ тепловых датчиков возможно только при условии использования современных схемных и алгоритмических решений, методик и оборудования для их индивидуальной калибровки [5].

В современных термоанемометрических датчиках пленочный нагревательный элемент, расположенный на подложке из материала с низкой теплопроводностью, помещается в газовый поток. При изменении скорости воздушного потока, вследствие явления теплопереноса изменяется температура нагревательного элемента. Задача аналоговой или цифро-аналоговой схемы включения - поддерживать постоянную разность температур между температурой воздушного потока (которая измеряется отдельным датчиком температуры) и нагревательного элемента. Этот процесс реализуется с помощью управляемых источников опорного напряжения или тока, питающего нагревательный элемент. Скорость газового потока является функцией изменения управляющего напряжения или тока.

Калориметрический датчик включает нагревательный элемент (Рис.1), питание которого, как правило, осуществляется от опорного источника постоянного напряжения или тока. В непосредственной близости, по сторонам от нагревательного элемента, размещаются два (для одновекторного) датчика температуры или более (для многовекторных). Нагревательный элемент создает "тепловое пятно", которое равномерно разогревает область установки датчиков температуры. По мере увеличения скорости воздушного потока, тепловое пятно смещается. Скорость газового потока является функцией разности температур термодатчиков. Особенностью данного метода измерения является возможность определения направления потока газовой смеси.

Основное преимущество калориметрических датчиков заключается в высокой чувствительности (у некоторых типов датчиков до 0,0003 м/с) и лучших динамических характеристиках (например, у датчика MFS02 время отклика меньше 10 мс [6]). При увеличении скорости воздушного потока тепловое пятно смещается за область расположения датчиков температуры, что приводит к переходу в область насыщения. Поэтому главным недостатком калориметрического метода измерений является практическая сложность измерения воздушных потоков с высокой скоростью. Термоанемометрический метод, позволяет измерять параметры воздушных потоков с высокой скоростью (например, датчик MFS-02 [6] в термоанемометрическом режиме до 150 м/с).

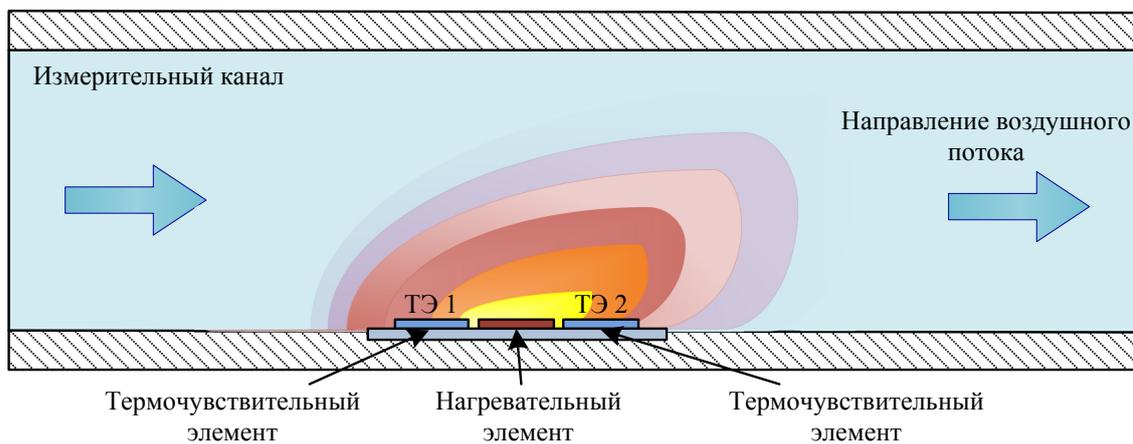


Рис.1 – Размещение элементов калориметрического датчика

Существуют датчики, которые допускают работу в двух режимах работы: калориметрическом и термоанемометрическом. В этом случае, при условии применения современной элементной базы, можно реализовать адаптивные варианты схемы включения, допускающие динамическую смену режима в реальном масштабе времени. При низких скоростях воздушного потока используется калориметрический режим, а после превышения определенного порога - термоанемометрический.

Другим возможным подходом, позволяющим реализовать преимущества двух методов измерений, является применение мультисенсорных датчиков, электронный блок которых, включает каналы для подключения нескольких сенсорных элементов работающих в разных режимах.

На Рис. 2 представлена схема разработанного электронного блока, который включает два независимых канала подключения датчиков, один из которых работает в калориметрическом режиме, а второй в термоанемометрическом. Параметры схемы оптимизированы для подключения датчиков воздушного потока MFS02 [6] фирмы IST, которые допускают работу в калориметрическом и термоанемометрическом режиме.

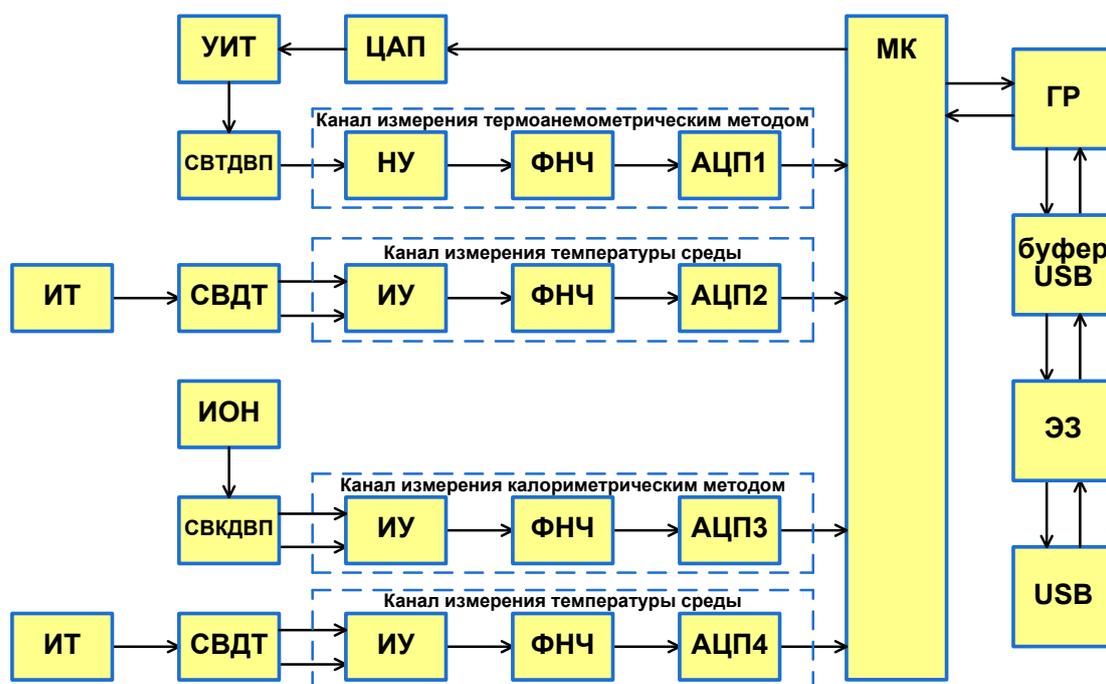


Рис.2 – Структурная схема электронного блока мультисенсорного датчика воздушного потока

Особенностью схемы термоанемометрического канала является полный отказ от аналоговой схемы включения датчика, которая является традиционной для термоанемометров. Поддержание постоянной разности температур между нагревательным элементом и температурой среды осуществляется с помощью цифровой схемы управления на базе микроконтроллера. Канал управления мгновенным значением мощности нагревательного элемента включает цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), к выходу которого подключен управляемый источник тока (УИТ). Мгновенное значение падения напряжения на нагревательном элементе выделяется и масштабируется нормирующим усилителем (ИУ). С выхода ИУ сигнал через фильтр нижних частот (ФНЧ) поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Мгновенное значение температуры нагревательного элемента определяется по известным мгновенным значениям падения напряжения, тока питания и его температурной характеристики, полученной путем индивидуальной калибровки. Для измерения мгновенного значения температуры среды реализован канал измерения температуры на базе пленочного платинового термопреобразователя сопротивления входящего в состав датчика. Он включает: источник тока (ИТ), схему включения датчика температуры (СВДТ), измерительный усилитель (ИУ), фильтр нижних частот и аналого-цифровой преобразователь. Параметры электронного блока обеспечивают работу датчика MFS02 в режимах, полностью соответствующих паспортным. В экспериментальном образце проводилось исследование оптимальных параметров каналов АЦП и ЦАП.

Для экспериментальных целей были выбраны 16-и разрядные преобразователи с максимальной частотой дискретизации 400 кГц. Такой подход обеспечивает возможность исследовать влияние параметров каналов АЦП и ЦАП (разрядности и частоты дискретизации) на стабильность и параметры качества схемы управления термоанемометрическим режимом.

Микроконтроллер вычисляет мгновенное значение разности температур нагревательного элемента и среды и реализует цифровой алгоритм управления, который обеспечивает ее постоянное значение.

Калориметрический канал выполнен по классической схеме. Питание нагревательных элементов и схемы включения термодатчиков осуществляется постоянным напряжением, которое формируется буферизованным источником опорного напряжения (ИОН).

Термодатчики включены в противоположные диагонали измерительного моста, выходной дифференциальный сигнал которого усиливается с помощью измерительного усилителя (ИУ) и через ФНЧ поступает на вход АЦП. Величина разбаланса моста является функцией скорости воздушного потока. Калориметрический канал также включает канал измерения температуры среды, аналогичный термоанемометрическому каналу. Температура среды в калориметрическом режиме используется при реализации алгоритма термокомпенсации, в реальном масштабе времени. В калориметрическом канале применяется тип АЦП, соответствующий термоанемометрическому каналу. Ввиду отсутствия необходимости реализации контура управления, частота дискретизации в калориметрическом канале может быть снижена до значения соответствующего нескольким кГц (для датчика MFS02). Тем не менее, в каналах тепловых датчиков повышение частоты дискретизации позволяет применять эффективные алгоритмы цифровой фильтрации, позволяющие увеличить соотношение сигнал/шум, что является важным, особенно для термоанемометрического режима.

Для компенсации систематических составляющих погрешности мультисенсорный датчик после монтажа в корпусе проходит процедуру индивидуальной калибровки, которая осуществляется на автоматизированном стенде на базе поршневого дозатора [7]. Для подключения к стенду экспериментального образца электронного блока используется гальванически изолированная версия интерфейса USB, реализующая технологию "виртуальный COM-порт".

Экспериментальный образец электронного блока конструктивно выполнен на четырехслойной печатной плате и предполагает использование модуля датчика MFS02.PEXP.0 (Рис. 3). В серийном варианте электронного блока предполагается конструктивная компоновка в виде комплекта печатных плат: платы процессора (цифровая часть схемы, каналы ЦАП и АЦП), модулей датчиков и гибкой профильной печатной платы. Гибкая профильная печатная плата предназначена для сопряжения модулей датчиков с платой процессора и обеспечения возможности осевого пространственного размещения датчиков в измерительном канале. Предполагается два варианта исполнения электронного блока с двумя и четырьмя каналами подключения тепловых датчиков.

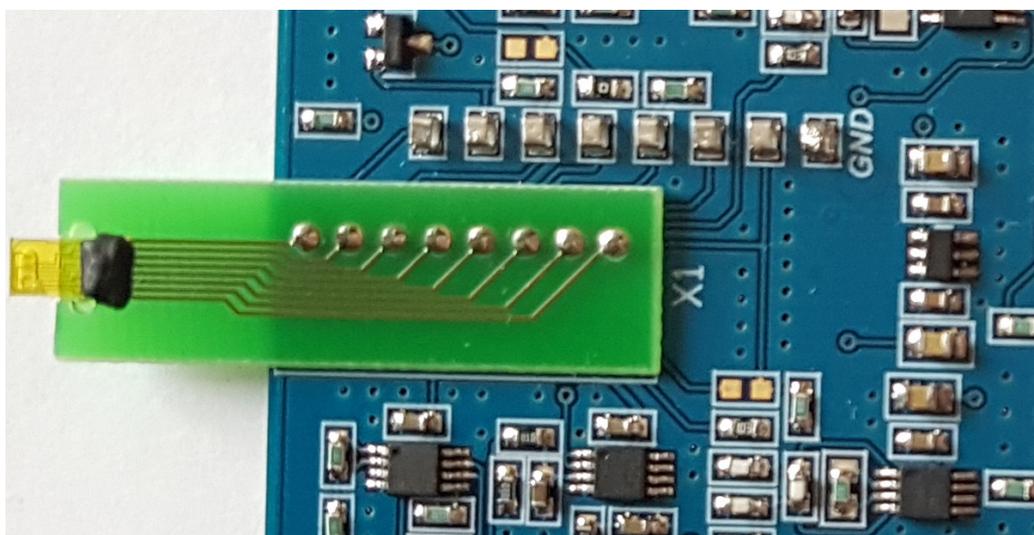


Рис.3 – Фрагмент печатной платы экспериментального образца электронного блока с установленным модулем датчика MFS02.PEXP.0

Несмотря на более высокую стоимость и сложность схемной и конструктивной реализации, тепловые мультисенсорные датчики имеют ряд преимуществ, связанных с улучшением технических параметров (прежде всего точности и динамических параметров). Одним из перспективных направлений развития данной технологии является разработка специализированных систем на кристалле ориентированных на управление многорежимными тепловыми датчиками и реализацию совместной обработки измерительной информации.

Список литературы

1. *Канаев С.А., Конькова А.С., Молозина М.Ю., Москаленко О.В., Торчинская А.В.* Особенности аппаратно-программной реализации электронного блока для мобильного спирометрического комплекса // *Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: сборник трудов XXVI Международной научно-технической конференции – Алушта, – М.: Издательский дом "Медпрактика-М", 2017. – С. 189–190*
2. *Kuo, Jonathan & Yu, Lawrence & Meng, Ellis.* (2012). Micromachined Thermal Flow Sensors— A Review. *Micromachines*. 3. 550-573. 10.3390/mi3030550.
3. *Elwenspoek, M.* (1999). Thermal flow micro sensors. *IEEE Transactions on Magnetics - IEEE TRANS MAGN*. 2. 423 - 435 vol.2. 10.1109/SMICND.1999.810580.
4. *Glatzl, Thomas & Cerimovic, Samir & Steiner, Harald & Talic, Almir & Beigelbeck, Roman & Jachimowicz, A. & Sauter, Thilo & Keplinger, Franz.* (2016). Hot-film and calorimetric thermal air flow sensors realized with printed board technology. *Journal of Sensors and Sensor Systems*. 5. 283-291. 10.5194/jsss-5-283-2016.
5. *Канаев С.А., Конькова А.С., Молозина М.Ю., Москаленко О.В., Торчинская А.В.*, Электронный блок сенда калибровки и термокомпенсации портативных термоанемометрических спирографов и спироанализаторов // *Научно-технический вестник Поволжья – 2019. – №8. – С. 41-44*
6. Техническая документация на датчик MFS02: [Электронный ресурс]. IST AG Headquarters (CH) URL: https://www.ist-ag.com/sites/default/files/dfmfs02_e.pdf. (Дата обращения: 10.10.2021)
7. *Канаев С.А., Конькова А.С., Молозина М.Ю., Москаленко О.В.*, Аппаратно-программный комплекс для калибровки термоанемометрических и калориметрических датчиков воздушного потока // *Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: сборник трудов XXIX Международной научно-технической конференции – Алушта, – СПб.: ГУАП, 2020. – С. 163-164*

05.13.06

**А.А. Попов канд. техн. наук, Д.В. Рогова, Я.И. Шамлицкий канд. техн. наук,
И.Г. Перевалов, Д.В. Митюхин, А.В. Кукарцев**

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра информационно-управляющих систем,
Красноярск, dasha_28_05@mail.ru

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРОПОТОКА

Целью исследования является анализ современного состояния пассажирских перевозок населенного пункта с дальнейшим внедрением программно-аппаратных средств в городскую инфраструктуру. В статье проводится анализ способов получения информации о состоянии городских перевозок, обосновывается их актуальность и необходимость. Описывается роль технических и программных средств мониторинга пассажиропотока, классифицируются их типы и области применения.

Ключевые слова: *мониторинг пассажиропотока, городской транспорт, подсчет пассажиров, программный продукт, Сpp.*

Введение

В настоящее время одним из наиболее эффективных инструментов получения информации о пассажиропотоках являются детекторы входа/выхода, которые находят все более широкое применение. Однако реализации эффективных способов получения информации, и как следствие, повышению уровня доступности транспортной инфраструктуры препятствует отсутствие систематизированных знаний о мониторинге пассажиропотоков с использованием детекторов входа/выхода и методических рекомендации по математической обработке информации, поступающей с этих детекторов [1].

Городской пассажирский транспорт общественного пользования (ГПТ ОП), является важнейшим элементом инфраструктуры города, он обеспечивает должное функционирование всех систем города. Экономическим назначением ГПТ ОП является предоставление населению транспортных услуг. Для эффективного оказания услуги необходимо обеспечить [2]:

- 1) Минимальные затраты общественно полезного времени в передвижениях;
- 2) Максимальный транспортный комфорт;
- 3) Минимальной себестоимости транспортной работы для транспортных предприятий.

В отсутствие ГПТ ОП зона охвата промышленных предприятий в плане трудовых ресурсов ограничивалась бы зоной пешеходной доступности, в которой в случае городов проживает незначительное количество населения, а в случае размещения предприятия за пределами города, возможна ситуация полного отсутствия жилых построек в пешеходной доступности. Одна из задач ГПТ ОП состоит в том, чтобы расширять эту зону и распространять ее на места проживания граждан. От эффективной работы ГПТ ОП зависит своевременная доставка работников к рабочим местам, а, следовательно, стабильность производственных циклов предприятий [3].

Исходя из вышеизложенного, степень эффективности работы ГПТ ОП напрямую влияет на все сферы деятельности населенных пунктов. В работе ГПТ ОП основным является не столько прибыльность транспортных предприятий, сколько экономический эффект, который достигается путем снижения транспортных расходов населения [4].

В крупных городах, существует значительная проблема перегрузки уличной сети личными автомобилями, что создает серьезные препятствия для нормального функционирования транспортной сети. Реформа ГПТ ОП должна проводиться не обособлено, а в координации с реформами всех связанных с дорожным движением системами, а также сопровождаться применением административно-правовых и экономических механизмов, под воздействием которых для населения станет удобнее использование общественного транспорта, нежели личных автомобилей [5].

Конечной целью таких преобразований должно являться повышение пропускной способности улично-дорожной сети и повышение привлекательности общественного транспорта. Однако такая возможность реализуется только в том и только том случае, когда поездка в общественном транспорте будет рассматриваться как конкурентоспособная по сравнению с поездкой в легковом автомобиле [6].

Конкурентоспособность поездки на общественном транспорте оценивается пользователем по следующему ряду критериев [3]:

- 1) Низкая стоимость проезда;
- 2) Быстрое передвижение общественного транспорта;
- 3) Хорошее техническое состояние подвижного состава;
- 4) Удобная маршрутная и остановочная сети;
- 5) Оптимальная частота движения;
- 6) Гибкость реагирования на суточные, недельные и сезонные колебания пассажиропотока;
- 7) Достаточное количество подвижного состава на маршрутах;
- 8) Предсказуемость общественного транспорта;
- 9) Удобство пересадок;
- 10) Удобная система оплаты проезда.

Можно выделить ряд направлений изменений для повышения конкурентоспособности общественного транспорта [6]:

- 1) Выделение отдельных полос для движения общественного транспорта;
- 2) Выделение дотаций транспортным предприятиям;
- 3) Сдерживание роста цен перевозки;
- 4) Контроль за состоянием подвижного состава.

Одной из особенностей пассажирских перевозок в российских населенных пунктах является низкий уровень их организации. Это связано в том числе с отсутствием профессионального анализа транспортных потоков при проектировании маршрутных сетей [1].

В связи с ростом числа личных автомобилей у населения при недостаточном развитии улично-дорожной сети, проявляется проблема оптимизации перевозок пассажиров. Система перевозок должна быть направлена на динамическое реагирование к изменяющимся условиям окружающей среды. Особое внимание в этом вопросе следует уделить прогнозированию пассажиропотока по времени суток и дням недели, а также прогнозированию дорожных условий и проработке реакций на такие изменения [2, 5].

В данный момент большинство транспортных компаний не имеют достоверной информации о перевозимых пассажирах по времени суток, по колебаниям в часы пик, а также сезонным колебаниям пассажиропотока. Это вызывает значительные трудности в планировании графика движения, так как неизвестно, сколько может понадобиться подвижного состава для удовлетворения текущих транспортных потребностей населения. Решение этой проблемы заключается в краткосрочном прогнозировании пассажиропотока, которое позволит с большой вероятностью посчитать загруженность маршрута, отдельных его участков, для корректирования количества подвижного состава, на маршруте.

Методы определения безопасности дорожного движения

Основная задача датчиков в общественном транспорте – сбор информации о количестве перевезенных пассажиров. Дополнительными задачами в зависимости от типа датчиков

могут быть, обработка и хранение информации, аутентификация пассажиров. На основании информации, полученной с множества датчиков как с одного маршрута, конкретных остановок, всей общественной транспортной сети, можно произвести анализ об пассажиропотоке на определенном участке в определенном момент времени. Для выполнения такого анализа необходимо:

- 1) Определить тип используемых датчиков или их совокупность;
- 2) Установить и настроить датчики;
- 3) Настроить и обеспечить реагирование транспортной сети населенного пункта на изменения пассажиропотока, расчетные или фактические, в оперативном промежутке времени.

Более подробно остановимся на определении типа используемых датчиков, рассмотрев имеющиеся варианты:

Контактно-турникетный способ. При данном способе на одну из дверей устанавливается турникет. Преимущество такого способа – практически стопроцентная фиксация пассажиров. Относительная простота обслуживания и надежность системы. Дополнительным преимуществом является возможность совмещения датчика с системой оплаты. При этом система не лишена недостатков, установка турникетов на все двери не возможна по причине использования общественного транспорта в том числе гражданами с ограниченными физическими возможностями. В связи с этим появляется обременение по контролю недопущения входа граждан через входы, не оснащенные турникетом.

Датчики массы. При данном способе на входах общественного транспорта устанавливаются нажимные датчики. Преимущество такого способа – габариты датчиков. Однако недостатков гораздо больше, здесь и высокий износ датчиков в связи с тем, что их принцип действия – механический, и недостаточный процент зафиксированных пассажиров в связи с тем, что в общественный транспорт можно попасть, минуя ступени транспорта, и возможность ложных срабатываний датчика, в связи с тем, что в часы-пик пассажиры могут находиться на ступенях в течении длительного времени.

Инфракрасные датчики. При данном способе на крыше общественного транспорта располагаются инфракрасные датчики, направленные на входы в транспорт. Пожалуй, единственным преимуществом является – низкая стоимость таких датчиков. А главным недостатком является малая точность детектирования.

Камеры. При данном способе на крыше общественного транспорта располагаются камеры видеонаблюдения. Преимуществами этого способа являются возможность просмотра информации в режиме онлайн, возможность проверки статистических данных операторами, возможность контроля обстановки в салоне транспортного средства. Недостатки также имеются: вопросы конфиденциальности данных граждан, надежность камер, так, постоянные вибрации транспортного средства могут приводить к преждевременному выводу датчиков из строя.

Настройка датчиков также заслуживает внимания, существует два основных способа: постоянная передача потока данных и передача частично обработанных данных в определенные периоды времени.

Постоянная передача потока данных имеет следующие преимущества:

- 1) Оперативный доступ к информации;
- 2) Надежность данных, так как исключена возможность вмешательства в данные на датчике.

Недостатками же являются:

Высокая нагрузка на сеть. Если в масштабах одного транспортного средства поток данных кажется незначительным, масштабировав поток на всю транспортную структуру населенного пункта, то для преодоления нагрузки придется нести повышенные расходы как на создание сети, так и на ее поддержание;

Высокая нагрузка на сервер. Аналогично ситуации с сетью, серверу необходимо будет обрабатывать данные поступающие со всего населенного пункта или его части, в случае если

населенный пункт достаточно большой, чтобы установка отдельных серверов на районы была экономически обоснована, однако при этом потребуется разворачивать дополнительный сервер для обработки данных уже серверов, или же изначально делать один из серверов ведущим, что также приводит к повышенным расходам и понижению надежности всей системы в целом, так как выход такого сервера из строя приведет к выходу из строя всей системы крупного населенного пункта.

Передача частично обработанных данных в определенные периоды времени имеет следующие преимущества:

1) Снижение нагрузки на сервер, в связи с частичной обработкой информации самими датчиками;

2) Снижение нагрузки на сеть, в связи с передачей не «сырой» информации, а уже частично обработанной, что ведет к значительному снижению объема передаваемой информации.

Однако недостатками является:

1) Увеличение стоимости датчиков, так как при их проектировании придется учитывать то, что они должны будут обрабатывать информацию;

2) Снижение надежности системы, так как злоумышленники могут получить доступ не к потоку информации, а к уже обработанной информации за определенный период времени, а что самое опасное, внести в него изменения.

Применение различных датчиков мониторинга пассажиропотока является актуальным и востребованным даже с учетом выявленных особенностей их работы.

Имитационная модель эксперимента

Основная задача любой системы мониторинга - повысить отказоустойчивость системы и при этом иметь оперативный доступ к информации. При внедрении предлагается концепция системы с независимыми узлами. В каждом транспортном средстве будет находиться независимый вычислительный узел. Все необходимые вычисления (анализ данных с устройств, подсчет пассажиров, привязка данных к геолокации и времени) будет производиться на нем. Данные записываются в «черный ящик». При этом, через определенный промежуток времени, каждое устройство выходит на связь с сервером и передает готовый отчет. Следовательно, мы имеем фактически оперативный доступ к данным. При этом:

1) Нагрузка на сервер снижена ввиду того, что все вычисления перенесены на отдельные узлы системы;

2) Нагрузка на каналы связи снижена, так как пересылаются готовые отчеты, а не сырые данные;

3) Надежность системы не ниже, чем в случае с «черным ящиком», так как данные хранятся на контроллере;

4) Затраты на расширение системы снижаются ввиду того, что для обработки готовых отчетов с узлов не требуется больших вычислительных мощностей.

При построении данной системы необходимо учитывать запас мощности контроллеров на вычислительных узлах системы и скорость передачи данных по беспроводным каналам связи (если скорость будет маленькая, данные будут приходить с задержкой, а, следовательно, пропадает оперативный доступ к данным).

Подобную организацию системы можно использовать для решения других специфических задач: подсчет транспортного потока, поиск человека (использование алгоритмов распознавания лиц), регистрация дорожно-транспортных происшествий (использовать распознавание номеров) и т.д.

Реализация системы подсчета предусматривает под собой распределенную вычислительную архитектуру. Большая часть вычислительной нагрузки приходится на каждый отдельный узел. Для данной целевой задачи необходимо обеспечить достаточность вычислительных ресурсов. В качестве динамической обработки видеопотока, целесообразно применять интегрированную систему, состоящую из видеокамеры и одноплатного

компьютера. Данный компьютер должен содержать необходимый объем вычислительной мощности и специализированное аппаратное средство обработки видеопотока, при минимальных затратах. Система учета пассажиропотока обеспечивает непрерывный бесконтактный учет входящих и выходящих пассажиров через все двери транспортного средства и состоит из:

- 1) Электронно-оптических датчиков, количество которых определяется шириной дверного проема транспортного средства;
- 2) Контроллера для обработки событий входа и выхода пассажиров, регистрируемых датчиками, и связи с бортовым компьютером.

Максимальное количество электронно-оптических датчиков не ограничено техническими возможностями бортового комплекса и определяется в зависимости от количества дверей и типа транспортного средства. Таким образом, все двери транспортного средства могут быть использованы для посадки и высадки пассажиров.

В качестве решения нашей задачи был выбран счётчик пассажиров SM17016.02.00PЭ компании ШТРИХ-М. Его возможности и функционал:

- 1) Антивандальное исполнение;
- 2) Подсчет входящих и выходящих пассажиров;
- 3) Стереоскопические видеокамеры;
- 4) Стабилизатор напряжения питания;
- 5) Нечувствительность к перепаду освещения;
- 6) Хранение видеозаписи во внутренней памяти не менее 3-х суток;
- 7) Вывод на экран бортового компьютера информации о количестве вошедших и вышедших пассажиров;
- 8) Подключение к сторонним блокам мониторинга;
- 9) Возможность удаленной передачи данных на сервер транспортного средства по GSM сети;
- 10) Возможность построения отчётов на рабочем месте оператора по количеству вошедших и вышедших пассажиров за определенный период времени, по маршруту, по остановке и пр.

На рисунке 1 представлен счётчик пассажиров.



Рис. 1 – Счетчик пассажиров

Подсчёт пассажиров - Обеспечивает корректный подсчет выходящих пассажиров в толпе. Погрешность подсчета – не более 3%. Пример работы камеры, когда пассажир готовится к выходу и входит в автобус представлен на рисунках 2-3.

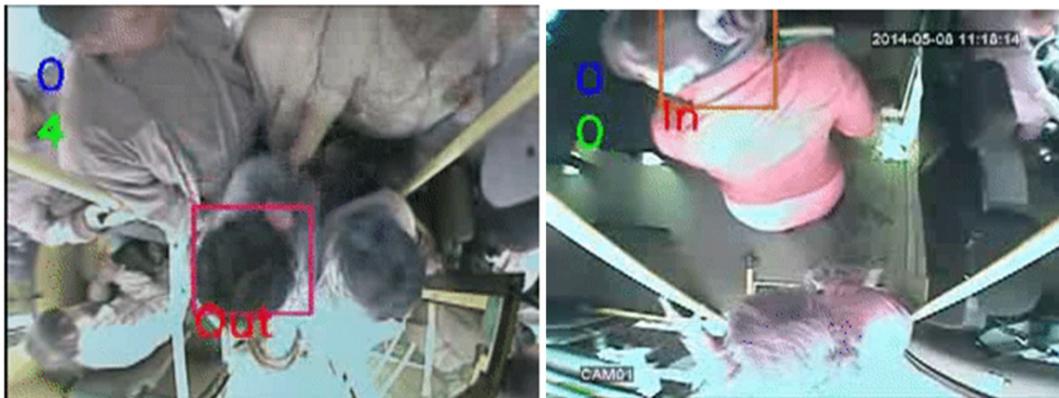


Рис. 2 – Пример работы камеры, где: Out – пассажир выходит из автобуса, In – пассажир входит в автобус

Вход и выход пассажиров- Корректный учет входящих пассажиров настраивается индивидуально, например, только при пересечении контрольной точки.

Ниже, на рисунке 3 представлена его структурная схема.

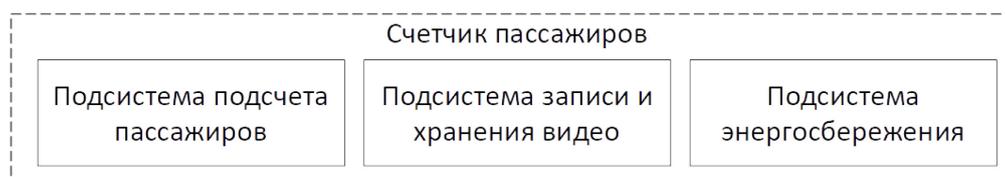


Рис. 3 – Структурная схема счётчика пассажиров

Подсистема энергосбережения – реализует функционал переключения Изделия в дежурный режим для защиты аккумулятора транспортного средства от сильного разряда. На рисунке 4 изображен алгоритм подсчёта пассажиров.

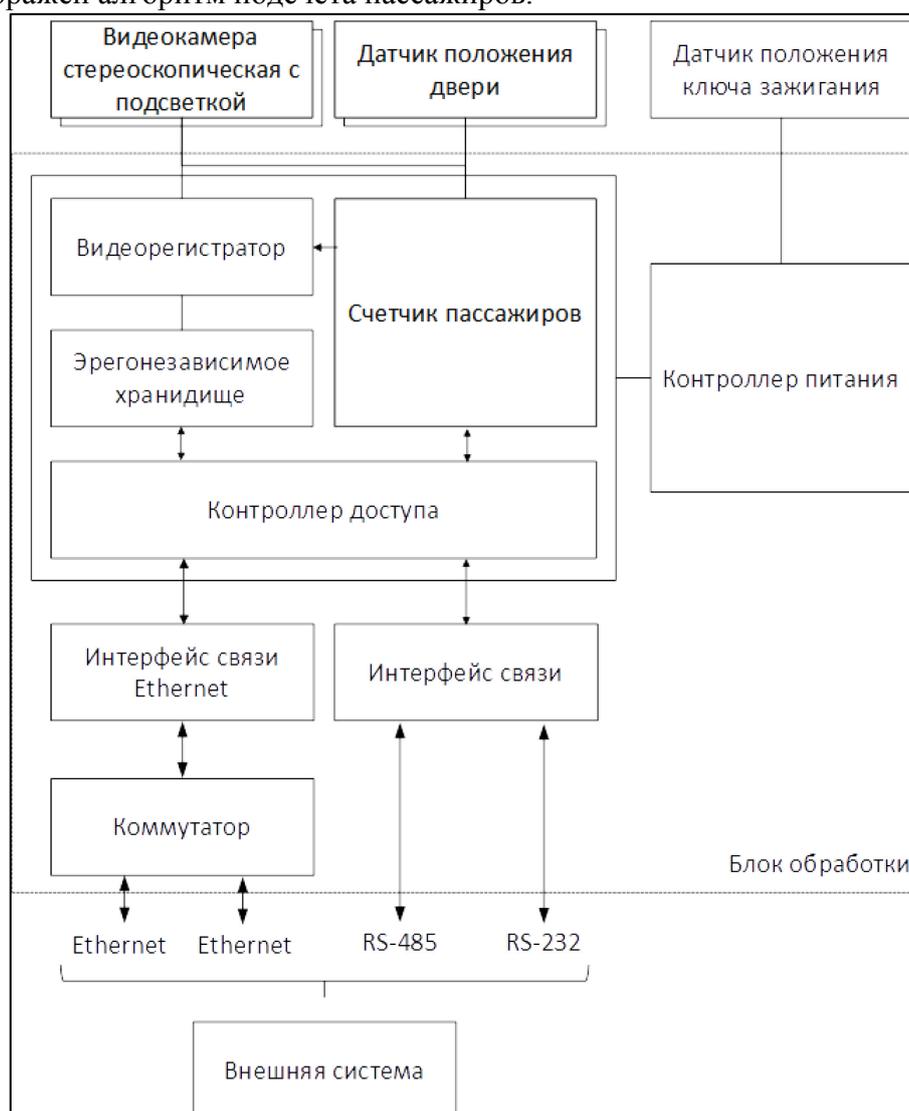


Рис. 4 – Алгоритм подсчёта пассажиров

Алгоритм подсчёта пассажиров начинает работать после открывания дверей, состояние которых определяется по состоянию штатного датчика положения дверей, и работает некоторое время после их закрытия. Метод подсчёта пассажиров основан на измерении стереоскопической видеокамерой расстояния до движущихся объектов. Решение о входе пассажира в транспортное средство или выходе из него принимается на основании анализа формы объекта и направлении движения. Настройка алгоритма включает: определение границы зоны контроля; – определение направления на вход и выход. Критерии принятия

решения о входе пассажира в транспортное средство: – Пассажир пересёк зону контроля в направлении «вход»; – Через 30 секунд после закрытия дверей, если пассажир вошёл в транспортное средство и остался в зоне контроля. Критерии принятия решения о выходе пассажира из транспортного средства: – Пассажир пересёк зону контроля в направлении «выход». – Через 30 секунд после закрытия дверей, если пассажир находился в зоне контроля и покинул её в направлении «выход».

Подсистема записи и хранения видео осуществляет видеозапись происходящего в зоне действия видеокамеры и хранение записанного во флэш-накопителе. Запись видео ведётся после открывания дверей и некоторое время после их закрытия. Подсистема энергосбережения может находиться в двух режимах: энергосбережение, работа. В режиме работы изделие находится при наличии напряжения питания и если ключ зажигания находится в положении «включено». В режим энергосбережения изделие переходит из режима работа:

- 1) После перевода ключа зажигания в положение «выключено»;
- 2) Через 90 минут после перевода ключа зажигания в положение «включено», если программное обеспечение не запустилось;
- 3) Через 5 минут, если после успешного запуска программного обеспечения произошёл сбой в его работе.

Для взаимодействия с внешними системами в изделии имеются проводные интерфейсы:

- 1) Ethernet;
- 2) RS-485;
- 3) RS-232.

Конструктивно интерфейсы RS-232 и RS-485 имеют общий порт и не могут использоваться одновременно. Для обмена данными по этим интерфейсам внешнее устройство должно использовать протокол. При этом изделие участвует в обмене в качестве ведомого устройства, а внешнее в качестве ведущего.

Заключение

Программно- аппаратные средства детектирования городского пассажиропотока позволят найти наиболее эффективные сценарии управления общественным транспортом, осуществлять мониторинг загруженности в различные дни и часы, анализировать интенсивность и структуру пассажиропотока, повысить безопасность и эффективность транспортного процесса.

В дальнейшем планируется внедрение программно-аппаратных средств в городскую инфраструктуру.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках выполнения работ по договору о порядке целевого финансирования № 285 от 10.06.2021 г. заключенного между краевым государственным автономным учреждением "Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности" и обществом с ограниченной ответственностью "Модульные системы управления".

Список литературы

1. *Раюшкин Э.С., Колесникова В.О., Куликов С.А., Раюшкина А.А.* Моделирование распределения пассажиропотоков по различным видам общественного транспорта с учетом требований пассажиров. // Молодой ученый. 2018. Вып. 8. С. 28-31.
2. *Нефедов В.В., Русских, М.В., Меремкулов, А.К., Кушнаренко, И.В.* Краткосрочное прогнозирование пассажиропотоков на основе статистических данных. //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2013. Т. 175. Вып. 6. С. 95-99.
3. *Гудков В.А.* Пассажирские автомобильные перевозки: учеб. для вузов. М.: Горячая линия, 2004. 448 с.
4. *Адушкина А.С., Кудрина М.А.* Автоматизированная система обнаружения движения на видео. // Конференция информационные технологии и нанотехнологии: сб. тр. конф. Самара. Самара: Изд-во «Самарский научный центр РАН», 2015. С. 348–352.
5. *Кит М.Р., Плесовских С. В.* Организация системы для подсчета пассажиропотока. //Ученые заметки ТОГУ. 2013. Т. 4. Вып. 4. С. 1271-1277.
6. *Выскребенцев И.С.* Анализ факторов, влияющих на прогнозирование пассажиропотока и спрос на пассажирские перевозки. //Московский экономический журнал. 2020. Вып. 12. С. 789-796.

05.13.06

¹Д.П. Салова, ²Т.Г. Виноградова, ³Л.В. Селиверстова, ³П.М. Салов,
³Т.В. Каргузова, О.В. ³Васильева, ³Е.В. Васильева

¹ ЗАО Завод игрового спортивного оборудования,
² Чебоксарский институт (ф) Московского политехнического университета,
³ Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
tavin2008@mail.ru

КОЛЕБАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ПРОДОЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ

Обоснована суть механизма образования колебаний при внутреннем шлифовании, вызывающем появления волнистости на обрабатываемой поверхности и усиление самозаточиваемости эльборового круга. Доказано, что колебания возникают вследствие сложной траектории относительного неравномерного перемещения круга и заготовки, а также особенностей круглого внутреннего шлифования в условиях ограниченной жесткости технологической системы привода главного движения и искажения телесного контакта между кругом и заготовкой.

Установлено влияние реверсирования продольного перемещения на возникновение колебаний.

Выявлена роль крутильных колебаний в снижении вибраций и уменьшения шероховатости поверхности.

Ключевые слова: *ограниченная жесткость, шероховатость, волнистость, крутильные колебания, опережающие перемещения*

При шлифовании с продольной подачей в условиях ограниченной жесткости технологической системы привода главного движения неизбежно возникновение колебаний, при которых возможно существенное перераспределение усилий резания [1 - 10]. На поверхности образуется продольная постепенно затухающая волна, которая состоит из отдельных микроволн [1 - 4]. Их появление связывают с прецессией. Нами [4 - 6] установлено, что свою роль в появлении волнистости играет и продольная составляющая от сил резания – сила P_x . она действует на оправку, свободный конец которой отклонен от оси вращения усилиями P_y и P_z , что изменяет ее продольную устойчивость. при перемещении вглубь отверстия усилие P_x сжимает оправку, а после реверса – растягивает.

Высота волнистости и шероховатость на обработанной поверхности снижается, когда усилие P_x растягивает оправку.

Увеличение колебательных процессов в зоне реверсирования объясняется суммарным воздействием инерционности тел, изменением устойчивости оправки, непостоянством усилий резания, изменяющих взаимоположения круга относительно поверхности отверстия.

При шлифовании, как правило, присутствуют автоколебания и колебания, вызванные дисбалансом круга. Возможен процесс без автоколебаний, которые чаще всего запускаются колебаниями нормальной силы P_y . Устанавливающийся автоколебательный процесс характерен для квазистабильного процесса шлифования, как правило, в режиме устойчивого самозаточивания круга. При определении частоты колебаний и амплитуды учитывают две степени свободы при геометрически-скоростной связи колебательных контуров и двух податливостей – изгибной и крутильной [1 - 5].

Наибольшее влияние на параметры колебаний оказывают удельная подъемная, эквивалентная силы и силы вязкого сопротивления по осям y и z [5 - 10].

Нами установлено, что изменению частоты вращения в условиях ограниченной жесткости технологической системы способствуют окружные колебания. Расчеты показывают, что длинные оправки скручиваются по краю консоли на десятки градусов. При изменении нагрузки возникают крутильные колебания, которые сглаживают обрабатываемую поверхность.

Наложение волн различных частот, вызываемыми ограниченной жесткостью технологической системы привода главного движения, способствует уменьшению волнистости и шероховатости обработанной поверхности.

Динамическую устойчивость привода главного движения анализировали в работах [1, 2, 5 - 8, 10]. Она зависит от масс вращающихся элементов и конструкции шпиндельного узла: расстояние между опорами, длина консоли, размеры диска и другое, а также гироскопический момент инерции J_m . Доказано, что этот эффект проявляется на этапе выхаживания, что позволяет уменьшить волнистость и шероховатость обработанной поверхности при обеспечении работы круга в условиях, близких к теоретическим.

В работах [3, 11] для разработки математической модели, описывающей поведение шпиндельного узла, шпиндель представлен консольной балкой С.П. Тимошенко, а опоры – как составная кольцевая пластина. Математическая модель имеет вид [11]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{-d^2x}{dy^2} + \frac{\rho \cdot F \cdot \alpha}{G \cdot F + \alpha \cdot P_y} \cdot \omega^2 x - \frac{G \cdot F}{G \cdot F + \alpha \cdot P_y} \cdot \frac{-d\theta_z}{dy} = 0; \\ \frac{-d^2z}{dy^2} + \frac{\rho \cdot F \cdot \alpha}{G \cdot F + \alpha \cdot P_y} \cdot \omega^2 z - \frac{G \cdot F}{G \cdot F + \alpha \cdot P_y} \cdot \frac{-d\theta_x}{dy} = 0; \\ \frac{d\theta_x}{dy} + \frac{\rho}{E} \cdot \omega^2 \cdot \theta_x + \frac{\rho \cdot J_y \cdot \omega}{E \cdot J_x} \cdot i \cdot \omega \cdot \theta_z + \frac{G \cdot F}{\alpha \cdot E \cdot J_x} \left(\theta_x - \frac{dz}{dy} \right) = 0; \\ \frac{d^2\theta_z}{dy^2} + \frac{\rho}{E} \cdot \omega^2 \cdot \theta_z - \frac{\rho \cdot J_y \cdot \omega}{E \cdot J_z} \cdot i \cdot \omega \cdot \theta_x + \frac{G \cdot F \cdot J_y}{\alpha \cdot E \cdot J_x \cdot J_z} \frac{dx}{dy} = 0, \end{array} \right.$$

где θ_x, θ_z - углы поворота конца консоли; α - коэффициент, учитывающий неравномерность касательных напряжений по сечению консоли; ρ и F - плотность и площадь сечения консоли; G и E - модули сдвига материала оправки; J_x, J_y и J_z - моменты инерции.

Для определения гироскопического момента вращающихся элементов J_m их массу приравнивали к массе оправки, увеличенной на 20 % [7].

Критическую угловую скорость определяют из зависимости [7, 8]

$$\frac{1}{\omega_k} = \sqrt{\frac{1}{2}(\alpha_\omega \cdot m - \beta_\omega \cdot J_m) + \sqrt{\frac{1}{4}(\alpha_\omega \cdot m - \beta_\omega \cdot J_m)^2 + mJ_m(\alpha_\omega \cdot \beta_\omega - \gamma_\omega^2)}}$$

где m – вращающаяся масса привода; $\alpha_\omega, \beta_\omega, \gamma_\omega$ - коэффициенты влияния.

При одинаковых диаметрах консольной оправки длиной L и вала между опорами длиной a_L получено

$$\alpha_\omega = \frac{L^2}{3EJ}(a_L + L); \beta_\omega = \frac{1}{3EJ}(a_L + L); \gamma_\omega = \frac{L}{3EJ}(a_L + L),$$

где E – модуль упругости; J – момент инерции оправки.

Анализ исследований [1 – 8 и др.] показывает, что оптимальная виброустойчивость нежесткого вала при соотношении технологических сил резания $P_y = (6 \dots 8)P_x$, $P_z = (3 \dots 8)P_x$ должна удовлетворять условию $\frac{f_y}{f_x} = (25 \dots 50) \frac{l}{d}$, где l и d – длина и диаметр вала.

Как показано в исследованиях [4] оптимальные условия работы круга обеспечиваются за счет его опережающих перемещений. Величина их такова, которая полностью компенсируется при заданных усилиях резания. То есть реализуется процесс, когда круг контактирует с поверхностью отверстия по криволинейному прямоугольнику, обеспечивая квазиконгруэнтный контакт.

Выводы при работе:

1. Работа объясняет причины появления вибраций при внутреннем шлифовании глубоких отверстий и дает рекомендации по их снижению.
2. Впервые выявлена роль усилия P_x в появлении колебаний.
3. Впервые выявлена роль крутильных колебаний.

Список литературы

1. Прилуцкий В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей: Монография в 2-х т./В.А. Прилуцкий. М.: Машиностроение, 2012. – Т.1 – 306 с.; Т.2 – 277 с.
2. Аршанский М.Н. Вибродиагностика и управление точностью обработки на металлорежущих станках / М.Н. Аршанский, В.П. Щербаков. М.: машиностроение, 1988. – 136 с.
3. Инасаки И. Вибрации при шлифовании. Причины и меры предотвращения / И. Инасаки// Кикай-ко, КЭНКЮ, 1973. Т.25. №8, С. 993-999.
4. Рациональное использование эльборовых кругов при шлифовании глубоких отверстий / Д.П. Салова, Е.П. Шалунов, С.С. Сайкин и др.// Научно-техн. вестник Поволжья, №1, 2020. – С. 59-61.
5. *Zakharchenko M.Y., Kochetkov A.V., Salov P.M., Zakharov O.V.* New system of functional parameters for surface texture analysis. *Materials Today: Proceedings*, 2021. Vol. 38. Pp. 1866-1870. DOI:10.1016 / j. matpr. 2020.08.488.
6. *Zykova M., Zaides S., Bodrovskij N., Quang L.H., Levitskih O., Salov P., Lukyanov A.* Calculating the process of straightening low-stiff cylindrical parts by cross-rolling with smoothplates. *IOP Conference series: Earth and Environmental Science* 315 (2019) 05244. IOP Publishing.
7. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов / Г.С. Маслов. М.: Машиностроение, 1980. – 151 с.
8. Петасюк Г.А. Осевая жесткость шлифовальных кругов прямого профиля из СТМ / Г.А. Петасюк, В.И. Лавриненко // Сверхтвердые материалы – 1993. - №6. – с. 47-52.
9. *Zakharov O.V., Brzhozovskij B.M.* Accuracy of centering during measurement by roundness quaques. *Measurement Techniques*, 2006, Vol. 49. Pp. 1094 - 1097. DOI:10.1007 / s 11018 – 006 – 0242 - 1.
10. *Grechnikov F.V., Rezhnikov A.F. and Zakharov O.V.* Iterative Method of Adjusting the Radius of the Spherical Probe of Mobile Coordinate – Measuring Machines When Monitoring a Rotation Surface. *Measurement Techniques*, 2018, Vol. 61. Pp. 347-352. DOI:10.1007 /s 11018-018-1432-3.
11. Колев К.С. Экспериментальное определение динамических характеристик шпиндельного узла /К.С. Колев, Л.Х. Бадалян// сб. качество и режимы обработки материалов. – Орджоникидзе: Сев. Осет. гос. Ун-т, 1987. – С.30-32.

05.13.06

¹В.С. Соболев, ²А.А. Зинченко, ¹И.В. Антипенко, ¹Л.Н. Козаченко, ³П.А. Дараган¹Керченский государственный морской технологический университет,
Керчь. sobolslava02@gmail.com, a.sofi@mail.ru, sudovod@mail.ru,²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, zinchenkoa@smtu.ru,³Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,
Новороссийск, daraganp@gmail.com

ИНТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Математического описания реакции САР на случайные воздействия — это оценка точности слежения и стабилизации, а также выработка мер по минимизации ошибок регулирования, обусловленных шумами. В первом приближении интересуют всего несколько величин, достаточно просто и в то же время подробно характеризующих влияние шумов на САР. Целью исследований являлось когнитивный анализ математической модели случайных процессов САР. Методы исследований вероятностно-статистического описания оперирует понятиями и терминами теории вероятностей и математической статистики, такими как среднее значение, дисперсия или стандартное отклонение, плотность вероятности, среднеквадратическая ошибка.

Ключевые слова: когнитивный анализ, математические модели, случайные процессы, системы регулирования.

Результаты исследований. Спектрально-временное описание шумов Наглядным представлением поведения шума с течением времени является осциллограмма (рис.1). Значения шума первого источника изменяются сравнительно очень быстро, второго источника медленнее, а третьего еще медленнее. Четвертый источник выдает сигнал с медленно и в небольших пределах изменяющимися по случайному закону частотой, амплитудой и начальной фазой, близкий к синусоидальному.

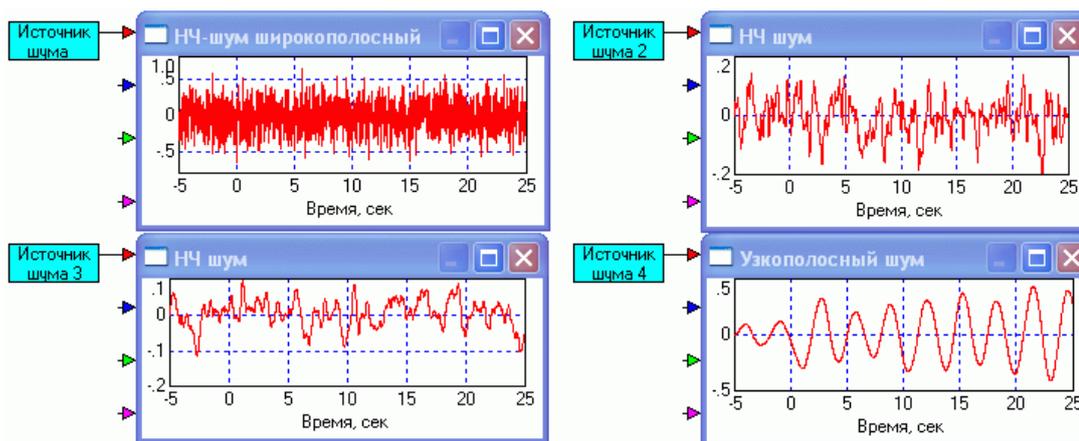


Рис. 1 – Примеры осциллограмм узкополосного

Отметим, что на осциллограммах приведены т.н. конкретные реализации шумов, которые на другом интервале времени будут выглядеть хотя и похоже, но иначе. Важной численной оценкой шума является его мощность, которая не зависит от конкретной наблюдаемой реализации шума. Мощность шума вычисляется как среднее за достаточно длительный период наблюдения от квадрата шума [1-3].

Мощность шума, если он представляет собой электрическую величину, можно измерить ваттметром (рис.2). Мощность шумов следует понимать в обобщенном смысле. Если управляемой величиной являются электрические напряжение или ток, то это традиционная мощность. Но, если, например, управляемой величиной является температура, то термин "мощность" может употребляться здесь только в том смысле, что ее значение вычисляется как среднее за некоторый период времени от квадрата значений шумов температуры [3-5]. Смысл корреляционной функции в том, что определяется среднее за достаточно представительный интервал времени от произведения сигнала и его смещенной по времени на некоторую величину копии. Когда смещение равно нулю, то корреляционная функция просто равна средней мощности шума. Пока смещение сравнительно мало, корреляционная шума функция убывает с ростом смещения, а при больших значениях смещения, когда теряется корреляция между значениями шума и его смещенной копии, корреляционная функция близка к нулю [3, 6].

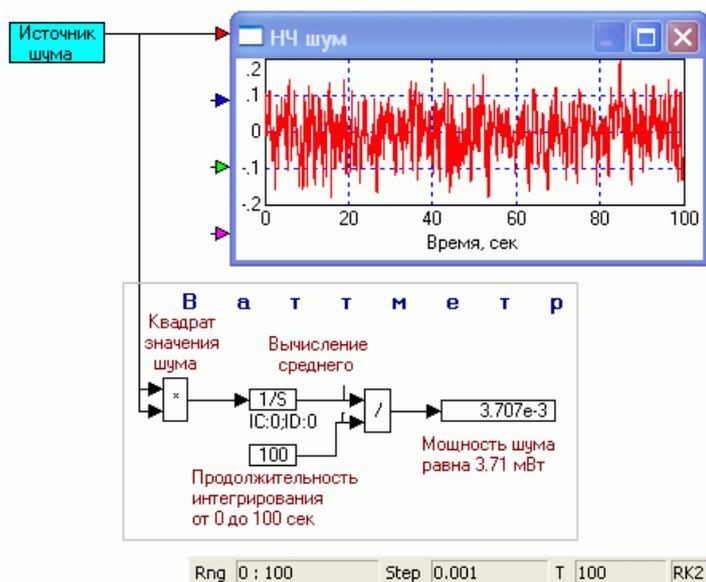


Рис. 2 – Измерение мощности шума моделью ваттметра

Значение корреляционной функции в нуле равно энергии сигнала, поскольку оно равно интегралу от квадрата амплитуды импульса, а деленное на длительность импульса дает его мощность [5, 7]. Значение корреляционной функции в нуле равно мощности шума [3]. Ширина корреляционной функции - это условная величина и может быть определена, например, на уровне, когда значение корреляционной функции уменьшается по сравнению с максимальным в e раз (или в 2 раза). Автокорреляционная функция выходного сигнала источника шума 2, осциллограмма которого приведена на рис. 3, имеет вид:

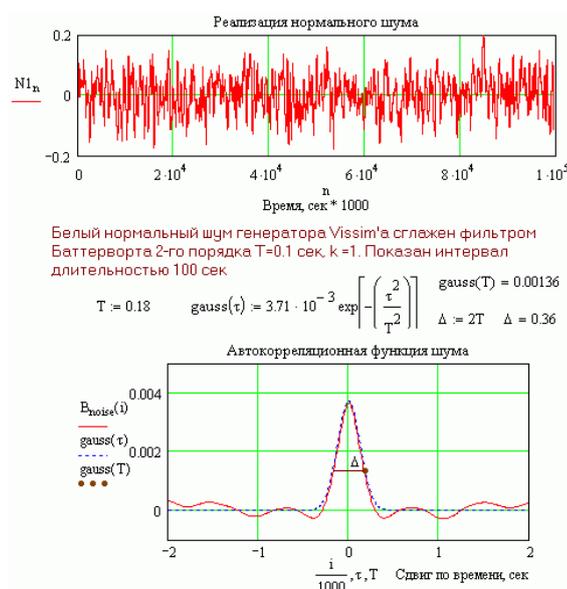


Рис. 3 – Автокорреляционные функции реальной выборки шума

Корреляционная функция идеального гауссова шума, условно говоря, вычисляется на бесконечном интервале интегрирования. Автокорреляционная функция шума характеризует интервал, на котором шум еще «помнит» о своем предыдущем поведении. Ширина Δ функции определяет интервал этой «памяти». Преобразование Фурье автокорреляционной функции дает его энергетический спектр, точнее спектральную плотность шума. Его ширина обратно пропорциональна ширине автокорреляционной функции шума. А интеграл от спектральной плотности равен мощности шума. Ширина спектра обычно определяется на уровне, равном половине максимального значения спектра. Это значение показывает какая мощность содержится в полосе частот, равной 1 рад/сек [Вт/(рад/сек)]. Временную модель белого шума можно представить себе в виде «тесной» последовательности дельта - функций, имеющих разные площади и знаки.

Ошибки слежения

Весьма значимым для понимания механизма влияния шумов на функционирование системы автоматического регулирования (САР) является случай аддитивных помех в сигнале задания. Причины таких помех многочисленны, в частности ими могут быть шумы каналов связи, по которым задание передается к САР. Ясно, что в отсутствие шумов в задании качество верхней САР лучше, поскольку ее быстродействие выше в пять раз. Однако при наличии шумов картина поведения САР в установившемся режиме меняется. Шумы на входе очень велики, их выбросы имеют тот же порядок, что и величина отслеживаемого сигнала. Шумы существенно сглаживаются системами автоматического регулирования, которые в данном случае можно рассматривать как фильтры нижних частот, причем ошибки в установившемся режиме нижней, более инерционной САР меньше. Увеличение времени наблюдения показывает, что иногда появляются особенно большие выбросы ошибок. Быстрая САР успевает отслеживать и относительно быстрые компоненты шума, а медленная, более инерционная САР – не успевает, сглаживает их. Эти случайные блуждания управляемой величины и есть абсолютные значения ошибок слежения. Отметим, что шумы в задании зачастую на практике могут быть отфильтрованы еще до подачи задания на САР, причем технология может позволить использовать для этого значительно более узкополосный по сравнению с САР фильтр. Это также одна из причин, объясняющая, почему задача стабилизации, т.е. компенсации влияния шумов в возмущении на управляемую величину, более значима на практике, чем задача слежения за заданием на фоне аддитивного шума.

Заключение

Цель математического описания реакции САР на случайные воздействия — это оценка точности слежения и стабилизации, а также выработка мер по минимизации ошибок регулирования, обусловленных шумами. В первом приближении интересуют всего несколько величин, достаточно просто и в то же время подробно характеризующих влияние шумов на САР. Мощность шумов следует понимать в обобщенном смысле. Если управляемой величиной являются электрические напряжение или ток, то это традиционная мощность. Скорость изменения во времени ошибки регулирования может характеризоваться либо шириной автокорреляционной функцией выходных шумов, т.е. случайных блужданий управляемой величины, либо шириной их спектра.

Список литературы

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. Шк., 1988 - 448 с.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн.1, Изд. 2. – М.: Сов. Радио, 1974 - 552 с.
3. Черный С.Г., Доровской В.А. Элементы информационной технологии оптических систем идентификации необитаемых подводных аппаратов // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2020. № 3. С. 11-16.
4. Кастильо О., Мелин П. Мягкие вычисления для гибридных интеллектуальных систем // Исследования в области вычислительного интеллекта. – Берлин: Springer-Verlag, 2008. – Т. 154. – XII. – 448 с.
5. Нырков А.П., Соколов С.С., Черный С.Г., Бориев З.В. К вопросу обеспечения безопасности передачи данных в информационных системах на транспорте с точки зрения эталонной модели взаимодействия открытых систем // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2016. № 2. С. 28-34.
6. Нырков А.П., Жиленков А.А., Черный С.Г. Модели мониторинга и управления процессами стабилизации обменных колебаний мощности в автономных электроэнергетических системах // Проблемы управления. 2016. № 4. С. 22-28.
7. Доровской В.А., Черный С.Г., Бордюг А.С. Компараторная идентификация частотных характеристик систем автоматического управления судовой энергетической установки // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2020. № 1 (45). С. 47-57.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)

05.13.11

З.Ш. Абдураманов, О.М. Аметов, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов

ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
факультет экономики, менеджмента и информационных технологий,
кафедра прикладной информатики,
Симферополь, abduramanov.z.s@gmail.com, osman.ametov@gmail.com,
z.seydametova@gmail.com, s.girey.s@gmail.com

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МГНОВЕННОГО ОБМЕНА СООБЩЕНИЯМИ

Рассмотрены теоретические и практические аспекты, связанные с программной реализацией систем мгновенного обмена сообщениями, архитектуры которых позволяет взаимодействие между клиентами в отсутствие Интернет-соединения. Представлены типовые UML-модели проектирования для систем, поддерживающих общение без выделенной точки доступа на расстоянии, равном радиусу сигнала wi-fi на мобильном устройстве.

Ключевые слова: *системы мгновенного обмена сообщениями, сетевой чат, мессенджер, протокол XMPP, UML диаграммы.*

Визуализация систем мгновенного обмена сообщениями способствует целенаправленной и продуктивной совместной работе, а также улучшает опыт пользователя в применении интерактивного инструментария. Для реализации систем мгновенного обмена сообщениями используется коммуникационная парадигма push-системы, основанная на Push-and-Pull (PaP) алгоритме, протокол XMPP и др. Важный аспект систем мгновенного обмена сообщениями – история (лог-файл) обмена сообщениями. В IM-приложениях, которые используются только для личных разговоров, история общения не важна, поэтому в таких случаях IM-приложения могут быть реализованы без лог-файла. Если приложение используется для бизнес-целей, где есть необходимость фиксации общения, сохранения истории ранее отправленных и полученных сообщений, наличие истории общения обязательно. Лог-файл, хранящий историю общения, необходим, например, для ведения учета, для управления несколькими потоками общения.

В статьях [1] – [5] авторы рассматривают проблемы разработки многоязычных, проблемно-ориентированных, документо-центрированных чатов в режиме реального времени. В этих работах приведены примеры использования систем мгновенного обмена сообщениями (IM) на рабочем месте, или в пределах одного социального сообщества.

Цель статьи – представить программную реализацию системы мгновенного обмена сообщениями, архитектура которой позволяет взаимодействие между клиентами в отсутствие Интернет-соединения.

Рассматриваемой нами приложение ATalk предназначено для мгновенного обмена сообщениями посредством двух или более устройств в отсутствие Интернет-соединения. С каждого устройства пользователи могут отправлять друг другу текстовые сообщения и изображения, подключаясь сначала через P2P (peer-to-peer), после чего через сокеты. На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования (use case). Действующим лицом является пользователь. Имеются следующие варианты использования: создать соединение, найти устройства, создать никнейм, подключиться к устройству, создать беседу, изменить лог-файл, отправить графический файл, отправить текстовое сообщение.

В таблице 1 представлены отношения базовых и расширяющих элементов вариантов использования приложения ATalk.

Таблица 1 – Отношения элементов вариантов использования

Вариант использования	Расширяющий элемент варианта использования
Создать соединение	Создать сеть P2P Создать сокетное соединение
Найти устройства	Обновить список устройств
Создать никнейм	Изменить никнейм
Подключиться к устройству	Создать подключение к устройству
Создать беседу	Принять беседу Закрыть беседу
Изменить лог-файл	Очистить историю Сохранить историю
Отправить графический файл	Принять графический файл
Отправить текстовое сообщение	Принять текстовое сообщение

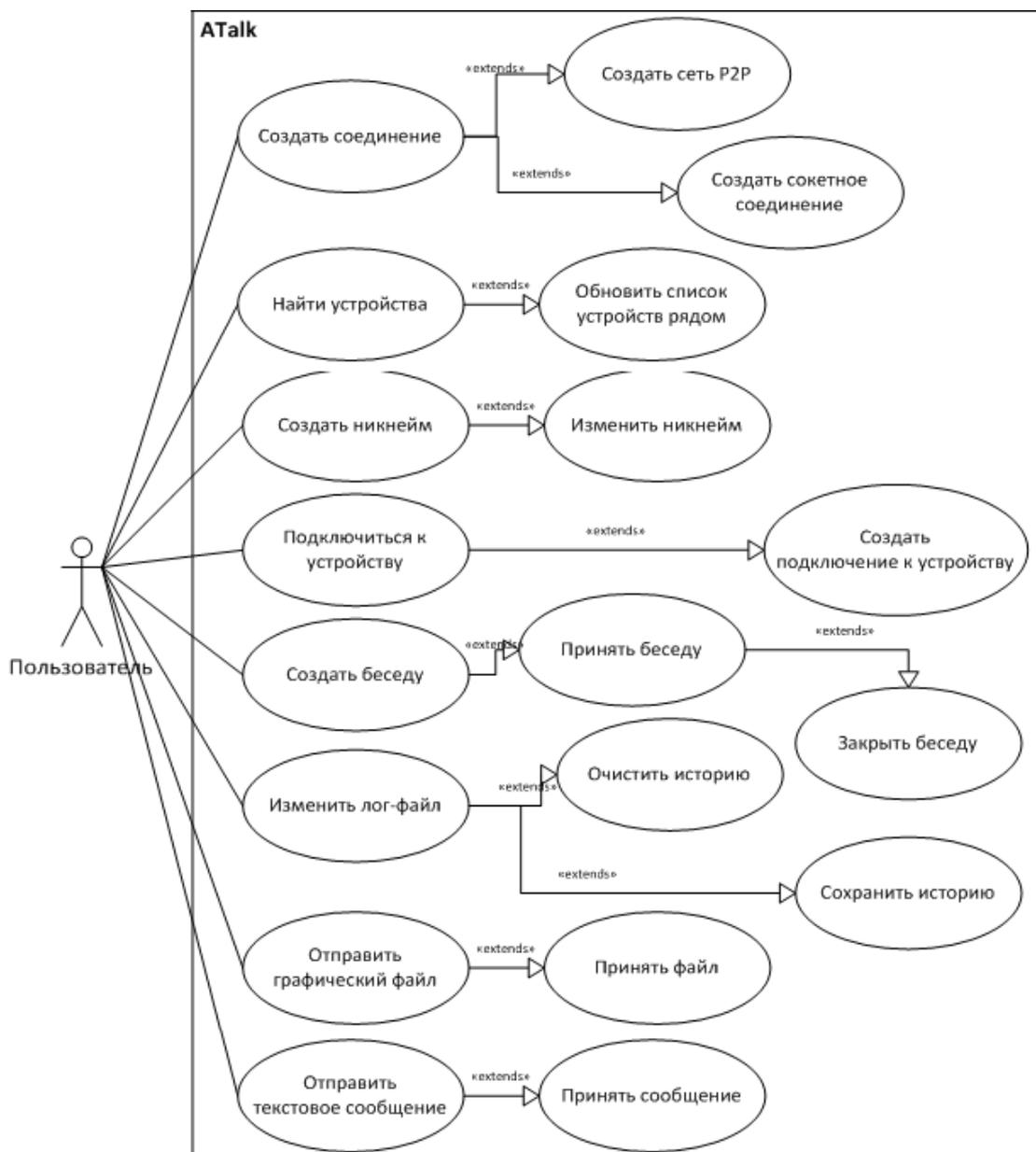


Рис. 1 – Диаграмма вариантов использования приложения ATalk

В процессе разработки приложения была спроектирована диаграмма деятельности объектов (рис. 2), которая содержит следующие пункты: Запуск приложения, Главное окно, Поиск других устройств, «Прослушка» на подключение других устройств, Соединение принято, Соединение создано, Окно переписки, Очистка истории, Отправка пакета, Отправка текста, Отправка изображения, Принятие пакета, Принятие изображения, Принятие текста, Сообщение выведено на экран и Выход.

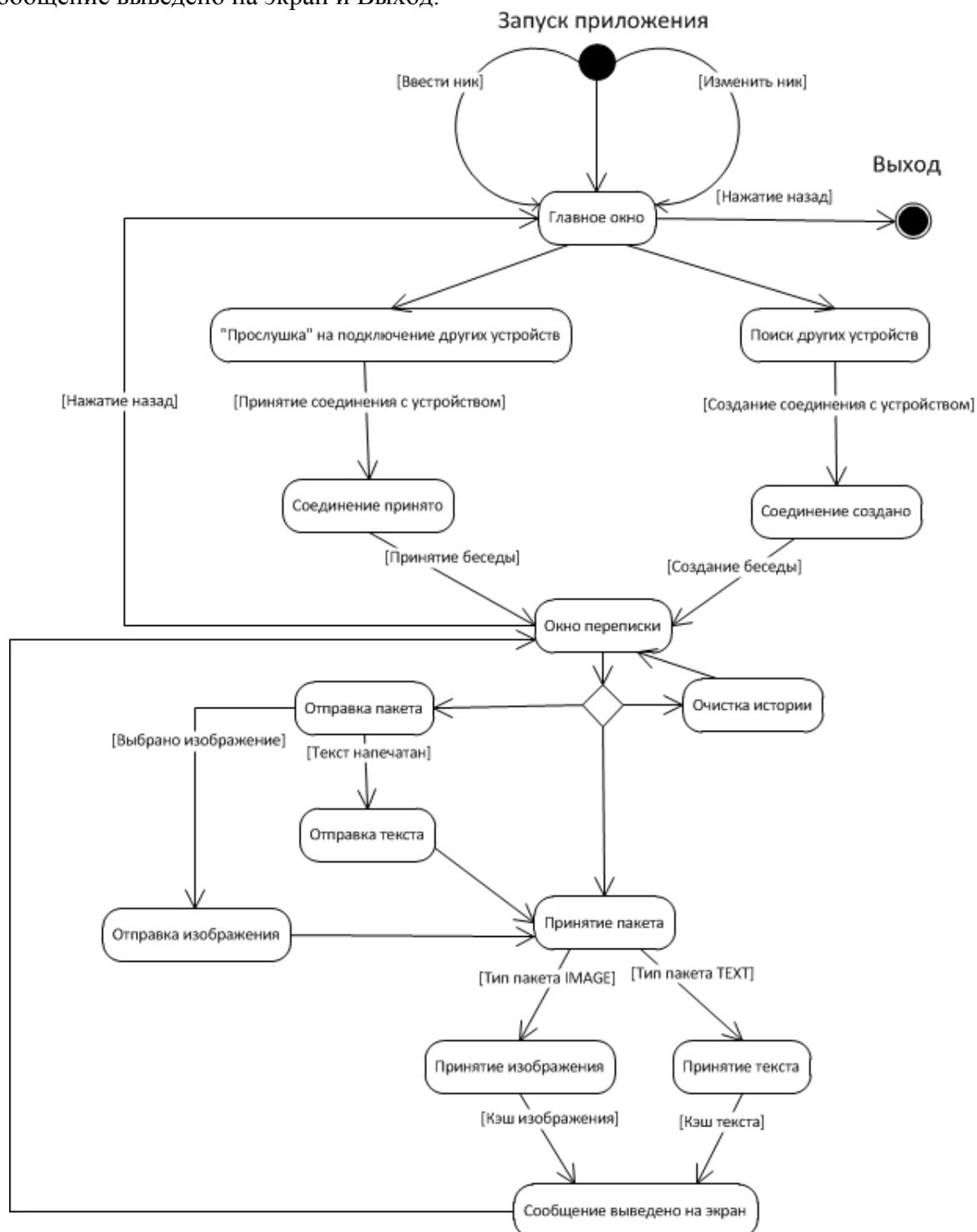


Рис. 2 – Диаграмма деятельности приложения ATalk

Для работы с мобильным приложением «ATalk» необходимо обязательное выполнение следующих условий:

- операционная система Android, версия выше 2.3;
- включенный Wi-Fi.

Для установки приложения необходимо согласие пользователя на:

- 1) использование данных устройства:
 - а) изменение или удаление содержимого устройства/SD-карты (в зависимости от того, куда устанавливается приложение);
 - б) считывание содержимого устройства/SD-карты (в зависимости от того, куда устанавливается приложение);
- 2) доступ к устройству:
 - а) изменение сетевых настроек технических требований;
 - б) неограниченный доступ в Интернет;
 - с) просмотр подключений к Wi-Fi;
 - д) просмотр сетевых подключений;
 - е) подключение/отключение к Wi-Fi.

Приложение ATalk подходит для использования в качестве общения пользователей, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга, например, на разных этажах одного и того же здания. То есть приложение ATalk позволяет связать устройства без использования выделенной точки доступа, в отсутствие Интернета, что позволяет общаться на определенном расстоянии, равном радиусу сигнала Wi-Fi на мобильном устройстве. В дальнейшем планируется расширение функционала приложения, содержащего дополнительные функции, такие как: обмен аудио и видео файлами. Также имеются сменные графические оболочки, которые пользователь сможет менять самостоятельно.

Список литературы

1. Сейдаметова З.С., Асанова У.Б., Костина Е.Г. Системы мгновенного обмена сообщения: проектирование и разработка приложения ATALK // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере, № 2(12), 2016. – С.5-21.
2. Davoust A., Gagnon F., Esfandiari B., Kunz T., Cormier A. Towards securing peer-to-peer sip in the manet context: existing work and perspectives // IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), 2017. – P. 223-229.
3. Sukarsa I.M., Putra I.K.G.D., Sastra N.P., Jasa, L. A New Framework for Information System Development on Instant Messaging for Low Cost Solution // TELKOMNIKA, vol, 16, 2018. – P.2799-2808.
4. Liu C., Chen L., Yao Q. Instant Messaging Encryption System Based on Secure Decryption Technology // Telecommunications and Radio Engineering, vol. 78(20), 2019. – P. 1847-1856.
5. Соколова Д.В. Стратегии дистрибуции новостного контента в мессенджере Telegram // Меди@льманах, № 4 (99), 2020. – С. 111-121.

05.13.11

В.И. Виноградов, Т.Б. Волкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»
институт информационные технологии и прикладная математика,
кафедра математическая кибернетика,
Москва, vvinoogradov@inbox.ru

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ФАЙЛОВЫЙ МЕНЕДЖЕР
ДЛЯ РАБОТЫ С ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ДОКУМЕНТАМИ,
ПОДПИСАННЫМИ УСИЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПОДПИСЯМИ**

В работе представлены результаты разработки специализированного файлового менеджера для работы с XML-файлами электронных документов, подписанных усиленными электронными подписями.

Ключевые слова: *формализованный документ, XML-файл, усиленная электронная подпись, документооборот.*

В настоящее время при деловом взаимодействии широко распространена передача между контрагентами документированной информации в XML-файлах, согласованного формата с электронной подписью. Такое представление информации удобно для ее компьютерной обработки. Форматы для каждого типа документов формализуют состав и синтаксис передаваемой информации. Для автоматизированного контроля такой соответствия файлов документов такой формализации используется технология XML Schema Definition (XSD), стандартизированная WWW Consortium (W3C) [1].

Электронные подписи XML-документов позволяют решить проблемы авторства и целостности передаваемых абонентами сообщений. В настоящей работе рассматривались только усиленные электронные подписи, полученные с использованием криптографических преобразований [2].

Специализированный файловый менеджер предоставляет интерфейс пользователя для работы с формализованными XML-файлами электронных документов отчетности хозяйствующих субъектов в контролирующие органы ФНС, ФСС, ПФР, Росстат, а также формализованными XML-файлами электронных документов между хозяйствующими субъектами. Форматы для каждого типа XML-файлов определяются XSD-схемами и могут меняться. Файлы электронных документов обычно сопровождаются набором связанных с ними файлов, создающихся при их обмене (или документообороте). Состав файлов документооборота (далее ДО) обычно включает:

- один или несколько исходных XML-файлов или файлов другого формата,
- один, два или более файлов электронных подписей формата PKCS#7 под каждым исходным файлом;
- технологические XML-файлы, подтверждающие обмен исходными документами, и файлы электронных подписей под ними,
- а также файлы с дополнительной метainформацией о документообороте, например, дата отправки или получения документа, протокол согласования на стороне отправителя и другие.

Состав файлов i -го документооборота можно описать в следующем формализованном виде:

$$DO_i = \langle T_i, D_i, P_i, PSIGNik, M \rangle ,$$

где $T_i \in T$ – тип документооборота из множества поддерживаемых типов документооборота T ,

D_i – исходный файл или файлы основного документа i -го документооборота и файлы их электронных подписей

P_i – набор подтверждающих документооборот файлов и файлы их электронных подписей,

M – файлы с метаданной о документообороте.

Каждый тип документооборота характеризуется

$T = \langle Dt(\{XSD\}), C(\{XSD\}), P(Dt, C) \rangle$, где

- $Dt(\{XSD\})$ – множество типов основных формализованных документов, которые должны удовлетворять определенным XSD-схемам, и файлы их электронных подписей,

- $C(\{XSD\})$ – множество типов документов, подтверждающих такой документооборот, которые должны удовлетворять определенным XSD-схемам, и файлы их электронных подписей,

- $P(Dt, C)$ – набор правил согласованности файлов документооборота, накладываемых на наличие дополнительных подписей исходного документа принимающей стороной или указание имени полученного файла и его электронной подписи в XML-файле подтверждения о получении документа или подтверждающего документа.

Набор подтверждающих ДО файлов и таких правил отражает регламент документооборота.

Файловый менеджер позволяет выполнять наиболее частые операции над сохраненными на диск файлами, включающими копирование/перенос, удаление, переименование. Специализированные функции описываемой программы включают реализованные в ней операции, дополняющими операции файлового менеджера, такие как:

- определение типа файла и основных сведений в нем, например, «декларация по налогу на прибыль за 2020 г. ООО Ромашка» или «электронная подпись от 20.03.2021, Петров Петр Петрович»;

- определение согласованности состава файлов документооборота, включающую проверку валидности файлов электронных подписей, а также полноту состава и правил согласованности файлов ДО, подтверждающих успешность его окончания;

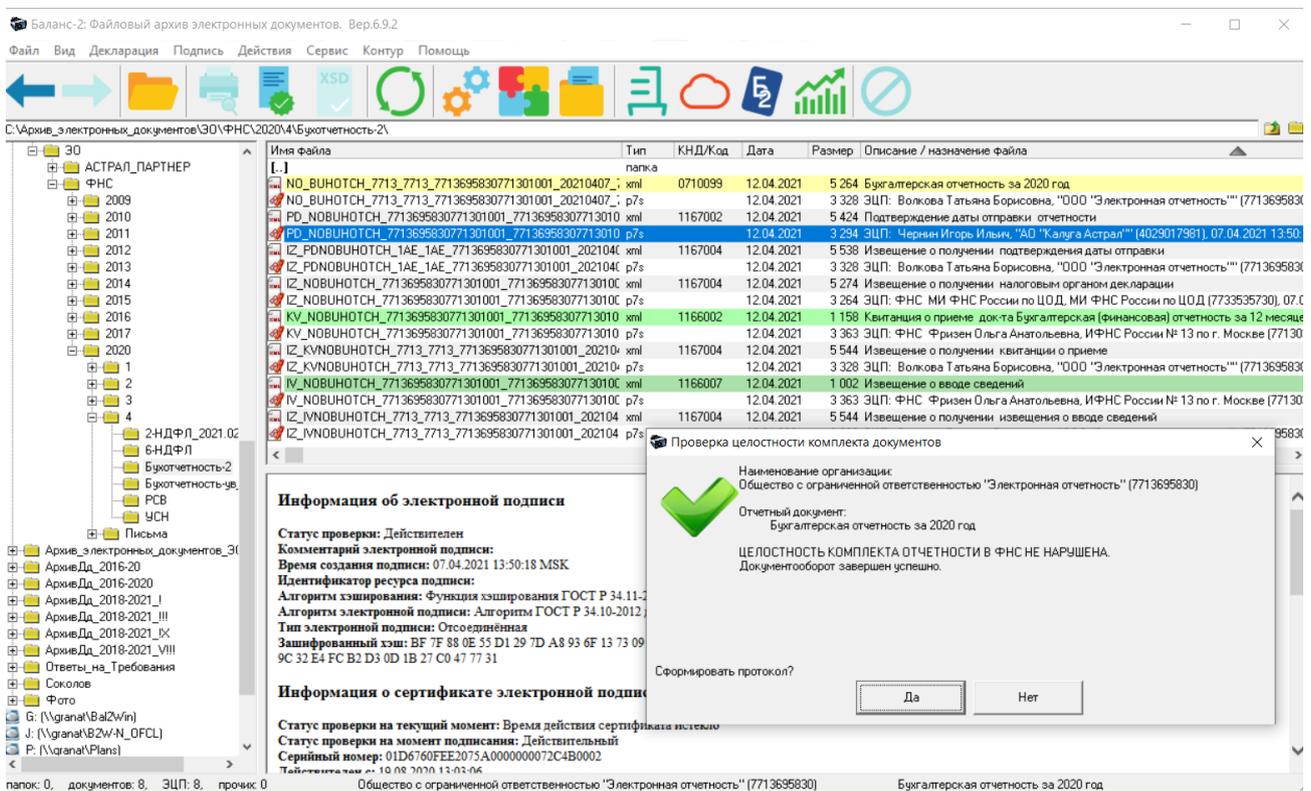


Рис. 1 – Результат работы программы по определению типов файлов документооборота и проверке их согласованности

- формирование «человекочитаемой» печатной копии документа со сведениями об электронных подписях на основании XML-файла документа и файлов его электронных подписей;

- формирование описи комплектов файлов документов, хранящихся в иерархически структурированных папках на диске, процесс которого включает групповое выполнение операций определения типов файлов документооборота и основных сведений в них, а также определения согласованности и полноты этих файлов, и сохранение результатов в html-файле, содержащем гиперссылки на файлы документов;

- вызов внешних программ на основе сведений из файла документа.

Для обеспечения работы с усиленными квалифицированными электронными подписями специализированный файловый менеджер требует установки криптопровайдера по ГОСТ 2012 КриптоПро CSP или VipNet CSP, а также программы КриптоАрм. Сведения о типах документах и периодах действия XSD-схем для них специализированный файловый менеджер находит в программе подготовке отчетности в контролирующие органы «Баланс-2W» [3]. Такие программные средства позволяют работать с квалифицированными сертификатами электронных подписей, соответствующим требованиям законодательства РФ.

Программа обеспечивает работу с более чем 500 типами формализованных в соответствии с требованиями и с рекомендациями контролирующих органов XML-документов, а также с их модификациями, произошедшими за последние 10 лет, то есть с выпуска первой версии программы. Также программа позволяет определять целостность и полноту более полутора десятков типов комплектов файлов документов в соответствии с типом документооборота, определяющим состав и требования по согласованности файлов, участвовавших в этом документообороте.

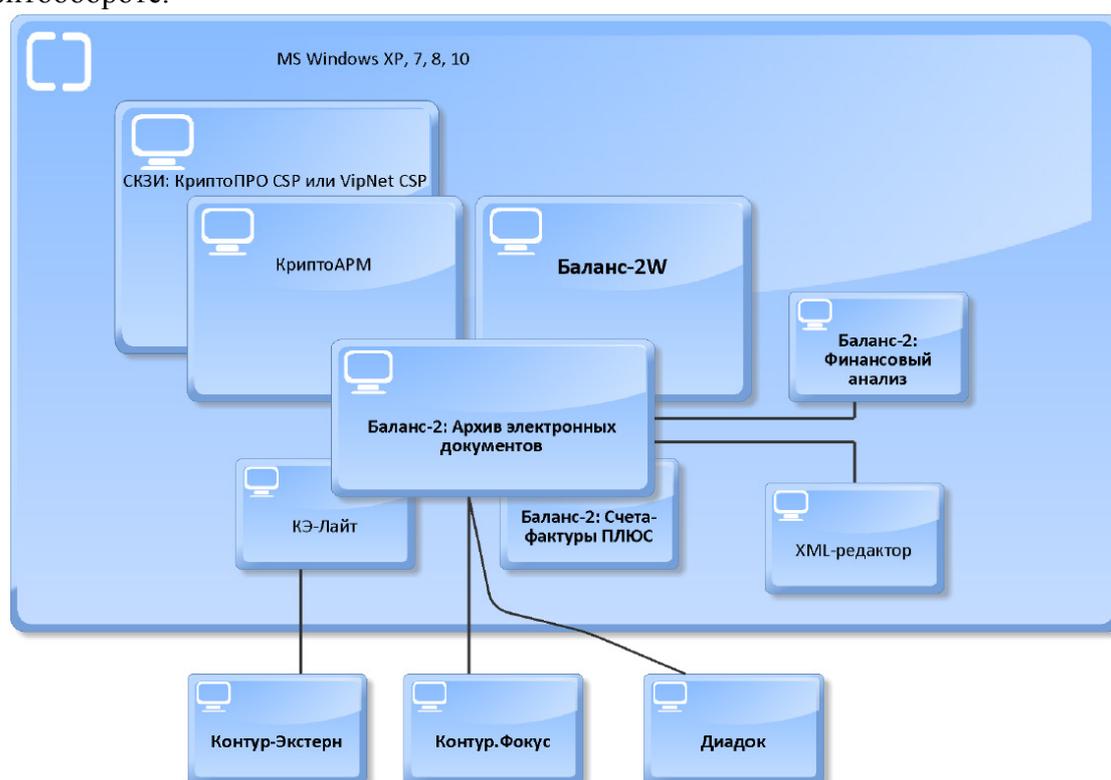


Рис.2 – ИТ-ландшафт программной среды для работы файлового менеджера «Архив электронных документов»

Описанный в статье специализированный файловый менеджер используется как в ряде хозяйствующих субъектов, ведущих обмен электронными документами с государственными контролирующими органами и со своими контрагентами, так и при проведении учебного процесса по теме «Формализованные электронные документы».

Список литературы

1. *Токмаков Г.П.* Основы XML-технологий: учебное пособие. // Ульяновск: УлГТУ, 2017. С. 53.
2. Криптографические алгоритмы: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Методы и средства защиты информации» для студентов специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» дневной формы обучения / сост. В. В. Стригунов. // Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – С. 12.
3. *Виноградов В.И., Ульянова Л.Г.* Как сохранить электронные документы сданных отчетов. // «Налоговая политика и практика», № 1(109) январь 2012г, С.58-62. Раздел «Электронный документооборот»

05.13.11

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова

СарФТИ НИЯУ МИФИ

ОБЗОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА РЕСУРСОВ GLPI

В данной работе рассматривается система автоматизированного учёта ресурсов GLPI. ПО GLPI рассматривалось в качестве внедрения в уже существующую автоматизированную систему. Данное ПО внедрено на тестовый полигон, проработаны все уязвимые места. Результаты внедрения приведены в данной статье.

Ключевые слова: *GLPI, автоматизированный учёт ресурсов, плагин, Fusion Inventory.*

В предыдущей статье [1] на данную тему были приведены результаты исследования вариантов программного обеспечения для сбора и учёта ресурсов программно-аппаратных ресурсов. По итогам проведённого исследования, было предложено оптимальное программное обеспечение для сбора и учёта программно-аппаратных ресурсов GLPI.

В данной статье хотелось бы рассмотреть основные возможности использования ПО GLPI. Для этого принято решение разработать тестовый полигон для тестирования функциональности ПО GLPI.

GLPI является системой работы с заявками и инцидентами, а также используется для инвентаризации компьютерного оборудования (компьютеры, программное обеспечение, принтеры и т.д.) и имеет клиент-серверную архитектуру.

При установке GLPI на тестовую машину требовались дополнительные PHP расширения:

- cli: для использования PHP из командной строки (скрипты, автоматические действия и т.д.);
- domxml: используется для CAS аутентификации;
- imap: используется для аутентификации сборщика почты;
- ldap: используется для аутентификации через LDAP сервер;
- openssl: защищённые соединения;
- xmlrpc: используется для XMLRPC API;
- APCu: может использоваться для кэширования.

Из дополнительных расширений без каких-либо видимых затруднений можно разрешить следующие: `imap`, `ldap`, `openssl` и `xmlrpc`. Остальные расширения нужны только для профильных организаций, поэтому многим организациям можно пропустить шаг настройки данных расширений.

Программа GLPI обеспечивает работу по разным направлениям благодаря плагинам. Плагинов для расширения данной программы большое количество. Для сбора и учёта программно-аппаратного обеспечения GLPI использует плагин `Fusion Inventory` [2]. Добавление плагинов происходит посредством добавления плагина по пути `...\glpi\plugins\name_plugins`.

Стандартная учётная запись (`glpi`) позволяет создавать пользователей и предоставлять определённые права каждому пользователю.

Добавлять, удалять пользователей, а также изменять права пользователей может только профиль `Super-Admin`. Профиль `Admin` имеет право добавлять оборудование, просматривать, однако, для того чтобы удалить оборудование или пользователей у данного профиля недостаточно прав. Все остальные профили имеют разные права, имеющие доступ только к части возможностей. В рамках данной работы все остальные профили не рассматривались, т.к. не было в этом необходимости.

Для автоматического сбора информации об оборудовании, на клиентскую машину (машину с которой необходимо снять данные) нужно установить плагин для агента Fusion Inventory. Серверную часть данного плагина необходимо установить и включить на сервере GLPI (рисунок 1).

Список дополнений								
Наименование	Версия	Лицензия	Статус	Авторы	Web-сайт	CSRF совместимый		
FusionInventory	9.2+2.0	AGPLv3+	Установлен / не активирован	David DURIEUX & FusionInventory team		Да	Включить	Удалить
GLPI openvas Connector	1.1.0	GPLv3	Не установленный	Teclib'		Да	Установить	Удалить

Рис.1 – Рабочее окно GLPI (работа с плагинами)

После установки необходимых частей нужно провести сканирование агентской машины. Для этого открыть страничку Fusion Inventory Agent Status на машине с установленным агентом. Это можно сделать или через меню «Пуск» или вручную через браузер, вбив в адресную строку следующее: hostname or ip server:62354.

После открытия данной страницы необходимо нажать «Force an Inventory». После нажатия агент соберёт данные с компьютера и передаст их серверу. На сервере появятся записи о данном устройстве и всех его компонентах, включая серийные номера, информацию о производителях, о портах (какие свободны, какие заняты и чем), и т.п.

Для добавления информации об оборудовании вручную, вначале необходимо добавить информацию о каждом его компоненте. Например, при добавлении сервера, находящегося в резерве, необходимо вначале указать информацию о всех его компонентах (мат.плата, процессор, память и прочее). Для этого необходимо в выпадающем меню настроек выбрать «Компонент» (рисунок 2).

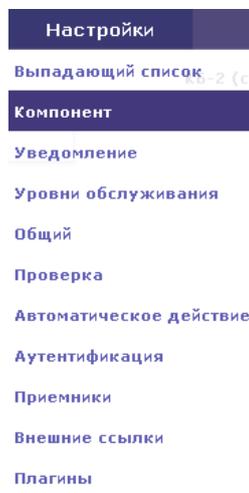


Рис. 2 – Процесс добавления оборудования в базу GLPI

После, выбрать необходимый к добавлению компонент (рисунок 3).

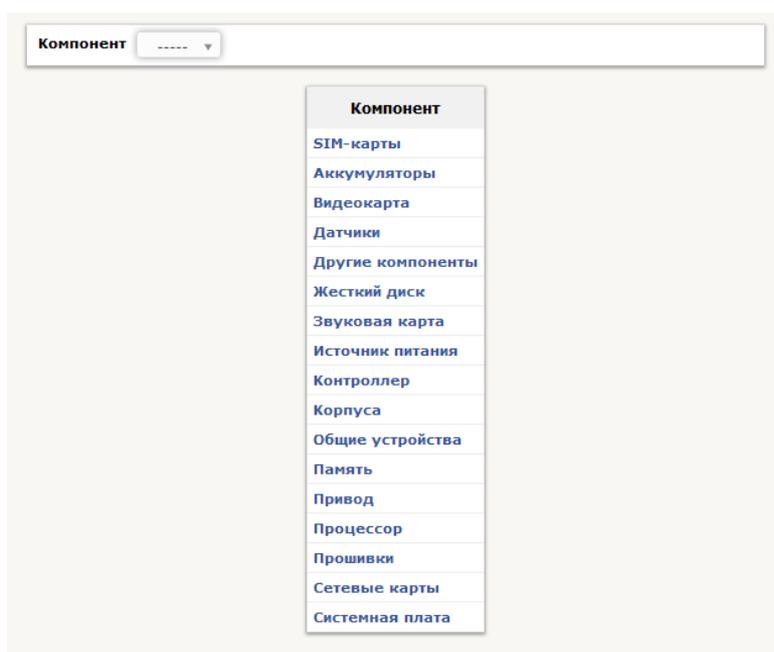


Рис. 3 – Процесс добавления оборудования в базу (выбор компонента)

После выбора компонента, нажав на знак «+» (рисунок 4), появится окно с характеристиками добавляемого компонента.

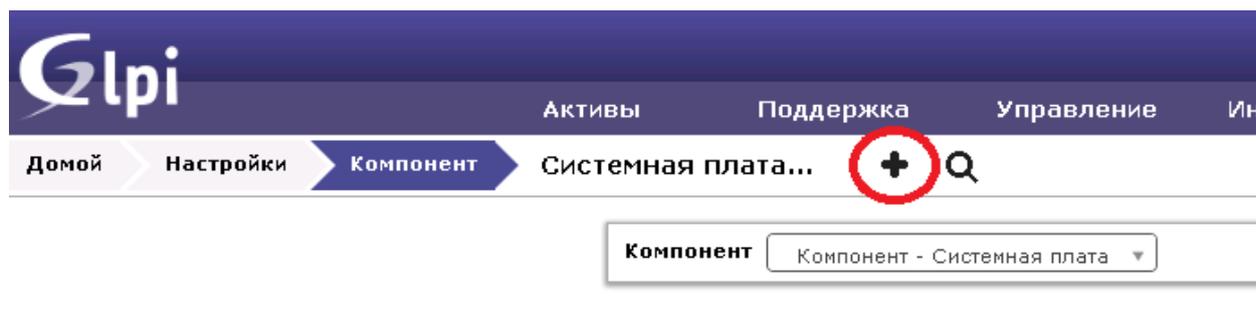


Рис. 4 – Процесс добавления компонента в базу GLPI

После ввода всех необходимых компонент, можно переходить к вводу компьютера в систему. Для этого в выпадающем меню «Активы» нужно выбрать «Компьютер». В этом же меню можно просматривать всю добавленную информацию о компьютерах и серверах.

Для просмотра оборудования, имеющего определенную особенность среди другого оборудования (напр. статус, имя, ОС, определённый тип процессора, тип памяти и т.д.) необходимо:

1. зайти в то меню, где планируется осуществлять выборку;
в выпадающем меню выбрать именно тот критерий, по которому нужно сделать выборку (например, «Характеристики – Статус», рисунок 5);

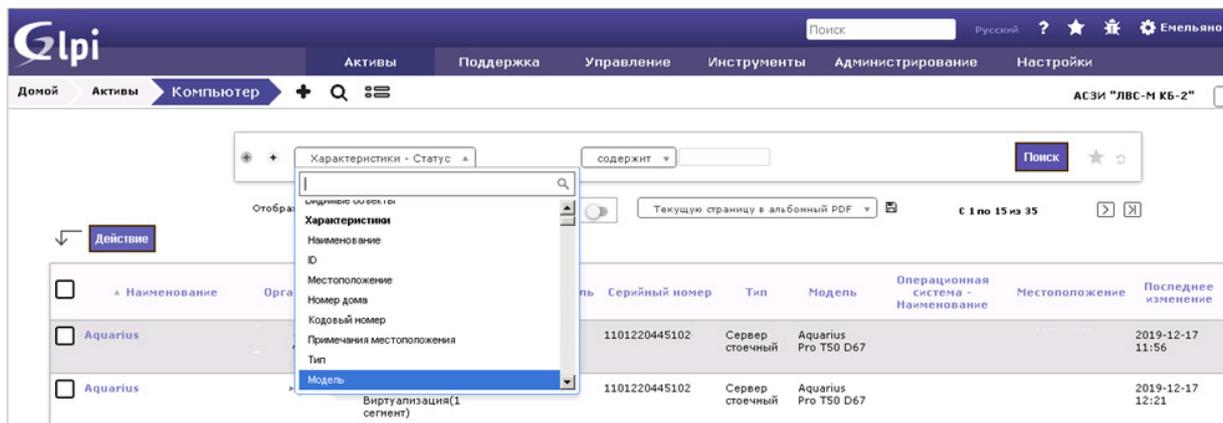


Рис. 5 – Выбор критерия для поиска оборудования

Кроме плагина Fusion Inventory, среди всех существующих плагинов, выделяются следующие [2]:

- **Appliances** - возможность объединять сервера сервисом, которые они предоставляют;
- **Bays Management** - управление серверными стойками, их электропитанием, расположением серверов в стойке;
- **Custom Fields** - добавление кастомных полей к существующим элементам;
- **Databases** - Инвентаризация баз данных, ассоциация с сервисами и серверами;
- **Dash Board** – предоставляет дополнительную панель инструментов;
- **GLPI Reports** – позволяет создавать расширенные отчёты GLPI;
- **File injection** - Импорт элементов из csv файла;
- **Objects management** - Создание кастомных объектов.

Помимо уже существующих плагинов, существует возможность написать свой собственный плагин, который будет выполнять необходимые действия. Для этого, на открытом сайте разработчика есть так называемый «Пустой плагин» (“Empty plugin”) как пример для наполнения плагина нужным функционалом [3].

Кроме подключаемых модулей, ПО GLPI можно расширять посредством уже подключенных библиотек при установке. Среди таких библиотек можно выделить библиотеку ldap, используя которую можно настроить соединение ПО GLPI с Active Directory.

В дальнейшем планируется внедрение библиотеки ldap на тестовый полигон и объединение ПО GLPI с существующим доменом Active Directory.

Список литературы

1. Емельянов А.В. Сравнительный анализ систем автоматизированного учёта аппаратных ресурсов – 2019 – НТВП, №6 – с.82-84;
2. <http://plugins.glp-project.org> (дата обращения: 19.09.2020);
3. <https://github.com/pluginsGLPI> (дата обращения: 21.10.2020).

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

¹П.П. Аврашков канд. физ.-мат. наук,
²И.А. Коськин, ²И.С. Константинов д-р техн. наук

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,
Орел, avrashkov@mail.ru,

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский
университет»,
Белгород, Iia.koskin@gmail.com, konstantinovi@mail.ru.

**МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ
ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
С ПОМОЩЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

Рассматриваются вопросы восстановления трехмерных изображений с помощью проективных преобразований. Предложен метод, позволяющий полностью восстанавливать все видимые горизонтальные ребра параллелепипеда из численного примера.

Ключевые слова: *трехмерное моделирование, перспективные проективные преобразования, модель.*

При цифровизации ряда отраслей экономики важную роль играет трехмерное моделирование, которое активно применяется в строительстве, ЖКХ, транспорте, торговле [1-2]. Несмотря на большой интерес к этой теме и решение ряда важных вопросов многочисленными отечественными и зарубежными исследователями, остается актуальной задача построения в реальном времени адекватных реальным объектам стереоизображений.

Обычно мы имеем два или более двумерных изображения, полученных при съемке из различных точек пространства в виде проекций реального трехмерного объекта на плоскости декартовых координат. Процедура восстановления предусматривает определение по имеющимся координатам точки на двумерных изображениях адекватных координат точки поверхности реального трехмерного объекта.

Процедура восстановления основана на установлении соответствия между отдельными точками (фрагментами) проекций и аналогичными элементами исходного объекта. После анализа множества координат сопряженных точек (фрагментов) можно вычислить истинные трехмерные координаты. При этом известны координаты точек съемки и можно менять положение этих точек, их количество и иные параметры съемки.

Некоторые важные аспекты решения задач, связанных с практическим применением рассматриваемого метода (особенно актуальные для сложных изображений), рассмотрены в [3-5].

Прямая задача перспективного преобразования заключается в нахождении вектора c , причем здесь удобнее оперировать координатами в комплекснозначной форме. Искомый вектор c

$$c = a - \frac{a_3}{d_3} d, \text{ где } a = a_1 i + a_2 j + a_3 k, \quad d = a - b = d_1 i + d_2 j + d_3 k.$$

Очевидно, что можно решить и обратную задачу, когда известны координаты сопряженных точек. Тогда координаты точки пересечения линий визирования можно вычислить по следующим зависимостям:

$$x = q_{11}t_1 + w_{11}, \quad y = q_{12}t_1 + w_{12}, \quad z = q_{13}t_1 + w_{13},$$

$$\begin{aligned} \text{где } (q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}) &= (a_{i1} - w_{i1}, a_{i2} - w_{i2}, a_{i3} - w_{i3}) \quad (i = 1 \text{ или } 2), \\ t_1 &= \frac{(w_{11} - w_{22})q_{21} - (w_{11} - w_{21})q_{22}}{q_{11}q_{22} - q_{12}q_{21}}, \\ t_2 &= \frac{(w_{11} - w_{22})q_{11} - (w_{11} - w_{21})q_{12}}{q_{11}q_{22} - q_{12}q_{21}}. \end{aligned}$$

Признаком пересечения двух прямых (и условием совместности упомянутой системы линейных уравнений), служит равенство нулю определителя

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} - w_{11} & a_{12} - w_{12} & a_{13} - w_{13} \\ a_{21} - w_{21} & a_{22} - w_{22} & a_{23} - w_{23} \\ w_{21} - w_{11} & w_{22} - w_{12} & 0 \end{vmatrix} = 0.$$

Определение соответствия точек с помощью цепных разностных кодов

Соответствие вершин для многоугольников W_1 и W_2 перспективных проекций достаточно сложного объекта W не всегда очевидно даже для человеческого мозга. Достоверно определить такое соответствие можно с помощью методов контурного анализа.

Векторные контуры Γ_1 и Γ_2 :

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= [\gamma_1(m)]_{m=0, \dots, n_1-1} = [\gamma_{11}(m) + i\gamma_{12}(m)]_{m=0, \dots, n_1-1}, \\ \Gamma_2 &= [\gamma_2(m)]_{m=0, \dots, n_2-1} = [\gamma_{21}(m) + i\gamma_{22}(m)]_{m=0, \dots, n_2-1}, \end{aligned}$$

где n_1 и n_2 – размерности контуров Γ_1 и Γ_2 соответственно ($n_1 \neq n_2$);

$$\begin{aligned} \gamma_{k1}(m) &= \text{Re}(w_k(m+1) - w_k(m)), \quad \gamma_{k2}(m) = \text{Im}(w_k(m+1) - w_k(m)), \\ m &= 0, \dots, n_k - 1 \text{ и } w_k(n_k) = w_k(0). \end{aligned}$$

Поиск сопряженных точек на основе минимизации нормированного расстояния

Известно, что скалярное произведение (X, Y) векторов $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ унитарного пространства C_n задается формулой $(X, Y) = \sum_{j=1}^n x_j y_j^*$, расстояние $R(X, Y)$ между этими векторами определяется из формулы

$$R^2(X, Y) = (X - Y, X - Y).$$

Норму вектора X вычисляют по формуле $\|X\| = (X, X)^{1/2}$, а нормированное расстояние $R_n(X, Y)$ между векторами X и Y представляет собой расстояние между нормированными векторами $X/\|X\|$ и $Y/\|Y\|$: $R_n(X, Y) = R(X/\|X\|, Y/\|Y\|)$.

Соседние векторы контуров Γ_1 и Γ_2 образуют фрагменты $\xi_{k,m} = [\gamma_k(m), \gamma_k(m+1)]$, $m = 0, 1, \dots, n_k - 1$, (где $\gamma_k(n_k) = \gamma_k(0)$). Для каждого $m = 0, 1, \dots, n_1 - 1$ вычисляются n_2 значений $R_n(\xi_1, m, \xi_2, j)$, $j = 0, 1, \dots, n_2 - 1$, и из этих n_2 значений находится наименьший и запоминается его номер $N_{\text{мин}}$. Таким образом, каждой вершине контура Γ_1 с номером m будет соответствовать вершина контура Γ_2 с номером $N_{\text{мин}}$.

Дискретизация векторных контуров при решении задач восстановления

Вершины многоугольников W_1 и W_2 практически никогда не бывают соединены отрезками прямых – их заменяют ломаные, звенья которых связывают смежные пиксели. Это же относится и к соответствующим векторным контурам. При этом на квадратной сетчатке возможны восемь различных стандартных элементарных векторов, соединяющих соседние пиксели. К истинным вершинам многоугольников W_1 и W_2 добавляются вершины, образованные соседними стандартными элементарными вершинами (включая и те, у которых совпадают направления). Это увеличивает число фрагментов, к которым применяется алгоритм поиска сопряженных точек. Возможно несколько минимальных значений, т. е. каждой точке $w_1(m)$ контура Γ_1 с номером m может соответствовать несколько точек $w_2(j)$ контура Γ_2 . Те пары из них, для которых выполняется условие виде $|\Delta| < 1$, будут сопряженными.

Алгоритм восстановления

- 1) Определение элементарных векторов дискретизированного векторного контура.
- 2) Определение номеров вершин с минимальным значением нормированного расстояния.
- 3) Расчет координат вершин контуров, являющихся кандидатами в сопряженные точки.
- 4) Вычисление номеров точек в общем списке кандидатов в сопряженные точки из второго контура.

- 5) Расчет нормированных расстояний.
- 6) Расчет точек пересечения линий визирования.
- 7) Восстановление координат точек, принадлежащих исходному объекту.

Пример восстановления по разработанному алгоритму

Восстановим параллелепипед по двум перспективным проекциям. Его вершинами будут точки $\mathbf{B}_0(1, 4, 0)$, $\mathbf{B}_1(1, 4, 10)$, $\mathbf{B}_2(6, 4, 10)$, $\mathbf{B}_3(6, -1, 10)$, $\mathbf{B}_4(1, -1, 10)$, $\mathbf{B}_5(1, -1, 0)$, $\mathbf{B}_6(6, -1, 0)$ и $\mathbf{B}_7(6, 4, 0)$; точки визирования возьмем две: $A_1(-8, -2, 40/3)$ и $A_2(-7, -3, 40/3)$.

Вычислив декартовы координаты вершин перспективных проекций параллелепипеда W – шестиугольников W_1 и W_2 , запишем их в комплекснозначной форме:

$$W_1=[w1(m)]_{m=0\dots5}=[(1+4i), (28+22i), (48+22i), (48+2i), (6-i), (1-i)],$$

$$W_2=[w2(m)]_{m=0\dots5}=[(1-i), (1+4i), (25+25i), (45+25i), (45+5i), (6-i)].$$

При дискретизации цепных разностных векторных контуров Γ_1 и Γ_2 для шестиугольников W_1 и W_2 из рассматриваемого примера размерность контура Γ_1 равна 119, а Γ_2 – 113.

Выполнив разметку контуров Γ_1 и Γ_2 на фрагменты и проведя расчеты для каждой пары (ξ_1, m, ξ_2, j) , найдем номера вершин контура Γ_2 с минимальным значением нормированного расстояния $R_n(\xi_1, m, \xi_2, j)$. Далее найдем вершины контуров Γ_k , являющиеся кандидатами в сопряженные точки. Используя декартовы координаты найденных точек, для каждого m проверяем условие $|\Delta| < 1$, и для тех пар точек, у которых оно выполнено, вычисляем номер (j) точки в общем списке кандидатов в сопряженные точки из второго контура. Таким образом, определяем пары взаимно сопряженных точек (их оказалось 71) на проекциях W_1 и W_2 . Применяя к ним соответствующие формулы, восстанавливаем координаты точек, принадлежащих исходному параллелепипеду.

Полученные точки пространства (совместно с исходным параллелепипедом) изображены на рис. 1.

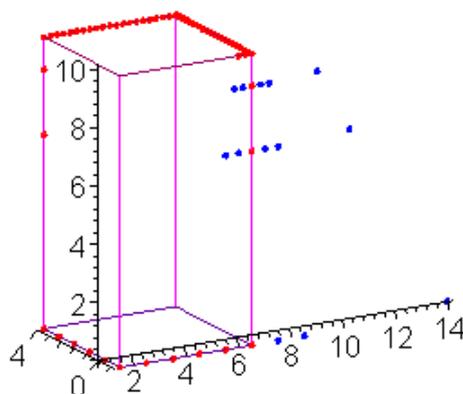


Рис. 1 – Изображение точек, восстановленных по проекциям по проекциям W_1 и W_2 исходного 3D-объекта

Восстановление с применением третьей точки визирования

Введем в рассмотрение третью точку визирования.

Если применить алгоритм к контурам Γ_2 и Γ_3 , то получим 26 точек пространства, из которых 22 лежат на 4-х ребрах исходного параллелепипеда W , а 4 точки являются ложными срабатываниями.

Взяв пересечение множества точек, восстановленных по проекциям W_1 и W_2 , с множеством точек, восстановленных по проекциям W_2 и W_3 , получим множество из 22 точек, лежащих на четырех ребрах исходного параллелепипеда W , и позволяющее (с применением «правила четырех точек») полностью восстановить эти четыре ребра.

Если же применить алгоритм к контурам Γ_1 и Γ_3 , то получим 286 точек пространства, из которых только 22 лежат на 4-х ребрах исходного параллелепипеда W , а остальные 264 – ложные срабатывания.

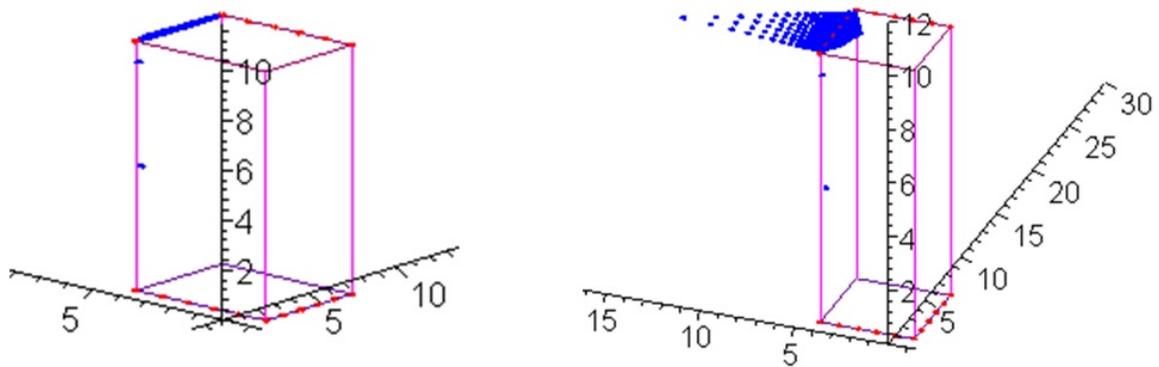


Рис. 2 – Изображения (с двух разных ракурсов) точек, восстановленных по проекциям W_1 и W_3

Таким образом, несмотря на потерю ряда «правильных» точек, изложенный ранее алгоритм целесообразно дополнить использованием третьей точки визирования и операции пересечения с применением «правила трех точек» (соединять восстановленные точки отрезками прямых можно только в тех случаях, когда этих точек на отрезке не меньше трех).

Выводы

Реализовав еще несколько численных примеров восстановления с разными параметрами исходных точек объекта и координатами точек визирования, можно обобщить результаты численных экспериментов:

- алгоритм «двух проекций» практически не дает точек на вертикальных ребрах видимых граней; на третьей (вертикальной) грани верхнее горизонтальное ребро «не досчитывается» одной точки (причем совпадающей с истинной вершиной).

- алгоритм «трех проекций» (с пересечением результатов) практически исключает ложные срабатывания, но теряет некоторые правильно восстановленные по двум проекциям точки.

Тем не менее, объединение указанных выше пересечений позволяет (с применением правила «трех точек») полностью восстановить все видимые горизонтальные ребра исходного объекта.

Список литературы

1. Коськин И.А. Методы исследования процесса получения стереоизображений по ряду изображений, полученных с малым интервалом времени / И. А. Коськин // Информационные системы и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2020. – №3(119). Май – июнь 2020. – С. 5 – 12.
2. Konstantinov I.S. Modeling of process of constructing 3D images by dynamic sequence of 2D images / Igor S. Konstantinov, Plya A. Koskin, Sergey A. Lazarev, Yuriy N. Maslakov, Vitaliy A. Gaivoronskiy // International Journal of Advanced Science and Technology, 2020, 29(11s), 3068 – 3073. Retrieved from <http://sersec.org/journals/index.php/IJAST/article/view/23803>.
3. Фурман Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман, А. В. Кревецкий, А. К. Передреев, А. А. Роженцов, Р. Г. Хафизов, И. Л. Егوشي́на, А. Н. Леухин; под ред. Я. А. Фурмана; 2-е изд., испр. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
4. Ходжер Т.А. Использование методов цифровой фотограмметрии для воссоздания рельефа чешуи байкальского омуля / Т. А. Ходжер, М. Л. Тягун // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10. – №4. – С. 107-110.
5. Попов С.А. Реконструкция многозначного рельефа сцены по серии снимков / С. А. Попов, В. С. Киричук // Материалы международной конференции «Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии РОАИ-5-2000». – Т. 2. – Самара, 2000. – С. 351-361.

05.13.18

¹А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, ²Р.Р. Басыров канд. техн. наук,
¹Р.М. Галиев канд. техн. наук, ¹Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
¹И.Ф. Шайхутдинов канд. техн. наук

Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО
«Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
¹кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
²кафедра «Автомобили, автомобильные двигатели и дизайн»,
Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЗМА БЛОКИРОВКИ МЕЖКОЛЁСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

В работе предложено описание процесса механической блокировки автомобильного дифференциала. Рассмотрены факторы, определяющие безотказность работы механизма блокировки дифференциала в различных дорожных условиях. Приведены математические зависимости, позволяющие определить расчётные нагрузки на муфту блокировки и полуось.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, межколёсный дифференциал, механизм блокировки, зубчатая муфта, полуось, динамические нагрузки, коэффициент блокировки, трение скольжения*

Обеспечение опорно-сцепной проходимости при движении по дорогам с низким коэффициентом сцепления, пересечённой местности и бездорожью является важной задачей проектирования автомобиля. Для её решения были предложены различные конструкции межосевых и межколёсных дифференциалов, которые позволили бы в максимальной степени реализовать тяговые силы на ведущих колёсах [1, 2].

На ряде автомобилей применяются самоблокирующиеся межколёсные дифференциалы, внутреннее трение в которых устанавливается в определённом диапазоне (в зависимости от значений конструктивных параметров). Величину трения и способность дифференциала перераспределять крутящие моменты между ведущими колёсами оценивают обычно с помощью коэффициента блокировки. В автомобильной науке применяют различные понятия коэффициента блокировки. Наиболее часто используется определение коэффициента блокировки, как отношения максимального и минимального крутящих моментов на ведущих колёсах [1].

Применение механической блокировки дифференциала позволяет добиться максимально возможного значения коэффициента блокировки и реализовать соответствующие силы тяги на колёсах. Механизм блокировки является достаточно простым и эффективным по сравнению с большинством известных конструкций дифференциалов повышенного трения. В то же время он имеет и ряд недостатков. Исключение возможности кинематического рассогласования приводит к циркуляции паразитной мощности в межколёсном приводе. Это явление возникает при движении по дорогам с хорошим покрытием, что приводит к необходимости своевременного выключения блокировки.

На современных модификациях автомобилей КАМАЗ, предназначенных для эксплуатации в сложных дорожных условиях, применяются механизмы блокировки межколёсного дифференциала с дистанционным управлением [3]. Блокировка осуществляется при включении зубчатой муфты, соединяющей одну из полуосей с картером дифференциала (рис. 1).

Безотказность механизма блокировки может быть обеспечена за счёт правильного выбора параметров зубчатой муфты на базе математической модели рабочего процесса. При исследовании механизма следует принимать во внимание, что внешнее воздействие может быть задано тремя видами нагрузок:

1. Передаваемый от двигателя и преобразуемый трансмиссией крутящий момент. Учитывая, что работа зубчатой муфты происходит в режиме блокировки дифференциала, крутящий момент, подаваемый на ведомое зубчатое колесо главной передачи, может полностью перераспределяться на одну из полуосей.



Рис. 1 – Муфта блокировки межколёсного дифференциала грузового автомобиля КАМАЗ

2. Сцепной момент, величина которого ограничивается условиями контакта ведущего колеса с опорной поверхностью. Например, при потере контакта одного из колес с дорогой крутящий момент на нём не реализуется и возможность движения определяется величиной коэффициента сцепления на другом колесе. Соответственно, полуось и зубчатая муфта механизма блокировки не могут быть нагружены большим моментом, чем сцепной момент на данном колесе.

3. Усилие включения муфты, определяемое конструкцией привода механизма блокировки. Данное усилие создаёт осевую нагрузку при взаимодействии механизма с полуосью. Трение скольжения в шлицах определяется в значительной степени воздействием внешних факторов, прежде всего температуры и состояния воздуха [4]. Температура воздуха влияет на условия смазки, запылённость воздуха способствует абразивному изнашиванию, достаточно интенсивному при трении скольжения.

Расчёт напряжений, действующих при работе механизма, должен быть основан на выборе метода расчёта в соответствии с классической методикой определения нагрузочных режимов [1]. Исходя из особенностей нагружения привода колёс грузового автомобиля повышенной проходимости [5], был сделан выбор в пользу сцепного момента, как наиболее вероятного параметра, ограничивающего уровень действующих напряжений.

В предлагаемой математической модели нормальные и касательные напряжения, действующие на зуб муфты блокировки, определяются по следующим зависимостям:

$$\sigma_s \overset{m}{=} \frac{8 \cdot G_i \cdot \varphi_m \cdot d_{kx}}{(D_z^2 - d_z^2) \cdot l_z \cdot n_z},$$

$$\tau_s \overset{r}{=} \frac{G_i \cdot \varphi_m \cdot r_k}{d_z \cdot l_z \cdot b_z \cdot n_z},$$

где G_i - суммарная вертикальная нагрузка на ведущем колесе, находящемся в лучших условиях сцепления с опорной поверхностью; φ_{max} - максимальный расчётный коэффициент

сцепления; r_k - радиус качения ведущего колеса; D_z , d_z - внешний и внутренний диаметры зубьев; l_z - длина зубьев; b_z - ширина зубьев; n_z - число зубьев.

Осевое усилие, создаваемое механизмом блокировки в шлицевом соединении с полуосью, находится по формуле:

$$P_x = \gamma_m \cdot P_p \cdot (\mu_s \cdot \alpha_s \cdot t)$$

где P_{pr} - расчётное усилие привода механизма; γ_m - коэффициент, учитывающий неравномерность работы привода (нестабильность усилия по мере включения в случае использования пневматического привода; нестабильность усилия из-за изменения вязкости рабочей жидкости при использовании гидравлического привода [6]); μ_{sh} - коэффициент трения скольжения в шлицевой паре; α_{st} - коэффициент, определяющий зависимость величины трения в шлицевой паре от температуры деталей; t - температура деталей.

Определение напряжений смятия и среза, возникающих в контакте зубьев муфты и картера дифференциала, позволяет обеспечить безотказную работу механизма блокировки. Значение осевого усилия в шлицевой паре может быть использовано при расчёте нагруженности полуоси, описанном авторами в работе [7]. В целом применение предложенной расчётной методики должно способствовать повышению эффективности эксплуатации грузовых автомобилей повышенной проходимости.

Список литературы

1. Лукин П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. – Москва: Машиностроение, 1984. – 376 с. – Текст: непосредственный.
2. Осепчугов, В.В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с. – Текст: непосредственный.
3. 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. – Текст: непосредственный.
4. Барыкин А.Ю. Оценка затрат энергии в процессе зимней эксплуатации ведущего моста грузового автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Энергосбережение. Наука и образование: сборник докладов Международной конференции. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2017. - С. 52-57.
5. Барыкин А.Ю. Оценка факторов, определяющих условия эксплуатации привода колёс / А. Ю. Барыкин, М. М. Мухаметдинов. – Текст: электронный // Архитектурно-строительный и дорожный комплексы: проблемы, перспективы, новации. Материалы Международной научно-практической конференции, 7-9 декабря 2016. – Омск: СибАДИ, 2016. - С. 541-545. – Режим доступа <http://bek.sibadi.org/fulltext/ed2224.pdf>
6. Курдин П.Г. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / П. Г. Курдин, Ю. К. Филиппов, В. А. Токарев. – Текст: непосредственный // Итоговая научная конференция: (2018; Набережные Челны) [Текст]: сб-к докладов. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2018. – С. 62-73.
7. Барыкин А.Ю. Моделирование нагруженного состояния полуоси грузового автомобиля / А. Ю. Барыкин, Р. Р. Басыров, Р. М. Галиев, Д. И. Нуретдинов, И. Ф. Шайхутдинов. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2021. – № 7. – С. 72-74.

05.13.18

О.И. Богомолова, А.И. Галимянова, В.Т. Якупова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, boikfti@yandex.ru, anisa.program@gmail.com, planeta_1987@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММ ГЕНЕРАЦИИ ГАУССОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

В работе исследована производительность программ генерации ряда случайных чисел, подчиняющихся нормальному распределению. В некоторых задачах стохастического моделирования требуется генерация большого числа случайных чисел, поэтому скорость генерации имеет огромное значение. В работе показан сравнительный анализ двух реализаций гауссового ряда. Одна из реализаций - метод Бокса-Мюллера, использующий трансцендентные функции. Другой метод, разработанный авторами - аппроксимация на основе рациональной дроби, в числителе и знаменателе которой полиномы второго порядка. Для сравнительного анализа реализованы две программы на языке программирования высокого уровня РНР.

Ключевые слова: *Метод Бокса-Мюллера, ряда случайных чисел, скорость генерации, трансцендентные функции, сравнительный анализ.*

Введение

В некоторых задачах вероятностного моделирования предполагается использование генераторов случайных чисел. Генераторы равномерно распределенных случайных чисел реализованы во многих современных языках программирования. В задачах стохастического моделирования часто требуются генераторы случайных величин, подчиняющихся тому или иному закону распределения [1-2]. Наиболее распространенным является нормальное распределение. Генерация гауссовых случайных чисел, имеет решающее значение в таких областях, как финансовое моделирование, геофизика, геология, астрофизика, оптика, обработка графики.

В работе [3] предложен метод и алгоритм генерации случайных чисел, подчиняющихся заданному закону распределения. Предложенная аппроксимация представляет собой рациональную дробь, в числителе и знаменателе которой стоят многочлены. Одно из преимуществ предложенной аппроксимации – быстрота выполнения кода. Покажем на примере генерации случайных чисел, соответствующих нормальному закону распределения сравнение времени выполнения для предложенного метода и метода Бокса-Мюллера, часто используемого в моделировании стохастических процессов.

Метод Бокса-Мюллера предложен в 1958 Боксом и Мюллером для генерации пары нормально распределенных чисел. Для реализации метода необходимо генерировать случайные числа, имеющие равномерное распределение. Пусть r и φ — независимые случайные величины, равномерно распределённые на интервале $[0,1]$. Вычислим z_0 и z_1 по формулам:

$$\begin{aligned}z_0 &= \cos(2\pi\varphi)\sqrt{-2\ln(r)} \\z_1 &= s(2\pi\varphi)\sqrt{-2\ln(r)}\end{aligned}$$

Переменные z_0 и z_1 будут независимы и распределены нормально с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1. Для получения ряда нормальных величин с необходимым математическим ожиданием μ и дисперсией σ необходимо выполнить преобразование:

$$\xi = \mu + \sigma z$$

Метод Бокса-Мюллера генерации случайных нормально-распределённых чисел предполагает использование тригонометрических функций, логарифмов, квадратного корня.

Эти функции достаточно затратные по времени выполнения, в отличие от предложенной авторами аппроксимации.

Покажем время выполнения генерации случайных чисел с нормальным распределением по методу Бокса-Мюллера и с использованием метода, предложенного в работе [5]. Для сравнения была выбрана аппроксимация Паде в виде рациональной дроби, в числителе и знаменателе которой стоят многочлены второй степени.

Одна из важных задач тестирования программных приложений – тестирование производительности кода. Проведем сравнительный анализ времени выполнения генерации $2 \cdot 10^6$ и $3 \cdot 10^6$ чисел, подчиняющихся нормальному закону вероятностного распределения методом Бокса-Мюллера и аппроксимацией `erf_inv22`. Обе реализации выполнены на языке программирования `php`. Расчеты проводились на виртуальной машине Oracle VM VirtualBox в операционной системе Linux.

В ОС Linux реализована команда `Time`, используемая для определения продолжительности выполнения программы. Эта команда полезна, если вы хотите узнать время выполнения команды или сценария. Утилита `Time` запускает заданную программу и, по окончании выполнения, выводит информацию о затраченном на выполнение времени. Результат работы команды `Time` - вывод трех блоков данных:

- `real` — реальное (общее) время выполнения;
- `user` — время CPU, которое занял пользователь;
- `sys` — время CPU, занятое системой.

Методы и функции, предоставляемые Oracle VM VirtualBox, могут быть использованы в следующих случаях:

- **Запуск нескольких операционных систем одновременно.** Oracle VM VirtualBox позволяет запускать несколько ОС одновременно. Таким образом, можно запускать программное обеспечение, написанное для одной ОС на другой.
- **Упрощенная установка программного обеспечения.**
- **Тестирование и аварийное восстановление.** После установки виртуальную машину и ее виртуальные жесткие диски можно считать контейнером, который можно произвольно заморозить, разбудить, скопировать, создать резервную копию и транспортировать между узлами.

В таблице 1, 2 представлено время выполнения генерации 2000000, 3000000 значений, сгенерированных методом Бокса-Мюллера и аппроксимацией Паде, представляющей собой дробь с числителем - полиномом 2 степени и знаменателем - полиномом 2 степени. На рисунке 2 представлен скриншот выполнения команды `Time` для файлов `1.php` и `2.php`, генерирующих $3 \cdot 10^6$ значений. Файл `1.php` выполняет генерацию по методу Бокса-Мюллера, а файл `2.php` - генерацию с использованием функции `erf_inv22`.

Таблица 1 – Сравнительный анализ времени выполнения генерации $2 \cdot 10^6$ чисел, имеющих нормальное распределение двумя методами: Бокса-Мюллера и с использованием функции `erf_inv22`, обратной к `erf`.

Номер генерации	Время генерации с использованием <code>erf_inv22</code> (секунды)	Время генерации методом Бокса-Мюллера(секунды)
1	0,186	1,158
2	0,2	1,14
3	0,19	1,235
4	0,186	1,16
5	0,186	1,158
Среднее по всем генерациям	0,1896	1,1702

Таблица 2 – Сравнительный анализ времени выполнения генерации $3 \cdot 10^6$ чисел, имеющих нормальное распределение двумя методами: Бокса-Мюллера и с использованием функции $\text{erf}\text{inv}22$, обратной к erf .

Номер генерации	Время генерации с использованием $\text{erf}\text{inv}22$ (секунды)	Время генерации методом Бокса-Мюллера(секунды)
1	0,282	1,8
2	0,277	1,78
3	0,279	1,75
4	0,295	1,78
5	0,277	1,78
Среднее по всем генерациям	0,282	1,778

Заключение

Анализ работы программ показывает преимущество по производительности программ, использующих аппроксимации рациональной дробью, без использования трансцендентных функций. В данной статье сравнивалась генерация 2 млн. и 3 млн. значений нормально распределенных чисел. Метод генерации, предложенный авторами, повышает производительность программы более чем в 6 раз, по сравнению с методом Бокса-Мюллера. Данная аппроксимация может быть реализована в различных языках программирования высокого уровня. Особенно актуально использование предложенных аппроксимаций в приложениях, требующих генерации большого количества случайных чисел.

Список литературы

1. *Cohen F., Fan Z. and Patel M.*, Classification of rotated and scaled textured images using Gaussian Markov random field models, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence 13 (1991), no. 2, 192–202.
2. *Hoffman Y. and Ribak E.*, Constrained realizations of Gaussian fields – A simple algorithm, Astrophys. J. Letters 380 (1991), L5–L8.
3. *Rue H. and Held L.*, Gaussian Markov Random Fields: Theory and Applications, Monogr. Statist. Appl. Probab. 104, Chapman & Hall, London, 2005.
4. *Богомолова О.И.*, Алгоритм и программная реализация получения аппроксимации Паде для функций, обратных к функциям распределения / Вестник технологического университета. 2018, т.21, в.11, с.127-131
5. *Богомолова О.И.*, Свидетельство о регистрации программы INVERSE PROBABILITY DISTRIBUTION FUNCTION APPROXIMATION 2020610385, 14.01.2020. Заявка № 2019665842 от 26.11.2019

05.13.18

А.П. Буйнов д-р техн. наук, А.Т. Шарапов, М.С. Чепижко

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедры «Электрическая тяга» и «Электроснабжение транспорта»,
Екатеринбург, buynov@mail.ru, sharapov.aliexsandr97@mail.ru, jmmas@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ТЯГОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОВОЗА

Предлагается усовершенствованная методика расчета качественных показателей зацепления цилиндрической эвольвентной тяговой косозубой передачи электровоза, а также рекомендации по величине их значений. В приведенной авторами методике учитываются коэффициенты, характеризующие контактную и изгибную прочность, виброустойчивость и износостойкость.

Ключевые слова: *электровоз, тяга, зубчатая передача, зацепление, качество, расчет, методика, совершенствование.*

Тяговая зубчатая передача предназначена для передачи вращательного момента с вала тягового двигателя на колесную пару электровоза и состоит из двух (или одного) зубчатых колес (рис. 1 (1)) и двух (одной) шестерен (шестерни) (рис. 1, (2)) [1, 2]. Зубчатое колесо напрессовывается на ось колесной пары или на удлиненную ступицу колесного центра, шестерня – на вал тягового электродвигателя или на вал привода от тягового редуктора.

Высокий процент отказов элементов тяговых редукторов [3–5] поднимает вопрос качества зацепления в тяговых зубчатых передачах (рис. 1). Исследования [6, 7], проводимые авторами, в отношении качества зацепления не в полной мере освещают настоящую проблему.

Для обеспечения максимальной контактной и изгибной прочности, виброустойчивости, износостойкости и плавности работы цилиндрической эвольвентной косозубой (каждое из зубчатых колес представляет собой полушеврон) двусторонней тяговой передачи внешнего зацепления авторами предлагаются следующие рекомендации по величине значений качественных показателей зацепления, таких как: коэффициенты торцового и осевого перекрытия, полезного действия, удельного скольжения, удельного давления и формы зуба.

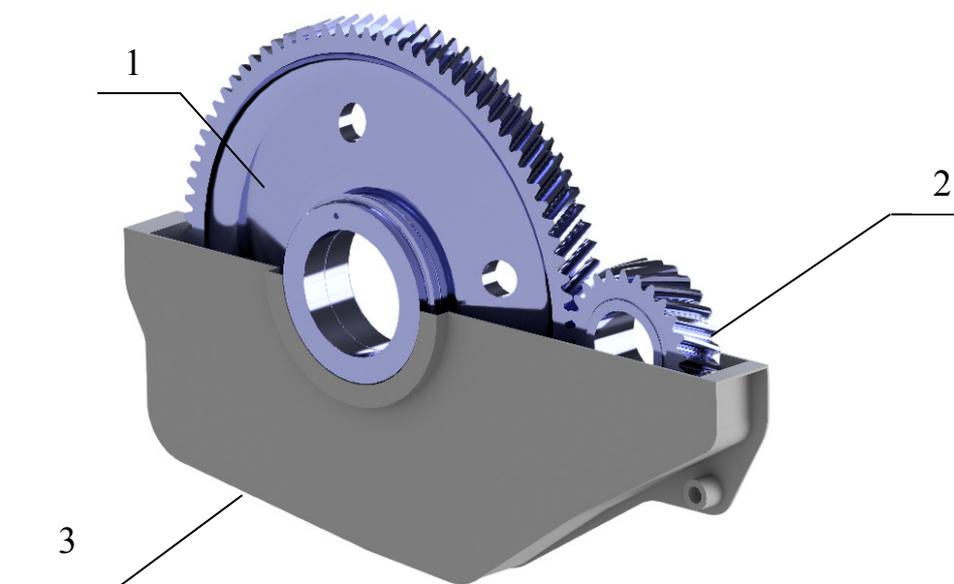


Рис. 1 – Тяговая зубчатая передача электровоза:
1 – зубчатое колесо; 2 – шестерня; 3 – кожух зубчатой передачи

Коэффициент торцового перекрытия ε_α характеризует непрерывность и плавность зацепления [8]:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{z_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{a1} + z_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_{a2} - (z_1 + z_2) \cdot \operatorname{tg}\alpha_{tw}}{2 \cdot \pi}, \quad (1)$$

где $z_{1,2}$ – количество зубьев колеса; $\alpha_{a1,2}$ – угол профиля зуба в точке на окружности вершин; α_{tw} – угол зацепления.

$$\cos \alpha_{a1,2} = \frac{d_{b1,2}}{d_{a1,2}}, \quad (2)$$

где $d_{b1,2}$ – диаметр колеса (основной); $d_{a1,2}$ – диаметр вершин зубьев.

$$\operatorname{inv}\alpha_{tw} = \frac{2 \cdot x_\Sigma \cdot \operatorname{tg}\alpha}{z_1 + z_2} + \operatorname{inv}\alpha_t, \quad (3)$$

где x_Σ – сумма коэффициентов смещения зубчатых колес; h_a^* – коэффициент высоты головки зуба исходного контура; α – угол профиля исходного контура; α_t – угол профиля.

$$d_{b1,2} = d_{1,2} \cdot \cos \alpha_t, \quad (4)$$

где $d_{1,2}$ – диаметр колеса (делительный);

$$d_{a1,2} = d_{1,2} + 2 \cdot (h_a^* + x_{1,2} - \Delta y) \cdot m, \quad (5)$$

где h_a^* – коэффициент высоты головки зуба исходного контура; $x_{1,2}$ – коэффициент смещения; Δy – коэффициент уравнительного смещения; m – модуль зацепления.

$$\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos \beta}, \quad (6)$$

где β – угол наклона зубьев на делительном цилиндре.

$$d_{1,2} = \frac{z_{1,2} \cdot m}{\cos \beta}; \quad (7)$$

$$\Delta y = x_\Sigma - y, \quad (8)$$

где y – коэффициент воспринимаемого смещения.

$$y = \frac{a_w - a}{m}, \quad (9)$$

где a_w – межосевое расстояние; a – делительное межосевое расстояние.

$$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m}{2 \cdot \cos \beta} \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{tw}}; \quad (10)$$

$$a = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m}{2 \cdot \cos \beta}; \quad (11)$$

$$1.2 \leq \varepsilon_\alpha \leq 1.7. \quad (12)$$

Необходимость выполнения данного условия обусловлена тем, что увеличение коэффициента торцового перекрытия способствует более плавной и бесшумной работе передачи, но при превышении рекомендуемого значения начинают возрастать скольжение и износ профилей зубьев. При значениях меньше рекомендуемых не выполняется условие плавности и непрерывности зацепления.

Коэффициент осевого перекрытия ε_β характеризует виброакустические свойства передачи:

$$\varepsilon_\beta = b / p_x, \quad (13)$$

где b – ширина зубчатого колеса; p_x – осевой шаг.

$$p_x = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta}; \quad (14)$$

$$\varepsilon_{\beta} > 1.27. \quad (15)$$

Коэффициент полезного действия η зубчатой передачи (цилиндрической, внешнего зацепления) [9]:

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \pi \cdot f \cdot \varepsilon_{\alpha} \cdot (1/z_1 + 1/z_2), \quad (16)$$

где f – коэффициент трения.

$$0.95 \leq \eta \leq 0.98. \quad (17)$$

Коэффициент удельного скольжения в нижней точке активного профиля зуба θ_p (критерий износостойкости зубчатой передачи):

$$\theta_{p1,2} = -\frac{(\operatorname{tg}\alpha_{a2,1} - \operatorname{tg}\alpha_{rw}) \cdot (u+1)}{\operatorname{tg}\alpha_{rw} - u \cdot (\operatorname{tg}\alpha_{a2,1} - \operatorname{tg}\alpha_{rw})}, \quad (18)$$

где u – передаточное число (отношение числа зубьев большего колеса к меньшему).

$$\theta_{p1} \approx \theta_{p2}. \quad (19)$$

Необходимо отметить, чем меньше значение коэффициента удельного скольжения (по модулю), тем более износоустойчива зубчатая передача.

Коэффициент удельного давления при контакте зубьев в полюсе зацепления q – критерий обеспечения контактной прочности:

$$q = \frac{2 \cdot (z_1 + z_2)}{m \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg}\alpha_{rw}}, \quad (20)$$

где α – угол профиля исходного контура.

$$q < 2. \quad (21)$$

Коэффициент формы зуба Y_F – критерий обеспечения изгибной прочности (определяется по рис. 2 или по эмпирической формуле):

$$Y_F = 3.47 + \frac{13.2 - 27.9 \cdot x}{z_v} + 0.092 \cdot x^2, \quad (22)$$

где z_v – эквивалентное число зубьев.

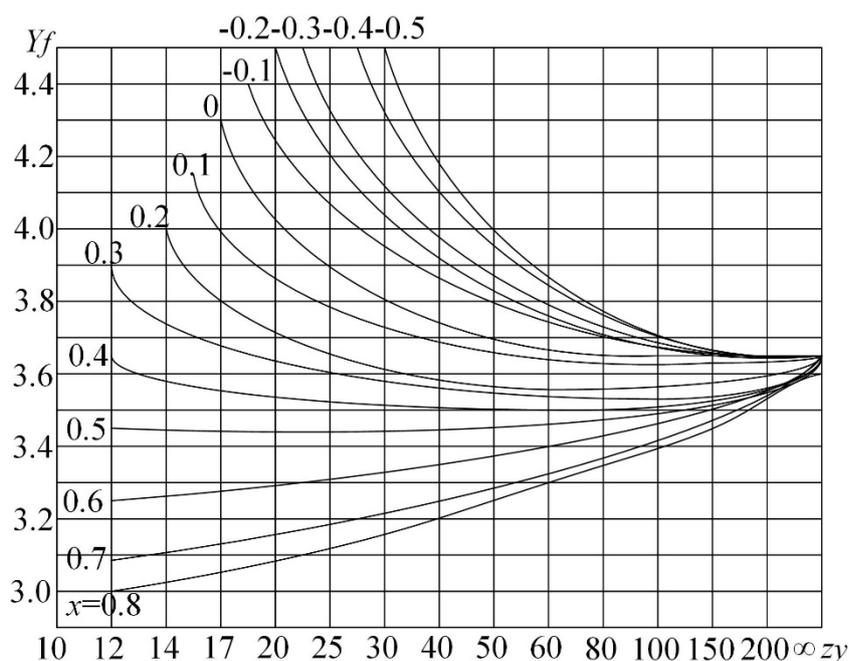


Рис. 2 – График для определения критерия обеспечения изгибной прочности

Эквивалентное число зубьев z_v определяется по формуле:

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}, \quad (23)$$

где z – действительное количество зубьев; β – угол наклона зубьев на делительном цилиндре.

$$3.2 \leq Y_F \leq 4.4. \quad (24)$$

Предлагаемая методика расчета качественных показателей зацепления тяговой зубчатой передачи наиболее полно оценивает её в аспектах износостойкости, контактной и изгибной прочности, виброустойчивости, плавности и бесшумности работы. Кроме перечисленного качественные показатели зацепления дают возможность сравнения ряда зубчатых передач.

Список литературы

1. Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М.: Транспорт, 1986. 256 с.
2. Генкин М.Д., Рыжов М.А., Рыжов Н.М. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
3. Буйносов А.П., Юдт Е.С., Шаранов А.Т. Анализ основных причин отказов тяговых передач электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 14-17.
4. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение долговечности опорных цилиндрических роликовых подшипников тягового привода пассажирского электровоза // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С. 151-154.
5. Буйносов А.П., Шаранов А.Т. Влияние износа элементов тяговой передачи на долговечность привода грузовых электровозов // Транспорт Урала. 2021. № 1(68). С. 61-63.
6. Буйносов А.П., Шаранов А.Т., Чебаков С.А. Проверка качества зацепления тяговой зубчатой передачи электровоза 2ЭС6 // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2020. № 4(48). С. 13-20.
7. Буйносов А.П., Шаранов А.Т. Исследование качества зацепления тяговой зубчатой передачи электровоза 2ЭС6 по геометрическим показателям // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 29-33.
8. ГОСТ 16532–70 (дата актуализации текста: 06.04.2015). Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии. Введ. 01.01.1972. М.: Издательство стандартов, 1983. 43 с.
9. Колчин Н.И. Механика машин. Т.2. Л.: Машиностроение, 1972. 455 с.

05.13.18

¹А.Ф. Галимянов, ²Ф.А. Галимянов¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
кафедра билингвального и цифрового образования,²Казанский государственный энергетический университет,
кафедра Информатики и информационно управляющих систем,
Казань, anis_59@mail.ru, fanisgalimyanov@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Для обработки больших данных при педагогических исследованиях для поиска закономерностей и кластеризации применение архитектур нейронных сетей, использующие механизм residual связей является оптимальным во многих смыслах. Данная архитектура упрощает структуру сети, также лучше моделирует работу мозга. Указанные связи можно смоделировать при помощи дробно-дифференциального уравнения. В статье рассматривается один из возможных путей построения такого дробно-дифференциального уравнения и предлагается метод Бубнова-Галеркина приближенного решения полученного уравнения. Приведены условия сходимости предложенного метода и теорема, где указана скорость сходимости приближенного решения к точному.

Ключевые слова: *residual связи, большие данные, дробные производные, дробно-дифференциальные уравнения, метод Бубнова-Галеркина, скорость сходимости.*

Residual архитектуры. Среди нейросетевых архитектур очень популярными оказались архитектуры, использующие механизм residual связей [1]. Для анализа больших данных примером такой архитектуры является ResNet.

Остаточная нейронная сеть (ResNet) является искусственной нейронной сетью, прототипом которой является пирамидные клетки в коре головного мозга. Остаточные нейронные сети характеризуются тем, что пропускают соединения или ярлыки для перехода через некоторые слои.

Причинами для добавления пропускаемых соединений является следующее. Во-первых, это необходимость избежать проблемы исчезающих градиентов или уменьшить проблему деградации (насыщения точности), что является весьма актуальным для большого количества данных, многие из которых очень приближенны. Во-вторых, добавление большого количества слоев к достаточно глубокой модели приводит к более высокой ошибке обучения.

Пропуск также упрощает структуру сети, так как использует меньшее количество слоев на начальных этапах обучения.

Остаточные сети лучше моделируют мозг, поскольку нейроны коркового слоя получают входные данные от первого слоя, минуя промежуточные слои.

Опишем математически механизм такой связи.

Теорема 1 (Универсальная теорема аппроксимации, К. Hornik, 1991) для любой непрерывной функции найдется нейронная сеть $a(x)$ с линейным выходом, аппроксимирующая $f(x)$ с заданной точностью.

Допустим, стандартный слой принимает на вход результат работы предыдущих t слоев сети – обозначим это представление h_t . Тогда выход сети можно задать так [1]:

$$h_{t+1} = f(h_t, \theta_t),$$

где через $f(h_t, \theta_t)$ было обозначено какое-то линейное преобразование, которое задается на практике с помощью полносвязанных, сверточных слоев, их комбинаций.

Допустим, что $f(h_t, \theta_t)$ совпадает по размерности с h_t . Тогда слоем residual связью называют следующее преобразование:

$$h_{t+1} = f(h_t, \theta_t) + h_t, \tag{1}$$

суммирование в векторном случае происходит поэлементно.

Рассмотрим представление h_t как функцию от t , то есть $h_t = h(t)$. Тогда, проделывая несложные преобразования, получим:

$$\begin{aligned} h(t+1) - h(t) &= f(h(t), \theta_t). \\ \frac{h(t+1) - h(t)}{(t+1) - t} &= f(h(t), \theta_t). \end{aligned}$$

Теперь можно преобразовать полученное соотношение по-разному. Напрашивается рассмотрение функции $h(t)$ как непрерывной функции от непрерывного аргумента на некотором отрезке $[a, b]$ и переход к производной, то есть запись уравнения в виде

$$\frac{h(t + \Delta t) - h(t)}{\Delta t} = f(h(t), \theta_t),$$

далее, устремляя число слоев к бесконечности, получается уравнение

$$\frac{dh(t)}{dt} = f(h(t), \theta_t). \tag{2}$$

Мы предлагаем более гибкий метод моделирования. Вместо производной первого порядка предлагается производная дробного порядка, которая обладает более широкими возможностями для моделирования подобных процессов, то есть вместо уравнения (2) предлагается модельное уравнение [2]:

$$D^{(\alpha)}h(t) = f(h(t), \theta_t), \quad h, f \in L_2[0, 2\pi] \tag{3}$$

При необходимости всегда можно привести любой отрезок к отрезку $[0, 2\pi]$ и периодически продолжить, то есть наши условия не ограничивают общности.

Здесь $D^{(\alpha)} = \frac{D_+^{(\alpha)} + D_-^{(\alpha)}}{2 \cos(\frac{\alpha\pi}{2})}$ определяется с помощью операторов дробного дифференцирования

$D_{\pm}^{(\alpha)}$, определяемых для дробных производных $\varphi(t)$, заданных на отрезке $[a, b]$ по формулам [3]:

$$\begin{aligned} (D_{a+}^{(\alpha)})\varphi(t) &= \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_a^t \frac{\varphi(x)dx}{(t-x)^\alpha}, \quad -\infty < t < \infty, \\ (D_{b-}^{(\alpha)})\varphi(t) &= \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_t^b \frac{\varphi(x)dx}{(x-t)^\alpha}, \quad -\infty < t < \infty, \end{aligned}$$

— дробная производная Римана-Лиувилля, лево- и правосторонние, $0 < \alpha < 1$, $\Gamma(x)$ – гамма-функция Эйлера. Естественно, можно определить дробные производные и для любых значений $\alpha \geq 1$ и все результаты останутся верными, но чтобы не загромождать работу мы ограничимся случаем $0 < \alpha < 1$.

При построении приближенного метода для решения уравнения (3) будем учитывать, что $D^{(\alpha)}$ – симметричный и положительно определенный оператор [2]. Учитывая это, введем скалярное произведение и норму

$$[h, v] = (D^{(\alpha)}h, v), \quad [h] = (D^{(\alpha)}h, h)^{1/2}.$$

Пополняя наше пространство $D = L_2[0, 2\pi]$ по введенной норме, получаем энергетическое пространство, обозначаемое через H_D .

Принимая θ_t как параметр и умножая исходное уравнение (3) на произвольную функцию $v \in H_D$ получаем уравнение

$$[h, v] = (f, v). \tag{4}$$

Полученное уравнение (4) будем решать методом Бубнова-Галеркина. Согласно этому методу, в энергетическом пространстве H_D выбирается система базисных функций $\varphi_j, j = 1..N$. Приближенное решение ищется в виде линейной комбинации базисных функций:

$$h_N = \sum_{j=1}^N c_j \varphi_j. \tag{5}$$

Неизвестные коэффициенты $c_j, j = 1..N$ находятся из системы линейных алгебраических уравнений:

$$[h_N, \varphi_k] = (f, \varphi_k), \quad k = 1..N \tag{6}$$

Учитывая вид приближенного решения и линейность введенного и обычного скалярных произведений, получаем систему линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^N c_j [\varphi_j, \varphi_k] = (f, \varphi_k), \quad k = 1 \dots N \quad (7)$$

Предложенный метод (5)-(7) сходится и для него выполняется следующая

Теорема 2. Пусть уравнение (3) имеет единственное решение при любой правой части и форма $L(u, v) = [u, v]$ является H_D -определенной и H_D – ограниченной, то есть выполняются следующие условия: $L(u, u) \geq \gamma_0^2 [u]^2$, $L(u, v) \leq \gamma_1^2 [u][v]$, $\gamma_0, \gamma_1 \equiv const$, последовательность подпространств H_N – линейных оболочек функций $\varphi_j, j = 1..N$ – предельна плотна в H_D .

Тогда при любом конечном N система (7) однозначно разрешима и приближенные решения h_N сходятся к точному решению h при $N \rightarrow \infty$ по метрике введенного энергетического пространства, к тому же справедлива оценка погрешности

$$[h - h_N] \leq c\varepsilon(h, N),$$

где $\varepsilon(h, N)$ – функция от N (оценка погрешности приближенного решения), удовлетворяющая неравенству

$$\min_{c_j} \left\| D^{(\alpha)} \left(h - \sum_{j=1}^N c_j \varphi_j \right) \right\| \leq \varepsilon(h, N) \rightarrow 0.$$

Также возникает задача оптимизации параметров θ функции f . Это можно сделать, следуя результатам [1], [4],[5],[6].

Вывод. Получено дробно-дифференциальное уравнение, моделирующее механизм residual связей, предложен метод приближенного решения и доказана сходимость указанного метода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта “Цифровая модель формирования индивидуальной траектории профессионального развития учителя на основе больших данных и нейросетей (на примере Республики Татарстан)», № 19-29-14082.

Список литературы

1. *Kaiming He and Xiangyu Zhang and Shaoqing Ren and Jian Sun.* (2015) Deep Residual Learning for Image Recognition. CoRR
2. *Galimyanov A.F., Vorontsova V.L., Gorskaya T.Y.,* Approximate methods for the equations with fractional differential operator//Global Journal of Pure and Applied Mathematics. - 2015. - Vol.11, Is.6. - P.5133-5144.
3. *Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И.,* Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987. – 688с.
4. *Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser L.,Polosukhin I.* (2017). Attention Is All You Need. NIPS.
5. *Chen, Tian Qi and Rubanova, Yulia and Bettencourt, Jesse and Duvenaud, David K* (2018) Neural Ordinary Differential Equations. Advances in Neural Information Processing Systems 31, 6571–6583 NIPS2018

05.13.18

Ю.Г. Полкунов

Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики,
Оренбург, polkunov_ug@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ В УСТУПНОМ РЕЖИМЕ ПОРОД СРЕДНЕЙ И ВЫШЕ КРЕПОСТИ

Статья посвящена разработке математической модели усилий, возникающих на оси конических дисковых инструментов в уступном режиме разрушения, при разрушении хрупких пород средней и выше крепости.

Ключевые слова: *конический дисковый инструмент, механическое разрушение.*

Производственные испытания рабочих органов проходческих комбайнов избирательного действия, оснащенных коническими дисковыми инструментами, при проведении подготовительных выработок в пластовых месторождениях с большим количеством крепких прослоек и включений позволили снизить энергозатраты при разрушении горного массива, увеличить скорость проведения выработок, сократить расход рабочего инструмента и уменьшить запыленность воздуха в проходческом забое [1].

Экспериментальные исследования установили, что процесс разрушения крепких пород коническим дисковым инструментом, когда предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \geq 50$ МПа, осуществляется последовательными проходами по одному и тому же следу с увеличением глубины внедрения последующими проходами. В результате формируются устойчивые и неустойчивые магистральные трещины.

Результаты лабораторных исследований установили, что разрушение горных пород средней крепости коническими дисковыми инструментами в условиях свободного режима разрушения по уступной схеме, когда $\sigma_{сж} < 50$ МПа, представляет собой циклический процесс. Фазы чередования – отделение крупного элемента и разрушение мелкой фракции до начальной поверхности, с которой начинается разрушение крупного элемента породы коническим дисковым инструментом, повторяются на протяжении всего процесса разрушения при заданном шаге разрушения t_p , глубины внедрения h и высоты уступа L .

Свободный режим разрушения породы коническим дисковым инструментом характеризуется тем, что конический дисковый инструмент проходит один раз по своему следу.

Для выяснения влияния режимных, геометрических параметров и прочностных характеристик на процесс разрушения хрупких горных пород коническими дисковыми инструментами была разработана математическая модель их нагруженности по алгоритму, изложенному в работе [2].

Для решения задач теории упругости использовался метод граничных элементов [3]. Поверхность разрушения строили в зоне главных напряжений $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 < 0$, $\sigma_3 < 0$ с использованием критерия Лебедева-Писаренко.

На рисунке 1 приведены формы осколков горной породы при разрушении их коническим дисковым инструментом. Объем крупного элемента в цикле определялся на основе следующих формул:

$$V_{эл} = \frac{\pi t_p L z}{6}, \text{ м}^3; \quad V_{п} = \frac{t_p L z}{6}, \text{ м}^3,$$

где

$V_{эл}, V_{п}$ - объемы крупных элементов, определяемых по формулам восьмой части эллипсоида и пирамиды, соответственно;

Z – координата выхода трещины в сторону свободной поверхности при разрушении породы коническим дисковым инструментом.

В результате моделирования процесса разрушения породы дисковым инструментом $D = 0,16$ м была установлена следующая функциональная зависимость координаты z , характеризующей выход трещины на свободную боковую поверхность, от режимных параметров

$$z = (3.3 + 80t_p) + 100h(640t_p^2 - 90t_p + 2,73), \text{ м}$$

при $t_p = 0,03; 0,04; 0,05; 0,06$ м; $L = t_p$, м; $0 \leq h \leq L$ м,

где

t_p – шаг разрушения, м;

h – глубина внедрения, м;

L – высота выступа, м.

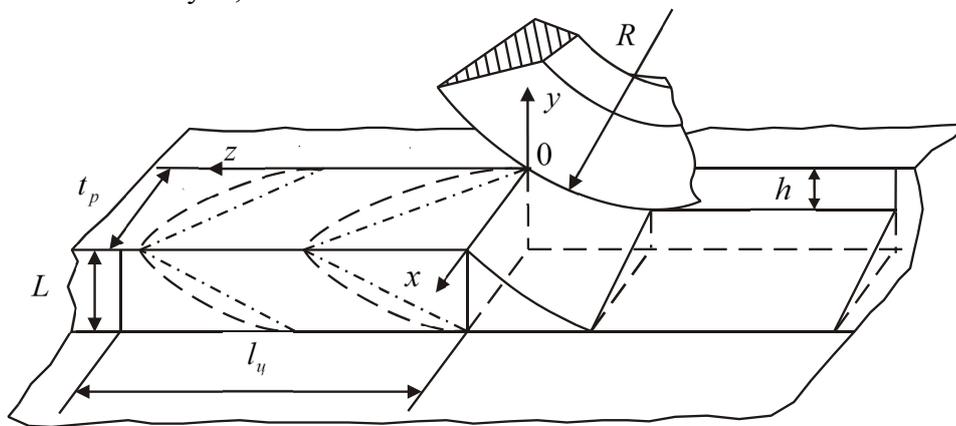


Рис. 1 – Формы осколков и циклы разрушения

На рисунке 2 приведены результаты сопоставления экспериментальных и теоретических зависимостей объемов крупных элементов от шага разрушения t_p . Нетрудно видеть, что все экспериментальные точки лежат между верхней и нижней границами теоретических зависимостей

$$V_{эл} \geq V_{экс} \geq V_{ср} = \frac{V_{эл} + V_{п}}{2}.$$

Анализ влияния режимных параметров: шага разрушения t_p , глубины внедрения h и высоты уступа L на величину объема разрушенных крупных элементов показывает, что:

- для $t_p, L \leq 0,04$ м увеличение объемов крупных элементов возможно только с увеличением глубины внедрения h ;

- для $t_p, L > 0,04$ м увеличение объемов крупных элементов возможно с малой глубиной внедрения, когда $h \ll L$.

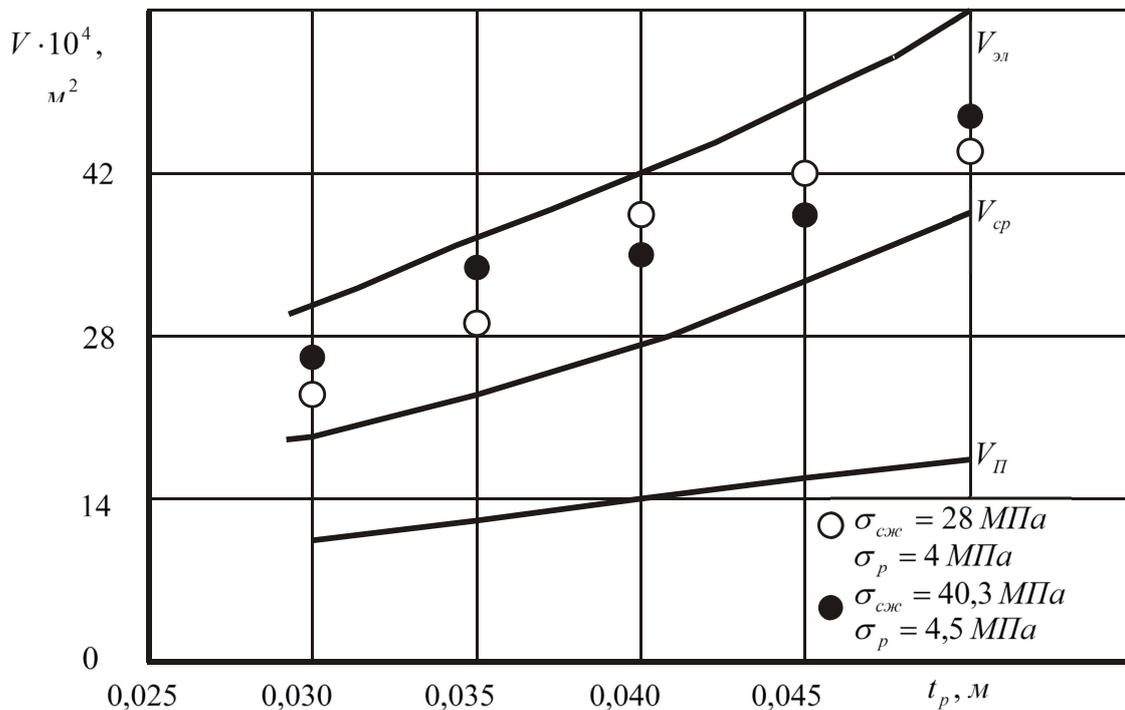


Рис. 2 – Зависимости объемов крупных элементов от шага разрушения

Формулы расчета нагруженности конических дисковых инструментов проходческого комбайна при разрушении горных пород средней и выше крепости в уступном режиме:

$$P_z = D\theta \sqrt{k_\sigma t_p} \frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\cos \gamma} \sin(k\theta) \sigma_{сж},$$

$$P_y = P_z ctg(k\theta),$$

$$P_x = \frac{P_z \mu b}{R \sin(k\theta)},$$

где

P_z, P_y, P_x – проекция вектора усилий \bar{P} на оси декартовой системы координат OZ, OY, OX, соответственно, Н;

φ – угол заострения, град.(рад.);

γ – задний угол, град. (рад.);

R – радиус дискового инструмента, м;

D – диаметр дискового инструмента, м;

$\theta = \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right)$, рад.;

$\rho = 0,0005$ м – острый дисковый инструмент;

h – глубина внедрения, м;

b – ширина посадочного места, м;

$\sigma_{сж}$ – предел прочности горной породы на одноосное сжатие, Па;

$k = 1,3 - \sqrt{0,64 - (100h - 0,9)^2}$;

$c = 0,5$;

$\mu = 1$;

t_p – шаг разрушения, м;

$k_\sigma = 1$, если $\sigma_{сж}^0 \geq 67$ МПа;

$k_\sigma = \frac{-0,739 + 92,34}{\sigma_{сж}^0 - 13,91}$, если $30 \leq \sigma_{сж}^0 < 67$ МПа;

k_σ – безразмерная величина;

$\sigma_{сж}$ – имеет размерность МПа.

Формулы определения усилий на конических дисковых инструментах были определены для условий, когда глубина внедрения $h \ll L$, где L – высота уступа, и $t_p \leq L$.

В таблице 1 приведены результаты расчетов, показывающие изменения нагруженности конических дисковых инструментов в зависимости от диаметра D и радиуса закругления лезвия ρ ($\varphi = 40^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $h = 0,006$ м; $t_p = 0,04$ м; $\sigma_{сж} = 70$ Мпа).

Анализ результатов расчета показал, что:

- усилия перекатывания P_z не зависят от геометрических размеров диаметра конического дискового инструмента;

- увеличение радиуса закругления лезвия дискового инструмента ρ от 0,0005 м до 0,002 м приводит к возрастанию усилий в 2 раза.

Таблица 1 – Зависимость нагруженности конического дискового инструмента от радиуса закругления и диаметра

ρ , м	D , м	P_z , кН	P_y , кН
0,0005	0,16	2,709	12,253
	0,18	2,708	13,022
	0,20	2,707	13,748
0,001	0,16	3,832	17,328
	0,18	3,830	18,415
	0,20	3,828	19,442
0,002	0,16	5,419	24,505
	0,18	5,416	26,044
	0,20	5,414	27,496

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет выбирать рациональные геометрические и режимные параметры конических дисковых инструментов и исполнительного органа при разрушении пород средней и выше крепости.

Список литературы

1. *Хорешок А.А.* Расширение области применения проходческих комбайнов избирательного действия /А.А. Хорешок, Ю.Г. Полкунов, В.В. Кузнецов др.- Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2000.- 36 с.
2. *Полкунов Ю.Г., Спиридонова Е.В.* Математическое моделирование нагруженности конических дисковых инструментов // Научно – технический вестник Поволжья. – 2017. - №4. – С. 168 - 171.
3. *Бенерджи П.* Метод граничных элементов в прикладных науках / П. Бенерджи, Р. Баттерфилд. – М.: Мир, 1984. – 494 с.

05.13.18

А.С. Титовцев, М.Н. Томилова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, tom_mn@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ НАКОПИТЕЛЯ

В работе дается общее описание модели открытой многоканальной системы массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами и предельным объемом накопителя. Представлен граф подобной системы. Проведена математическая формализация модели. Приведены основные вероятностные и числовые характеристики системы.

Ключевые слова: *система массового обслуживания, взаимопомощью между каналами, очередь.*

Настоящая работа продолжает цикл публикаций, начатый в работе [1] и посвященный разработке математических основ функционирования открытой системы массового обслуживания (СМО) с частичной взаимопомощью между каналами и предельным объемом накопителя.

В работе [1] рассматривается следующая постановка задачи. Пусть на вход m -канальной СМО поступает простейший поток заявок с плотностью λ . Плотность простейшего потока обслуживания каждого канала равна μ . Если поступившая на обслуживание заявка застает все каналы свободными, то она принимается на обслуживание и обслуживается одновременно n каналами ($1 \leq n \leq m$). При этом поток обслуживаний одной заявки, очевидно, будет иметь интенсивность $n\mu$. Алгоритм взаимопомощи между каналами, предложенный в данной работе, описан ниже. Если в системе находится i заявок, и при этом $in = m$, то каждая заявка будет обслуживаться одновременно n каналами, все эти заявки будут обслуживаться одновременно m каналами общей производительностью $m\mu$. Если в системе находятся i заявок, но при этом $in < m$, то в этом случае часть заявок будет обслуживаться n каналами, другая часть – меньшим, чем n , числом каналов, но в обслуживании будут заняты все m каналов, которые распределяются между заявками произвольным образом, таким образом, в этом случае общая производительность системы также будет $m\mu$. Если в системе находятся $i = m$ заявок, то каждая заявка обслуживается только одним каналом, общая производительность системы при этом составляет $m\mu$. Если в системе находятся $i > m$ заявок, то каждая заявка обслуживается одним каналом и при этом возникает очередь, общая производительность системы также составляет $m\mu$.

Граф состояний системы массового обслуживания подобного рода имеет вид, изображенный на рис. 1. В этом случае приведенная интенсивность входящего потока заявок равна $\rho = \lambda/\mu$. На этом рисунке I соответствует тому состоянию, начиная с которого в обслуживании будут заняты все m каналов. При этом можно рассмотреть два следующих случая. Если $in = m$, то есть m кратно n , очевидно, имеем $I = m/n$. В частности, при $n = 1$ отсюда следует $I = m$ (хорошо изученный случай системы массового обслуживания без взаимопомощи между каналами), а при $n = m$ имеем $I = 1$ (система массового обслуживания с полной взаимопомощью между каналами). В том случае, если $in > m$, имеем $I = [m/n] + 1$, где квадратные скобки означают целую часть дроби m/n (стандартное обозначение классической теории чисел).

Ранее в работе [1] были впервые получены формулы для вероятностных характеристик системы массового обслуживания такого рода, в частности для вероятности полного простоя системы p_0 :

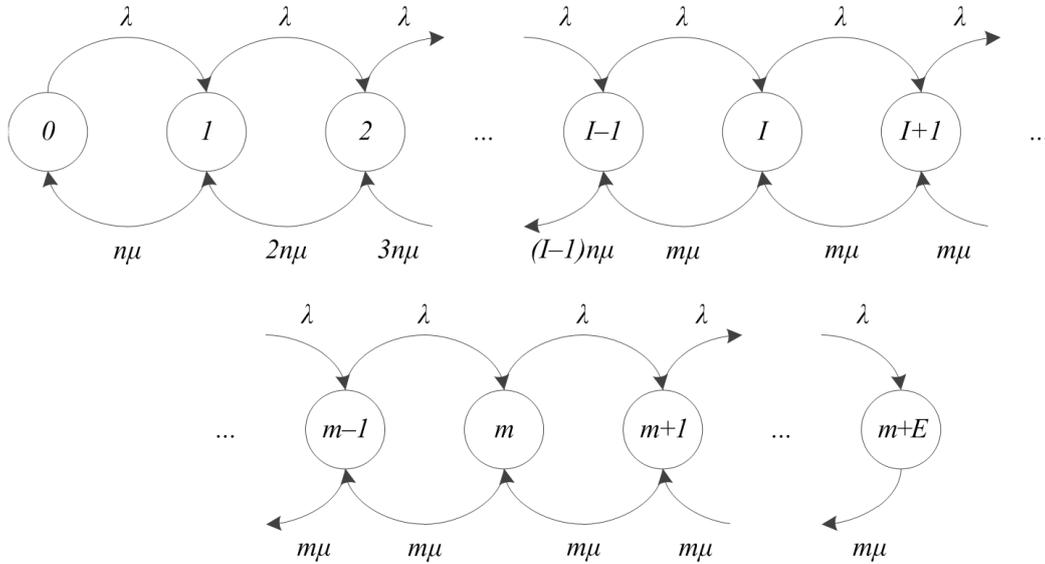


Рис. 1 – Граф состояний и переходов СМО

$$p_0 = \left[e_{I-1} \left(\frac{\rho}{n} \right) + \frac{\rho^{I-1}}{(I-1)!n^{I-1}m} \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{m} \right) + \left(\frac{\rho}{m} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\rho}{m} \right)^{m+E-I} \right\} \right]^{-1}, \quad (1)$$

где $e_{I-1} \left(\frac{\rho}{n} \right)$ – неполная экспонента.

При этом вероятность нахождения в системе i заявок p_i :

$$p_i = \begin{cases} \frac{\rho^i}{i!n^i} p_0, & 0 \leq i \leq I - 1 \\ \frac{\rho^i}{(I-1)!n^{I-1}m^{i-I+1}} p_0, & I - 1 \leq i \leq m + E \end{cases}. \quad (2)$$

При значениях $n = 1$ формулы (1) и (2) обращаются в формулы, соответствующие модели многоканальной СМО с очередью конечной длины. А для $n = 1, E = 0$ те же формулы будут соответствовать модели А. Эрланга. Если длина очереди будет стремиться к бесконечности ($E \rightarrow \infty$) и приведенная интенсивность входящего потока заявок не превышает количество обслуживающих устройств ($\rho < m$), тогда формулы для нахождения p_0 и p_i обращаются в аналогичные соотношения модели М/М/м [2-3].

Для удобства дальнейших вычислений положим, что $I = m/n$, тогда формулы (1) и (2) примут соответствующий вид:

$$p_0 = \left[e_{I-1} \left(\frac{\rho}{n} \right) + \frac{1}{I!} \cdot \left(\frac{\rho}{n} \right)^I \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{m} \right) + \left(\frac{\rho}{m} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\rho}{m} \right)^{m+E-I} \right\} \right]^{-1}, \quad (3)$$

$$p_i = \begin{cases} \frac{1}{i!} \cdot \left(\frac{\rho}{n} \right)^i p_0, & 0 \leq i \leq I; \\ \frac{1}{I!} \cdot \left(\frac{\rho}{n} \right)^I \cdot \left(\frac{\rho}{m} \right)^{i-I} p_0, & I \leq i \leq m + E. \end{cases}. \quad (4)$$

Введем базисные вероятностные характеристики СМО [4,5]:

- базовая вероятность

$$p_B = \sum_{i=0}^{I-1} p_i = p_0 e_{I-1} \left(\frac{\rho}{n} \right); \quad (5)$$

- вероятность занятости

$$p_{зан} = \sum_{i=I}^{m+E} p_i = \frac{1}{I!} \left(\frac{\rho}{n} \right)^I p_0 \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m} \right)^{m+E-I+1}}{1 - \frac{\rho}{m}}; \quad (6)$$

- вероятность ожидания

$$p_{\text{ожид}} = \sum_{i=m}^{m+E-1} p_i = \frac{p_0}{l!} \left(\frac{\rho}{n}\right)^l \left(\frac{\rho}{m}\right)^{m-l} \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^E}{1 - \frac{\rho}{m}}; \quad (7)$$

- вероятность отказа

$$p_{\text{отк}} = p_{m+E} = \frac{p_0}{l!} \left(\frac{\rho}{n}\right)^l \left(\frac{\rho}{m}\right)^{m+E-l}; \quad (8)$$

тогда условие нормировки запишется в виде:

$$p_B + p_{\text{зан}} = p_B + p_{\text{ожид}} + p_{\text{отк}} = 1. \quad (9)$$

Найдем среднее число \bar{m} занятых каналов в обслуживающем устройстве.

$$\bar{m} = \sum_{i=0}^{l-1} n_i p_i + \sum_{i=l}^{m+E} m p_i = \rho p_0 \left[e_l \left(\frac{\rho}{n}\right) + \frac{1}{l!} \left(\frac{\rho}{n}\right)^l \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^{m+E-l}}{1 - \frac{\rho}{m}} \right]. \quad (10)$$

Исходя из условия нормировки (9) среднее число \bar{m} занятых каналов:

$$\bar{m} = \rho(p_B + p_{\text{зан}} - p_{\text{отк}}). \quad (11)$$

Осредненный квадрат числа занятых каналов в обслуживающем устройстве:

$$\bar{m}^2 = [(n + \rho)p_B + \rho p_{l-1} + m(p_{\text{зан}} - p_{\text{отк}})]. \quad (12)$$

Дисперсия величины \bar{m} :

$$\sigma_l^2 = \bar{m}^2 - \bar{m}^2. \quad (13)$$

Согласно общей формуле [2], среднее число требований в очереди (средняя длина очереди):

$$\bar{l} = \sum_{i=m+1}^{m+E} (i - m) p_i = \frac{p_0}{l!} \left(\frac{\rho}{n}\right)^l \left(\frac{\rho}{m}\right)^{m-l+1} \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^E}{\left(1 - \frac{\rho}{m}\right)^2} - \frac{p_0}{l!} \left(\frac{\rho}{n}\right)^l \left(\frac{\rho}{m}\right)^{m-l+1} \frac{E \left(\frac{\rho}{m}\right)^E}{1 - \frac{\rho}{m}}. \quad (14)$$

Исходя из условия нормировки (9) и средней длины очереди (14) имеем:

$$\bar{l} = \frac{\rho}{m - \rho} (p_{\text{ожид}} - E p_{\text{отк}}). \quad (15)$$

Осредненный квадрат числа требований:

$$\bar{l}^2 = \sum_{i=m+1}^{m+E} (i - m)^2 p_i = \frac{\rho}{m - \rho} \left[\frac{m + \rho}{m - \rho} p_{\text{ожид}} - E \left(E + 2 \frac{m}{m - \rho} \right) p_{\text{отк}} \right]. \quad (16)$$

Дисперсия числа требований в очереди:

$$\sigma_l^2 = \bar{l}^2 - \bar{l}^2. \quad (17)$$

Функция распределения времени ожидания заявки:

$$F_{\text{ожид}}(t) = 1 - \frac{p_m}{q} \frac{m}{m - \rho} e^{-m\mu t} \left[e_{E-1}(\rho\mu t) - \left(\frac{\rho}{m}\right)^E e_{E-1}(m\mu t) \right]; \quad (18)$$

плотность распределения

$$f_{\text{ожид}}(t) = \frac{p_m}{q} m\mu e^{-m\mu t} e_{E-1}(\rho\mu t). \quad (19)$$

На основании полученных формул вероятности ожидания, ее функции и плотности распределения имеем среднее время ожидания

$$\bar{t}_{\text{ожид}} = \frac{p_m}{q} \frac{1}{m\mu} \left[\frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^E}{1 - \frac{\rho}{m}} - E \left(\frac{\rho}{m}\right)^E \right] = \frac{1}{\lambda q} \frac{\rho}{m - \rho} (p_{\text{ожид}} - E p_{\text{отк}}). \quad (20)$$

Осредненный квадрат среднего для среднего времени ожидания

$$\bar{t}_{\text{ожид}}^2 = \frac{1}{\lambda q} \frac{\rho}{m - \rho} \frac{1}{m\mu} \left[2 \frac{m}{m - \rho} (p_{\text{ожид}} - E p_{\text{отк}}) - E(E + 1) p_{\text{отк}} \right]. \quad (21)$$

Дисперсия времени ожидания:

$$\sigma_{t_{\text{ожид}}}^2 = \bar{t}_{\text{ожид}}^2 - \bar{t}_{\text{ожид}}^2. \quad (22)$$

Приведённые в данной работе результаты могут быть полезны при проектировании объектов, работающих по принципу систем массового обслуживания. Предложенная модель является универсальной для целого класса открытых СМО, поскольку при определённых значениях параметров, она сводится к ранее известным классическим моделям открытых СМО. Подобные математические модели позволяют оценить производительность проектируемой системы при известной её структуре.

Список литературы

1. *Кирпичников А.П., Томилова М.Н.* Вероятностные характеристики открытых многоканальных систем массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 1. С. 92-96.
2. *Кирпичников А.П.* Методы прикладной теории массового обслуживания. Москва, ЛЕНАНД, 2018. 244 с.
3. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. Москва, Советское радио, 1972. 552 с.
4. *Кирпичников А.П., Титовцев А.С.* Системы обслуживания с неоднородным входным потоком требований, отказами и очередью // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 5. С. 154-161.
5. *Кирпичников А.П., Титовцев А.С.* Первый и второй моменты общего времени пребывания заявки в системе с произвольным количеством источников и поликомпонентных входным потоком заявок // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 6. С. 120-124.

05.13.18

А.С. Титовцев, М.Н. Томилова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, notna6683@mail.ru

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ НАКОПИТЕЛЯ

Данная работа посвящена численному исследованию стабильных режимов работы открытых многоканальных систем массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами и ограниченным предельным объемом накопителя. Представлен алгоритм расчета и изучена динамика изменения граничных значений среднего количества всех обслуживающих устройств при изменении приведенной интенсивности входного потока заявок и длины очереди.

Ключевые слова: *система массового обслуживания, взаимопомощь между каналами, очередь.*

В последние несколько десятилетий все более актуальной становится проблема распределения ограниченного количества ресурсов в разнообразных областях: в сфере обслуживания населения, телекоммуникации, транспортных системах, логистике, и т.п. Примерами подобных систем являются сортировочные станции, морские грузовые порты, аэропорты, дорожные сети городов, системы парковки, оптовые базы, супермаркеты, пункты обслуживания. Для исследования подобных систем применяют математическое моделирование. Все вышеперечисленные объекты в своей основе имеют элементы, которые можно описать с помощью систем массового обслуживания (СМО) [1,2].

В реальности достаточно часто встречаются системы, в которых для обработки входящей заявки может быть использовано не одно обслуживающее устройство, а несколько, при условии, что остальные простаивают без работы. Примером подобных систем могут быть сортировочные центры крупных торговых сетей, где для сбора одного заказа могут привлекаться как один, так и несколько работников одновременно. В более ранних публикациях авторов [1] можно подробно ознакомиться с постановкой задачи подобной СМО.

Однако, при эксплуатации объектов и систем, построенных по принципу СМО, всегда возникает проблема очередей и слишком продолжительного времени обслуживания. Поэтому актуальной является проблема нахождения стабильных режимов функционирования систем. В данном случае удобным параметром, который можно относительно свободно варьировать в процессе эксплуатации системы, является количество обслуживающих устройств многоканальной СМО. Следовательно, для изучения работы СМО необходимо исследовать характер поведения моментов длины очереди и времени ожидания обслуживания заявки в очереди при изменении числа обслуживающих устройств [3,4].

На рисунке 1 продемонстрирован примерный вид зависимости первого начального момента и среднеквадратичного отклонения числа заявок, ожидающих обслуживания в очереди, от общего числа обслуживающих устройств. Аналогично будет выглядеть зависимость от среднего времени ожидания обслуживания. На основе графика можно сделать очевидный вывод о том, что существует некоторое граничное значение m (m_1 для l_{cp} , m_2 для $\overline{t_{ожид}}$), соответствующее точке пересечения моментов числа заявок в очереди, которое делит графики по оси абсцисс на две части: область, в которой среднеквадратичное

отклонение (СКО) длины очереди находится в пределах математического ожидания, и область, в которой разброс числа заявок в очереди превышает среднее значение. Режим функционирования системы, при котором СКО длины очереди не превышает ее среднего значения, является наиболее стабильным и предсказуемым с точки зрения эксплуатации [3].

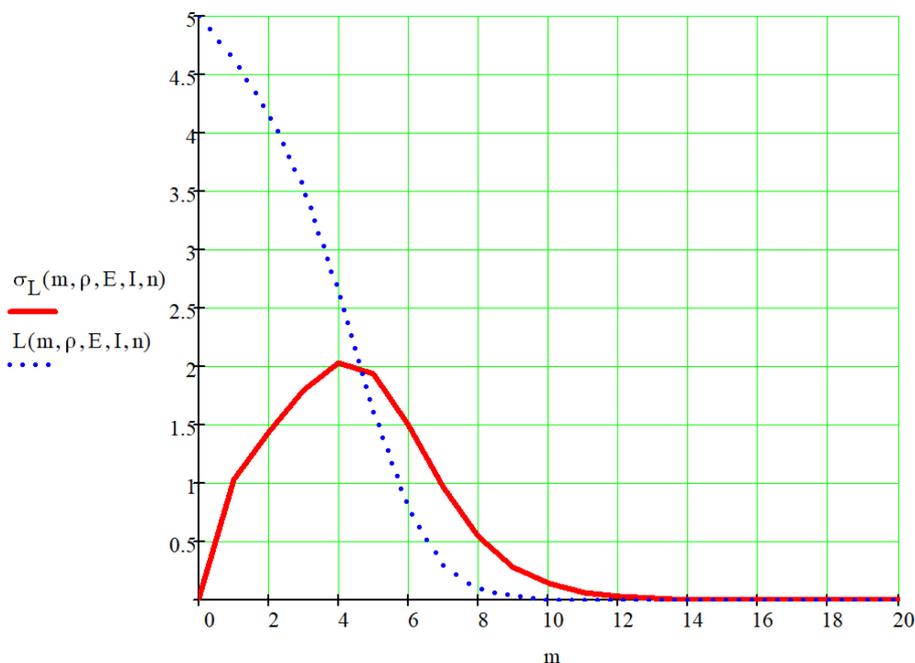


Рис. 2 – Зависимость математического ожидания и СКО числа заявок в очереди от числа обслуживающих устройств

В рассматриваемом случае интересно отследить динамику изменения m граничных при изменении приведенной интенсивности входного потока заявок, а также ограничений на длину очереди.

Для нахождения m граничных используются ранее полученные формулы для нахождения значений характеристик модели открытой СМО с частичной взаимопомощью между каналами и предельным объемом накопителя [1].

Поиск m граничных производится с помощью специально разработанной программы. Изменяя приведенную интенсивность входного потока заявок ρ в пределах от 5 до 13, найдем значения $m1$ и $m2$ граничных при различных ограничениях на длину очереди $E = 5; 10; 15; 25; 50; 100$. Для этого был проведен ряд вычислительных экспериментов по алгоритму представленному на рис. 2. На вход в качестве исходных данных подаются приведенная интенсивность входного потока заявок (ρ), минимальное число заявок, одновременно находящееся под обслуживанием, при полной загрузке системы (I), количество каналов, способных одновременно обслуживать одну заявку (n), и соответствующие ограничения на длину очереди (E).

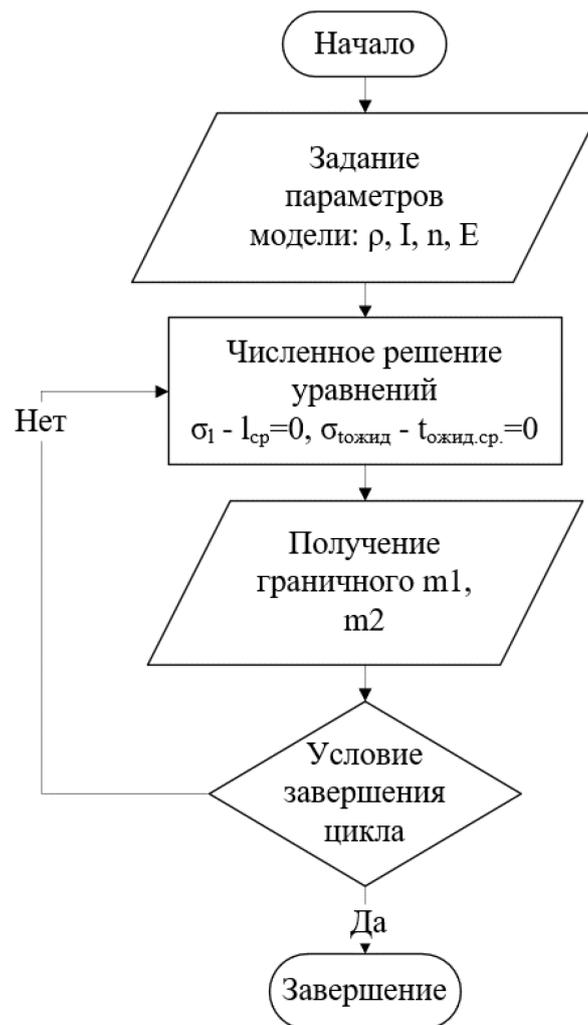


Рис. 2 – Блок-схема алгоритма расчета m граничного

Расчеты для исследования проводились с использованием математического программного обеспечения для инженерных расчетов MathCad, являющегося универсальной системой, позволяющий проводить расчеты и писать программный код для решения задач в любой области науки и техники.

На рис. 3 приводятся результаты в виде зависимостей $m1$ и $m2$ граничных от приведенной интенсивности входного потока заявок ρ .

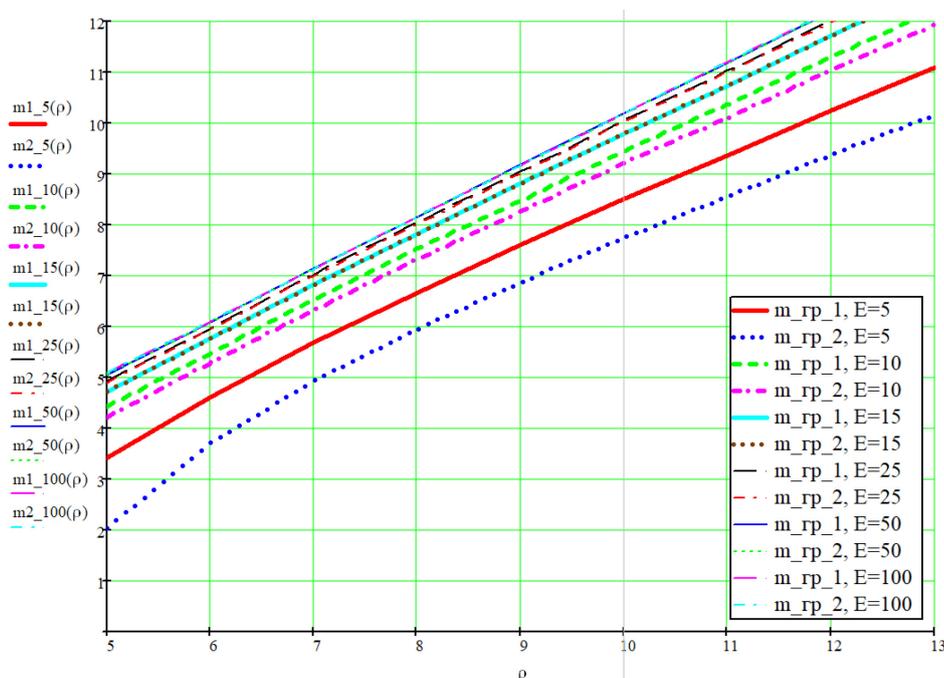


Рис. 3 – Зависимость m_1 и m_2 граничных от приведенной интенсивности входного потока заявок ρ

Стоит отметить, что для открытой многоканальной системы массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами и ограниченным объемом накопителя представленные зависимости имеют почти линейный характер поведения.

Приведённые в данной работе результаты могут быть полезны при проектировании объектов, работающих по принципу рассматриваемых систем массового обслуживания.

Список литературы

1. *Кирпичников А.П., Томилова М.Н.* Вероятностные характеристики открытых многоканальных систем массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 1. С. 92-96.
2. *Кирпичников А.П.* Методы прикладной теории массового обслуживания. Москва, ЛЕНАНД, 2018. 244 с.
3. *Кирпичников А.П., Титовцев А.С.* О нестационарном режиме в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 6. С. 201-202.
4. *Кирпичников А.П., Титовцев А.С.* Характеристики систем дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 8. С. 337-340.

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

05.13.19

Е.М. Баранова, С.Ю. Борзенкова, И.Е. Кузьмин

Тульский государственный университет,
институт прикладной математики и компьютерных наук,
кафедра информационной безопасности,
Тула, tehnol@rambler.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ОБЪЕКТОВ
КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

В работе рассмотрен процесс категорирования объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) и возникающих при этом проблем с выполнением требований регуляторов. Предложены пути решения выявленных проблем, связанных с процедурой определения категорий объектов КИИ.

Ключевые слова: *критическая информационная инфраструктура, категорирование объектов, экспертная система, экспертная группа, этапы категорирования.*

Государство, в последние годы, делает уверенные шаги в сторону разработки пакета нормативных документов, позволяющих организовать информационную безопасность объектов ряда организаций и предприятий.

Принятый в действие федеральный закон №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» позволяет говорить о кардинальных изменениях в сфере обеспечения информационной безопасности.

В связи с принятием в силу 187-ФЗ опубликован список дополняющей нормативно-правовой регулирующей базы. Это связано с тем, что правильное определение вида системы позволяет понять, какой перечень мер необходимо применять для обеспечения безопасности объекта критической информационной инфраструктуры (КИИ) в соответствии с требованиями нормативных документов.

Одним из первых этапов работ по выполнению требований нормативных документов является категорирование объектов КИИ. В соответствии с № 187-ФЗ под категорированием понимается процедура, в процессе которой по некоторой совокупности показателей и их значений объекту КИИ присваивается категория значимости или принимается мотивированное решение о ее отсутствии.

В результате анализа ряда Федеральных законов, Постановлений и Указов в сфере безопасности КИИ, а именно вопроса категорирования выявлен ряд неоднозначных моментов в процессе категорирования объектов информационной инфраструктуры, которые могут привести к неверным решениям в области рассматриваемых объектов и применяемым методам получения результата. Основным документом, определяющим процедуру категорирования объектов критической информационной инфраструктуры, выступает постановление Правительства РФ от 08.02.2018 № 127 «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений».

На рисунке 1 представлен процесс категорирования объектов КИИ.

Основной целью этапа «Категорирование объектов КИИ» является оценка и присвоение категории объектам КИИ с точки зрения согласования и оценки перечня и объектов КИИ.

В связи с неурегулированной деятельностью комиссии в данной сфере возникает проблема качества, а также, правильности выбранных методов, например:

1. Некорректная оценка экспертами комиссии объектов критической информационной инфраструктуры может привести к экономическому несоответствию категорируемого объекта и (или) несоответствию обеспечения информационной безопасности объекта;

2. В результате некорректного определения критических процессов объекта, выставляемая оценка может привести к усугублению ситуации, связанных с нарушением работы объекта в случае инцидентов (данная причина вытекает из этапа сбора данных об объектах критической информационной инфраструктуры) и др.



Примечание:
КИИ — критическая информационная инфраструктура

Рис. 1 – Процесс категорирования объектов критической информационной инфраструктуры

В качестве рекомендаций по категорированию объектов КИИ предлагается создание единой экспертной системы, позволяющей дополнить мнение экспертов и (или) заменить экспертную комиссию в ряде вопросов. Это решение позволит решить следующий перечень проблем:

1. Предписанный алгоритм действий экспертной комиссии, что позволит ей, присваивая оценку объекту КИИ, не только полагаться на личный опыт работы в данной сфере, но и на машинный интеллект.

2. Создание экспертной системы, например, с применением когнитивного анализа данных, заложенных изначально в системе и дополняющихся по мере использования, позволит уменьшать шанс некорректной оценки объекта КИИ.

На рисунке 2 представлен предполагаемый пример взаимодействия экспертной комиссии с единой экспертной системой, а также, продемонстрирована предполагаемая упрощенная структурная модель экспертной системы.

Из рисунка 2 следует, что проблема выбора требуемого метода оценки и дальнейшего принятия решения по категорированию объекта решается путём одновременного многоуровневого анализа и учёта всех тонкостей принятия решения по категорированию объектов КИИ.

Предполагаемая методика напрямую согласуется с п.5, описанным в постановлении Правительства РФ от 08.02.2018 № 127. Категорирование с помощью единой экспертной системы дополняет п.5 (д, е) таким образом, что экспертной комиссии напрямую регламентируются действия, в случае неоднозначного экспертного решения.

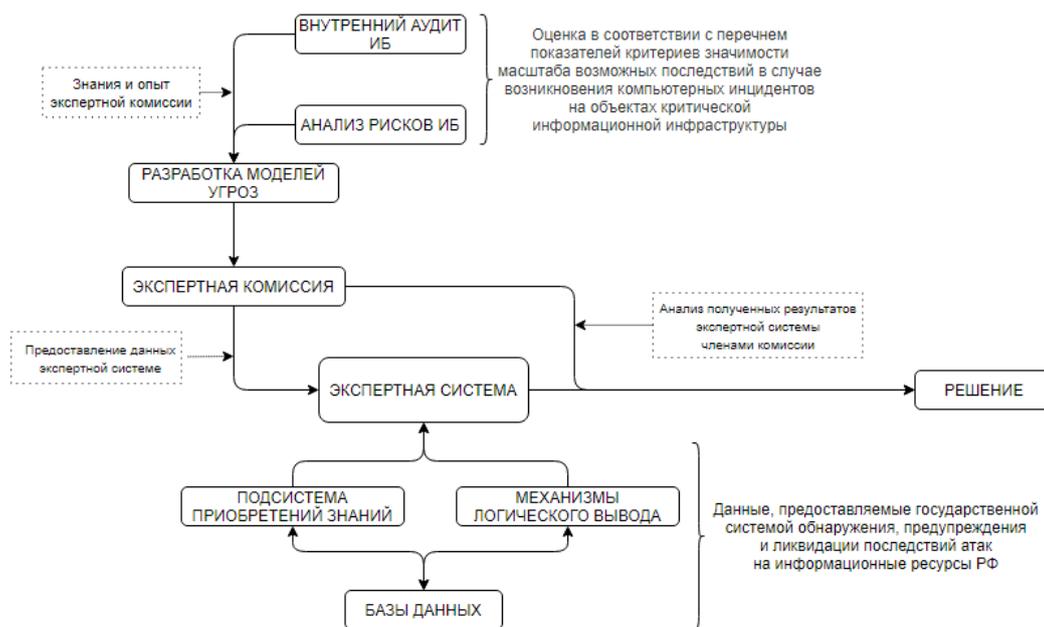


Рис. 2 – Пример предлагаемой методики работы экспертной комиссии с экспертной системой

Единственным верным решением получения результата экспертной системы является предоставление информации для окончательного принятия экспертной комиссией. Это связано сразу с несколькими определяющими факторами:

1. Подготовка проекта решения для экспертной комиссии, в целом, состоит из использования правил согласованности и одномерности, которые целесообразно обсуждать, с использованием математических методов в экспертных оценках;

2. В результате сбора информации экспертной системой для получения результата полезным является мнение экспертов в комиссии, отличающимся мышлением от массового, т.к. именно от них ожидается оригинальность аргументов и способов детализирования проблем категорирования, получаемых в результате мнений других членов комиссии. Процедура завершается по истечению соображений экспертов, позволяющих экспертной системе произвести корректный вывод и результат.

Таким образом, выявление неоднозначных моментов служит поводом корректировки формулировок в законодательной базе и создания методических рекомендаций (материалов) по действиям экспертной группы в ходе категорирования объектов КИИ.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации № 187-ФЗ от 26.07.2017 «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885. - Загл. с экрана. - (дата обращения: 20.06.2021)
3. Постановление Правительства Российской Федерации № 127 от 08.02.2018 г. «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/obespechenie-bezopasnosti-kriticheskoy-informatsionnoj-infrastruktury/287-postanovleniya/1614-postanovlenie-pravitelstva-rossijskoj-federatsii-ot-8-fevralya-2018-g-n-127>. - Загл. с экрана. - (дата обращения: 20.06.2021)
3. ФСТЭК России. Документы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty>. - Загл. с экрана. - (дата обращения: 20.06.2021)
4. Кузьмин И.Е., Баранова Е.М., Баранов А.Н., Борзенкова С.Ю. «К вопросу рекомендаций оптимального качественного и количественного формирования экспертной рабочей группы для решения задач информационной безопасности». Известия Тульского государственного университета. Технические науки. № 12 Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Изд-во ТулГУ, 2020. – 103-107 с.

05.13.19

Е.В. Мельников, О.С.Авсентьев

НЧОУ ВО «КИИЗ»,
Краснодар, kiiz@rambler.ru,
Воронежский институт МВД России,
Воронеж, osaos@mail.ru

ЗАЩИТА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ ОТ БЛОКИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В работе представлены методы защиты высокоскоростных радиосистем от блокирования информационного процесса за счет искажения или разрушения синхронизирующей информации. Предлагаются принудительные методы синхронизации квазислучайной последовательности большого периода для повышения вероятности синхронного запуска высокоскоростных радиосистем в условиях внешних деструктивных воздействий.

Ключевые слова: блокирование информации, синхронизирующая информация, зачетный отрезок, квазислучайная последовательность большого периода.

Принятие указа Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» инициировало начало перехода на качественно новый уровень цифровой обработки и передачи информации в телекоммуникационных сетях при управлении объектами народного хозяйства. В настоящее время все большее распространение получают беспроводные цифровые высокоскоростные системы передачи информации (БЦВСПИ), поскольку их использование имеет ряд преимуществ: существенно сокращается объем монтажных работ; достаточно просто обеспечивается масштабируемость площади покрытия радиосвязи, повышается помехоустойчивость передачи, за счет использования двоичных сигналов. Однако БЦВСПИ, как любые радиосистемы, доступны для преднамеренных внешних воздействий, реализуемых злоумышленником путем постановки импульсных широкополосных (кратковременных) помех. В связи с тем, что информационные системы рассматриваемого типа являются синхронными, такого рода воздействия могут быть направлены как на блокирование реализации информационного процесса, за счет искажения или разрушения синхронизирующей информации, с возможностью последующего навязывания ложной информации с применением радиосистем аналогичного типа [1].

Для противодействия блокированию информационного процесса в условиях внешних преднамеренных деструктивных воздействий в виде коротких импульсов требуется применение специально разработанных мер. Одним из таких мер является обеспечение надежной синхронизации квазислучайных последовательностей большого периода (КСПБП), используемых в высокоскоростных радиосистемах [2]. Когда в каналах связи отсутствуют деструктивные воздействия для синхронизации традиционных БЦВСПИ используются автономные методы с использованием квазислучайных последовательностей (КСП) малого периода. Однако в специальных высокоскоростных цифровых радиосистемах работающих в условиях деструктивных воздействий, использование КСП малого периода неизбежно приведет к повторению КСП в сеансах связи, что даст возможность злоумышленнику подавить следующий сеанс связи ранее перехваченным. Поэтому в высокоскоростных радиосистемах передачи информации, для исключения повторения КСП в различных сеансах связи используют квазислучайные последовательности большого периода (КСПБП). Это обусловлено свойствами КСПБП, которые близки к свойствам случайных последовательностей и за счет этого могут маскировать процесс синхронизации, а также ее

большой избыточностью, позволяющей, во-первых, противостоять частичным искажениям, во-вторых, обеспечить синхронизацию передатчика и приемника принудительным методом по небольшому участку синхронизирующей информации (СИ). Как следствие, становятся крайне актуальными задачи, связанные с принудительной синхронизацией КСПБП в специальных высокоскоростных радиосистемах для повышения защищенности информации указанных систем от блокирования в условиях внешних преднамеренных деструктивных воздействий.

Синхронизации квазислучайных последовательностей, посвящены труды многих отечественных и зарубежных специалистов: Баженова Б.И., Бродской Е.Б., Вайнштейна Л.А., Калмыкова Б.П., Рачкаускаса Р.С., Козлова А.Ф., Скворцова В.С., Лосева В.В., Мартынова Е.М., Стиффлера Дж. Дж., и других [3,4,5]. В работах этих ученых исследовалась синхронизация КСП с малыми периодами, применительно к каналам с независимыми ошибками, передача информации в которых сопровождается естественными помехами.

Попытки математического моделирования процесса синхронизации в каналах с организованными помехами при больших периодах КСП приводили к аналитически неразрешимым трансцендентным уравнениям и большим погрешностям при расчетах вероятности неприема СИ [6].

Поэтому в настоящее время отсутствуют модели, позволяющие исследовать процессы синхронизации высокоскоростных цифровых радиосистем с использованием КСПБП в условиях организованных деструктивных воздействий, что приводит к существенным трудностям получения адекватных оценок защищенности информации и обеспечения устойчивости информационного обмена.

В связи с этим, исследование процессов принудительной синхронизации КСПБП специальных высокоскоростных цифровых радиосистем в условиях внешних деструктивных воздействий представляет научный и практический интерес для разработчиков БЦВСПИ.

Анализ результатов расчета обработки СИ традиционными методами при фазировании датчиков КСПБП в условиях деструктивных воздействий показал, что только метод Уорда позволяет войти в синхронизм в течение одного периода, в то время как остальные методы требуют для этого более десятка периодов синхронизирующей информации. Следовательно, для принудительной синхронизации КСПБП в высокоскоростных радиосистемах целесообразно использовать метод Уорда, который позволит обеспечить синхронизацию КСПБП при приеме небольшого его отрезка, называемого зачетным отрезком (ЗОТ).

При синхронизации КСПБП важным становится эффективная защита от ложного запуска датчика КСПБП [1], а также оперативность первоначального вхождения в синхронизм, измеряемое интервалом времени до начала деструктивных воздействий [2].

Это обусловлено тем, что при появлении ложной синхронизации повторная синхронизация КСПБП будет осуществляться в условиях мощных преднамеренных помех организованной структуры, что существенно затруднит фазирование датчиков КСПБП. Оперативность первоначальной синхронизации КСПБП позволит сразу же перейти в помехозащищенный режим работы, что обеспечит инвариантность высокоскоростной радиосистемы к дальнейшим деструктивным воздействиям злоумышленника.

Поэтому для оценки синхронизации КСПБП целесообразно ввести следующие параметры [6]:

- вероятность правильного приема СИ P_{m} ;
- вероятность пропуска СИ P_{np} ;
- вероятность ложного запуска $P_{л}$;

Очевидно, эти вероятности вместе приводят к полной группе событий, поэтому можем записать:

$$P_{m} + P_{np} + P_{л} = 1 \quad (1)$$

Вероятности P_{np} и $P_{л}$ приводят к неприему СИ:

$$P_{np} + P_{л} = P_{н}; \quad (2)$$

тогда подставив $P_{н}$ в (1) получим:

$$P_{мн} + P_{н} = 1 \quad (3)$$

На основании специфики функционирования высокоскоростной радиосистемы, к устройству синхронизации датчиков КСПБП необходимо предъявить следующие требования:

1. Простота и невысокая стоимость реализации.
2. Максимально возможное удержание цикловой синхронизации при пропадании канала и минимального времени синхронизации при отсутствии организованных помех.
3. Обеспечение максимальной вероятности правильного приема СИ.
4. Защищенность от ложного фазирования и скрытность передачи СИ.

Список литературы

1. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М. Способ защиты от ложной синхронизации при принудительном запуске датчика аperiодической псевдослучайной последовательности в условиях организованных помех. // Патент на изобретение № 2732899 с приоритетом от 30 августа 2019. Дата регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 24 сентября 2020.
2. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М., Подольцев В.В. Особенности синхронизации генераторов аperiодических псевдослучайных последовательностей в широкополосных и CDMA-системах связи. // ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ: управление и высокие технологии, № 4 (48), 2019 г. Дата выхода в свет 03.02.2020. С. 35-42
3. Глушков А.Н., Спешилев Э.В. Устройство фазовой синхронизации двоичных фазоманипулированных сигналов // Вестник Воронежского института МВД России №2 / 2018. С. 115-123
4. Харисов В.Н., Булавский Н.Т. Бесперебойный алгоритм синхронизации на основе фазовых измерений // Радиотехника. 2000, № 6. - С. 75-79.
5. Zhang X., Sha X., Khan A.N. A variable step synchronization acquisition method for UWB systems // Information technology journal. 2008. - №7(2). - P. 313-319.
6. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М., Хисамов Ф.Г. A long period quasi-random sequences false synchronization probability estimation under organized interference conditions. // Scopus: IQP Conference Series: Materials Science and Engineering- Volume 919. Section 4. Reliability and data protection in automated technological systems. Overview of International Conference on Advances in Material Science and Technology – CAMS Tech-2020

05.13.19

Е.В. Мельников, О.С. Авсентьев

НЧОУ ВО «КИИЗ»,
Краснодар, kiiz@rambler.ru,
Воронежский институт МВД России,
Воронеж, osaos@mail.ru

МЕТОД ОЦЕНКИ ЛОЖНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В данной работе впервые получены математические модели для определения ложного запуска датчика КСПБП на основе использования теории кодирования, путем строгого доказательства изоморфизма процессов синхронизации КСПБП по методу Уорда декодированию $(k + m, k)$ -кода максимальной длины.

Ключевые слова: *ложный запуск, синхронизирующая информация, зачетный отрезок, квазислучайная последовательность большого периода.*

В специальных высокоскоростных радиосистемах (ВРС), устойчивых к деструктивным воздействиям, возникает проблема уменьшения вероятности ложной синхронизации квазислучайной последовательности большого периода (КСПБП) при первоначальном запуске системы [1], так как повторная синхронизация будет затруднена из-за наличия в канале связи мощных помех организованной структуры. До настоящего времени вопросы оценки ложного запуска датчиков КСПБП остаются открытыми. Это связано со сложностью определения законов распределения необнаруженных ошибок, приводящих к ложной синхронизации, что усложняло математическое описание появления ложного запуска ВРС. Синхронизация КСПБП по методу Уорда осуществляется по небольшому отрезку этой последовательности, называемому зачетным отрезком (ЗОТ), который равен длине линейного рекуррентного регистра (ЛРР) « k » датчика КСПБП [2]. Принятые из канала связи k - элементов заполняют приемный ЛРР и он начинает вырабатывать двоичную последовательность, которая сравнивается с последовательностью, поступающей из канала связи в схеме сравнения и при « m » совпадений датчик КСПБП переходит в автономный режим работы, что завершает процесс синхронизации. Если не будет m – совпадений подряд, то процесс синхронизации продолжается до тех пор, пока приемный ЛРР не будет заполнен не искаженным ЗОТ.

Ложная синхронизация может произойти тогда, когда возникает необнаруженная ошибка в схеме сравнения, за счет сложения по модулю два ошибочного символа из канала и ошибки такого же знака с выхода приемного ЛРР. При ложной синхронизации свертка принимаемого информационного сигнала не происходит и на приемной стороне это быстро обнаруживается по искаженному тексту. Однако тогда повторная синхронизация будет происходить в условиях мощных помех организованной структуры, что затруднит запуск датчика КСПБП [3].

Легко заметить, что правильная синхронизация наступает при приеме без искажений k символов из канала и m совпадений принимаемых символов из канала и с выхода приемного датчика КСПБП, то есть получаем $(k + m, k)$ -сегментный код максимальной длины. Тогда, очевидно, вероятность ложной синхронизации будет равна вероятности не обнаруженной ошибки сегментного $(k + m, k)$ -кода максимальной длины. Для этого докажем теорему об изоморфизме вероятности ложной синхронизации КСПБП по методу Уорда и вероятности необнаруженной ошибки сегментного $(k + m, k)$ -кода максимальной длины.

Теорема. Процесс синхронизации по методу Уорда путем проверки на совпадение символов КСПБП, поступающих из канала и от обратной связи приемного датчика КСПБП, эквивалентен выполнению проверочных соотношений $(k + m, k)$ - кода максимальной длины, где k – степень порождающего многочлена датчика КСПБП, а m – порог переключения приемного датчика КСПБП в автономный режим работы.

Доказательство.

Синхронизацию КСПБП по методу Уорда при « m » совпадений элементов поступающих из канала связи и от обратной связи приемного датчика КСПБП можно описать следующим выражением [4]:

$$\sum_{j=0}^k v_{i-j} h_{k-j} = 0, \quad i = k, k + 1, \dots, k + m - 1, \tag{1}$$

где: $v_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, k, k + 1, \dots, k + m - 1$ - последовательность, принимаемая из канала;

$h_k, \quad k = 0, \dots, k$ - коэффициенты полинома $h(x)$, на котором реализованы передающий и приемный датчики КСПБП, причем $h_0 = h_k = 1$, $h(x)$ - примитивный полином степени k .

Легко заметить [5,6], что соотношение (1) есть ни что иное как, равенство нулю синдрома линейного $(k + m, k)$ кода V с проверочной матрицей H , размера $m \times (k + m)$:

$$H = \begin{matrix} \left[\begin{array}{ccccccc} h_0 & h_1 & \dots & h_k & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_0 & \dots & h_{k-1} & h_k & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & h_0 & \dots & h_{k-1} & h_k & \dots \end{array} \right] \begin{matrix} \uparrow \\ m \\ \downarrow \end{matrix} \end{matrix} \tag{2}$$

Действительно, легко убедиться, что (1) эквивалентно выражению:

$$V \cdot H' = 0, \tag{3}$$

где: H' - транспонированная матрица H из (3.2),

$V = (V_0, V_1, \dots, V_{k+m-1})$ - кодовые слова $(k + m, k)$ кода.

Принимаемые символы $V_i, \quad i = 0, \dots, k + m - 1$, связаны с передаваемыми символами $b_i, \quad i = 0, 1, \dots, k + m - 1$, следующим очевидным соотношением:

$$V_i = b_i \oplus e_i, \quad i = 0, 1, \dots, k + m - 1, \tag{4}$$

где $e_i = 0$ или 1 - последовательность образцов искаженных символов в канале.

Следовательно, процесс синхронного запуска датчика КСПБП по методу Уорда полностью изоморфен декодированию $(k + m, k)$ -кода максимальной длины, **что и требовалось доказать.**

Очевидно, при декодировании такого кода появление необнаруженной ошибки кода будет эквивалентно появлению ложной синхронизации датчика КСПБП. Найдем математическую оценку вероятности ложного запуска КСПБП, как вероятность необнаруженной ошибки $(k + m, k)$ -кода максимальной длины на основе использования математического аппарата теории помехоустойчивого кодирования.

Если b_i - являются элементами КСПБП, реализованной на полиноме $h(x)$, то всегда $bH' = 0$. Тогда необнаруженная ошибка может появиться только в том случае, когда выполняются следующие соотношения:

$$eH' = 0, \quad e \neq 0 \quad (\text{то есть хотя бы одно } e_i \neq 0, \quad i = 0, 1, \dots, k + m - 1)$$

Таким образом, аналитическое выражение для оценки ложного запуска датчиков КСПБП в канале с независимыми ошибками, при $m = k$ свелась к вероятности необнаруженной ошибки $(k + m, k)$ кода, которая равна:

$$P_n = P_{оот} = P_n = \frac{P_{но}}{P_{оо}} = \frac{\sum_{i=k}^{2k} N_i P^i (1-P)^{k-i}}{(1-P)^{2k}} = \frac{2^t}{C_{k+t}^t}, \quad (5)$$

где P - вероятность ошибки символа в канале;

N_i - число кодовых слов веса i в «усеченной» M -последовательности (спектр кода).

$$t = \left\lfloor \frac{d_m - 1}{2} \right\rfloor;$$

$\lfloor \bullet \rfloor$ – целая часть дроби.

Универсальность разработанной формулы для оценки вероятности ложной синхронизации КСПБП (5) состоит в том, что она позволяет получить оценку ложной синхронизации КСПБП для различных значений показателя степени k порождающего полинома $h(x)$ и значения вероятности появления ошибок в канале P . Это позволит при проектировании специальных высокоскоростных цифровых радиосистем обосновано выбирать порождающие многочлены для датчика КСПБП, а также обеспечить их надежную синхронизацию в условиях деструктивных воздействий.

Список литературы

1. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М. Способ защиты от ложной синхронизации при принудительном запуске датчика апериодической псевдослучайной последовательности в условиях организованных помех. // Патент на изобретение № 2732899 с приоритетом от 30 августа 2019. Дата регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 24 сентября 2020
2. WARD R.V. Acquisition of Pseudonoise Signal by Sequential Estimation. - IEEE Trans., 1965, v.com-13, No.4.
3. Борисов В.И., Шестопалов В.И., Лимарев А.Е., Капаева Т.Ф. Оценка эффективности синхронизации по задержке в широкополосных системах связи с множественным доступом. //Радиотехника. 2012. № 8. с. 4-17.
4. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М., Хисамов Ф.Г. A long period quasi-random sequences false synchronization probability estimation under organized interference conditions. // Scopus: IQP Conference Series: Materials Science and Engineering- Volume 919. Section 4. Reliability and data protection in automated technological systems. Overview of International Conference on Advances in Material Science and Technology – CAMS Tech-2020
5. Журавлев В.Г., Куранова Н.Ю., Евсеева Ю.Ю. Помехоустойчивые коды // Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2013. – 96 с. ISBN 978-5-9984-0387-3
6. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. Пер. с англ. В.Б. Афанасьева. М.: Техносфера, 2006. - 319 с.

05.13.19

В.В. Семенов

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук,
лаборатория интеллектуальных систем,
Санкт-Петербург, v.semenov@sprcras.ru

ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Предложен метод оценивания состояния информационной безопасности элементов киберфизических систем, отличающийся от существующих комбинированным подходом, сочетающим применение в системе управления событиями информационной безопасности ансамбля параллельно работающих классификаторов и весовых коэффициентов Фишберна при анализе совокупности информативных признаков, полученных из временных рядов, характеризующих функционирование киберфизических систем. На примере известного исследовательского набора данных получены экспериментальные результаты, подтверждающие применимость предложенного метода.

Ключевые слова: киберфизические системы, анализ временных рядов, информационная безопасность.

Введение

Киберфизические системы (далее КФС), являясь основой для реализаций множества современных инновационных решений, существенно уязвимы с точки зрения успешных информационных атак, приводящих к критическим сбоям или аномальному функционированию.

В виду тесной интеграции КФС в производственно-технологические системы, системы критической информационной инфраструктуры, а также значительного количества возможных точек входа, задача мониторинга ИБ для КФС является более сложной, по сравнению с классическими информационными системами [1]. В случае реализации угроз ИБ основной целью злоумышленника как правило является получение возможности управления КФС при помощи информационных воздействий, при этом деструктивные информационные воздействия могут влиять как на процессы хранения, обработки и передачи информации внутри системы, так и на физические процессы исполнительных механизмов КФС [2].

В этой связи возникает необходимость разработки дополнительных независимых средств идентификации состояния ИБ, анализирующих состояние ИБ системы по внешним и внутренним каналам на основе временных рядов, объективно отражающих состояние системы.

Постановка задачи

Предполагается, что существует множество объектов обучающей выборки $\{o_1, \dots, o_m\} = \{\{x_1(t_1), x_2(t_1), \dots, x_n(t_1)\}, \dots, \{x_1(t_m), x_2(t_m), \dots, x_n(t_m)\}\} \subset X$, составленных из временных рядов, отражающих состояние ИБ КФС или её отдельных элементов, множество меток классов состояний ИБ $\{C_0, C_1\} \subset C$. Требуется построить алгоритм μ , способный соотнести элементы множества X с одним из известных классов, соотнесённых с состоянием ИБ:

$$\mu: X \rightarrow C, \quad (1)$$

где: C_0 – множество меток классов безопасных состояний ИБ КФС, C_1 – множество меток классов аномальных (опасных) состояний ИБ, $\{c_1, c_2, \dots, c_k\} \subset C_0$, $\{c_{k+1}, c_{k+2}, \dots, c_l\} \subset C_1$, l – число идентифицируемых состояний ИБ КФС, m – число объектов в обучающей выборке.

Предлагаемый подход

Решение задачи, описанной выше, позволяет идентифицировать состояние ИБ в момент времени t_i , однако с определённой вероятностью результат классификации c может не совпадать с реальным состоянием ИБ КФС, в таком случае имеется ложноположительное или ложноотрицательное срабатывание системы мониторинга объекта КФС.

Для таких случаев подходом, увеличивающим число верных идентификаций состояния ИБ, может стать одновременный учёт результатов классификации в моменты времени $t_{i-n}, t_{i-2}, t_{i-1}, \dots, t_i$. Однако с учётом распространения атаки при одинаковом весе состояний ИБ в каждой дискрете времени t результирующее состояние ИБ на временном отрезке $t \in [t_{i-n}, t_i]$ будет нивелировать различия во временной удалённости потенциального инцидента ИБ от исследуемого момента времени t_i (рисунок 1).

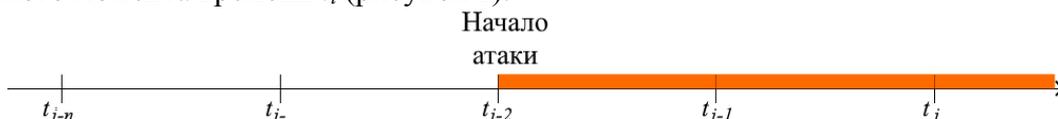


Рис. 1 – Временной график идентификации атаки при равных значимостях

На практике, наиболее важными являются значения состояний ИБ, которые приближены к текущему, для этого предлагается ввести весовые коэффициенты, учитывающие степень предпочтения одних результатов идентификации другим (рисунок 2). Весовые коэффициенты должны удовлетворять следующим требованиям:

- учитывать временной отрезок идентификации N ;
- любой коэффициент p_{i+1} должен быть меньше p_i ($\forall p_{i-1} < p_i, i \in [1, N]$).

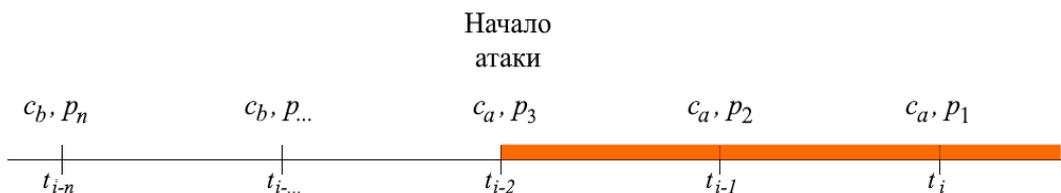


Рис. 2 – Временной график идентификации атаки с учётом коэффициентов значимости

Для системы убывающего предпочтения, состоящей из N альтернатив, наилучшим образом подходит система весовых коэффициентов, снижающихся по правилу арифметической прогрессии. Весовые коэффициенты Фишберна p_i - это рациональные дроби, в числителе которых расположены убывающие на единицу элементы натурального ряда от N до 1, а в знаменателе - сумма арифметической прогрессии N первых членов натурального ряда с шагом 1.

$$r_1 = N, r_i = r_{i-1} - 1, \tag{2}$$

$$K = \sum_{i=1}^N r_i, \tag{3}$$

$$p_i = \frac{r_i}{K}, \tag{4}$$

где: p_i - весовой коэффициент значимости результата идентификации по i -му временного ряду, N – временной отрезок идентификации (Δ).

Эксперимент

Апробация подхода заключалась в проведении вычислительного эксперимента над набором данных [3]. В начале процесса оценивания состояния ИБ элементов КФС формировалась обучающая выборка из временных рядов, составленных из значений параметров функционирования КФС и соответствующих им меток состояний ИБ (классов). Результаты идентификации, полученные в разные моменты времени, усреднялись с учётом их уровня значимости и более поздние состояния ИБ системы имели больший вес.

С целью установления оптимального значения была проведена серия экспериментов, в которой последовательно варьировалась величина временного отрезка (Δ) и вычислялись показатели качества идентификации при каждом значении Δ . Для этого, тестовая выборка,

состоящая из 25 % исходных временных рядов, разделялась на Δ кластеров $X = \{\{x_1(t_1), x_2(t_1), \dots, x_s(t_1)\}, \{x_1(t_2), x_2(t_2), \dots, x_s(t_2)\}, \dots, \{x_1(t_\Delta), x_2(t_\Delta), \dots, x_s(t_\Delta)\}, \dots, \{x_1(t_{m-\Delta}), x_2(t_{m-\Delta}), \dots, x_s(t_{m-\Delta})\}, \dots, \{x_1(t_{m-1}), x_2(t_{m-1}), \dots, x_s(t_{m-1})\}, \{x_1(t_m), x_2(t_m), \dots, x_s(t_m)\}\}$. Для каждого из кластеров X_i независимо определялась метка класса состояния ИБ. После применения весовых коэффициентов Фишберна итоговая метка класса присваивалась всем временным рядам i -го кластера.

Результаты приведены в виде графика на рисунке 3. В качестве классифицирующего алгоритма применялся ансамбль параллельно работающих классификаторов на основе деревьев решений.

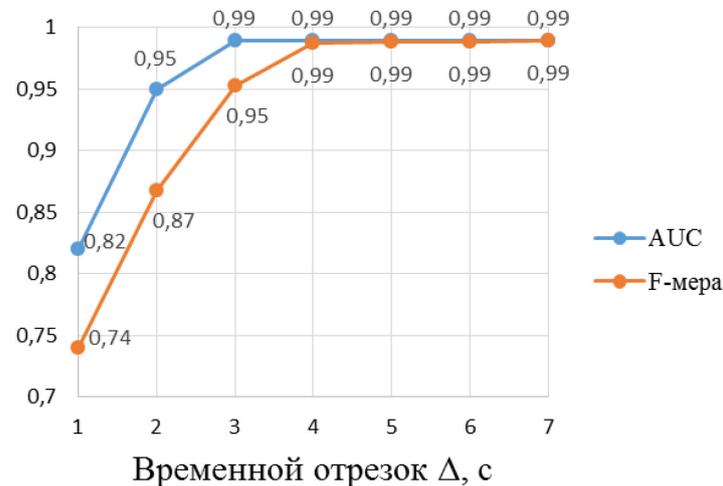


Рис. 3 – Зависимость характеристик идентификации состояния ИБ от величины временного отрезка (Δ)

Исходя из анализа результатов можно сделать вывод о том, что уже при значении $\Delta = 5$ наблюдается выход на плато показателей качества идентификации и дальнейшее увеличение временного отрезка не имеет смысла. Полученное значение точности идентификации составило 99,85 %, что превосходит результаты, полученные другими исследователями на аналогичном исходном наборе данных.

Заключение

Предложенный метод позволяет повысить показатели качества идентификации состояния ИБ элементов КФС за счёт применения весовых коэффициентов Фишберна при анализе совокупности информативных признаков, полученных из временных рядов, характеризующих функционирование КФС. Практическая применимость разработанного метода обоснована при помощи вычислительного эксперимента.

Результаты, представленные в статье, дают инструмент для автоматизированной оценки состояния информационной безопасности КФС с более высокой полнотой и точностью, которая обеспечивается за счёт применения весовых коэффициентов значимости и учёта значений за предшествующие инциденту моменты времени.

Список литературы

1. Сухопаров М.Е., Семенов В.В., Лебедев И.С. Мониторинг информационной безопасности элементов киберфизических систем с использованием искусственных нейронных сетей // Методы и технические средства обеспечения безопасности информации -2018. № 27. - С. 59-60.
2. Семенов В.В., Салахутдинова К.И., Лебедев И.С., Сухопаров М.Е. Выявление аномальных отклонений при функционировании устройств киберфизических систем // Прикладная информатика -2019. - Т. 14. - № 6(84). - С. 114-122.
2. Goh J., Adepu S., Junejo K.N., Mathur A. A dataset to support research in the design of secure water treatment systems // International Conference on Critical Information Infrastructures Security, Springer, 2016, pp. 88-99.

05.13.19

Н.А. Соловьев, Н.А. Тишина, И.А. Щудро

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

ГЛУБОКАЯ ДИСКРИМИНАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Применение глубоких нейронных сетей имеет большой потенциал при обнаружении сетевых вторжений. В этой статье предложена оптимальная модель дискриминационной глубокой нейронной сети для обнаружения вторжений на основе современного помеченного набора данных вторжений путем измерения усредненных показателей эффективности.

Ключевые слова: обнаружение вторжений, глубокие нейронные сети, дискриминационные модели.

Введение

Системы обнаружения вторжений (IDS) являются жизненно важным компонентом мер безопасности, защищающих компьютерные системы и сети от потенциальных злоупотреблений и неправомерного использования.

С момента появления IDS предложено и реализовано на практике множество различных эффективных подходов построения IDS. Тем не менее, исследования по обнаружению вторжений по-прежнему являются активной областью и привлекают внимание многих исследователей из-за своих проблем и необходимости. Высокоэффективная система обнаружения вторжений должна показывать устойчивый высокий уровень обнаружения вторжений и низкий уровень ложных срабатываний для различных компьютерных систем, что требует дальнейших исследований.

В предыдущих исследованиях для выявления сетевых вторжений использовались различные типы алгоритмов машинного обучения, включая дерево решений; рандомный лес; перцептрон; алгоритм ближайших соседей; машина опорных векторов; наивный байесовский классификатор с довольно неплохими показателями эффективности [1].

Однако во многих последних научных исследованиях показывают высокую эффективность использования в различных областях нейронных сетей с глубокой архитектурой, таких как глубокие нейронные сети (Deep Neural Network – DNN), рекуррентная нейронная сеть (Recurrent Neural Network – RNN), сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network – CNN), глубокие автокодировщики (Deep Auto-encoders – DAE) [2-4]. Каждый из этих подходов добился определенного успеха и доказанной эффективности, которая оценивалась по частоте обнаружения, частоте ложных тревог и точности.

Глубокие нейронные сети подразделяют на два вида глубокие дискриминационные модели и генеративные / неконтролируемые модели [3-4]. Целью представленной работы является построение оптимальной глубокой дискриминационной модели в задаче обнаружения вторжений на современном наборе данных.

В работе определяются оптимальные параметры и анализируется эффективность каждой модели глубокого обучения с использованием современного набора данных о реальном трафике, а именно набора данных CSE-CICIDS2017 [1,4].

1 Методика экспериментального исследования

Исследуемые глубокие дискриминационные модели включают три подхода: глубокие нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и сверточные нейронные сети.

DNN представляют собой усовершенствованную форму искусственной нейронной сети, имеющую более одного скрытого слоя между входным и выходным слоями. DNN строится на основе многослойного персептрона с числом слоев, не менее трех [2, 4].

RNN представляет собой нейронную сеть, граф соединений которой содержит по крайней мере один цикл. Циклические связи делают их более мощными [2, 3].

CNN определяется как нейронная сеть, которая извлекает функции с более высоким разрешением, а затем преобразует их в более сложные функции с более грубым разрешением. Последовательность уровней, составляющих архитектуру CNN, – это сверточный уровень, уровень объединения и полносвязный уровень [2, 3].

Методика экспериментальной проверки состоит из этапов: подготовка набора данных, обучение, классификация и анализ результатов.

Набор данных. Для экспериментов использовали новый набор данных о реальном трафике CIC IDS 2017 с метками с 78 доступными признаками. Набор доступен в виде файлов csv с метками, содержащих предварительно обработанные пакетные данные в форма записи потока.

Предварительная обработка данных. Этот шаг включает в себя проверку отсутствия ошибочных символов в данных, удаление полей, содержащих все нулевые или «null» значения, а также удаление или изменение значений «NaN» (не числа) и / или «Infinity» с целью обеспечения точности и эффективности модели, которая обучается на этих данных.

Также проводится нормализация непрерывных значений среди всех признаков, чтобы алгоритм обучался на данных, которые все находятся в одном пространстве признаков.

Признаки в наборе данных. В обучении моделей используются все признаки набора данных. Количество признаков, доступных в этом наборе данных преобразованных записей потоков, относительно невелико – всего 78.

Оценка эффективности. В качестве показателей эффективности производилось измерение средней точности (Accuracy), которое дает одинаковый вес для всех типов классов, а также средних показателей точности Precision, отзывчивости и f1 (avg_precision, avg_recall, avg_f1) и время предсказания на тестовой выборке. Показатели также усреднялись по трем разным обучающим и тестовым выборкам.

Реализация моделей нейронных сетей. Для выполнения задач глубокого обучения в экспериментах используется высокоуровневый фреймворк Keras, использующий на бэкэнде фреймворк машинного обучения с открытым исходным кодом TensorFlow.

Во время обучения используется оптимизатор градиентного спуска со скоростью обучения 10^{-4} , чтобы минимизировать ошибку. Размер пакета по умолчанию и количество эпох – 100. Для улучшения результата обнаружения, проводились эксперименты с изменением количества скрытых слоев от одного до четырех и размеров скрытых слоев с 8 до 128, выбраны оптимальные параметры архитектуры по каждой модели.

2 Результат эксперимента и анализ

В таблице 1 представлены основные полученные оценки показателей эффективности построенных дискриминационных моделей глубоких нейронных сетей на наборе данных CSE-CIC-IDS2017.

Таблица 1 – Показатели эффективности моделей

Модель	time pred	avg_precision	avg_recall	avg_f1	accuracy	loss
DLL	1,03	0,98	0,9903	0,9843	0,9913	0,0367
RNN	9,28	0,995	0,9475	0,9673	0,9902	0,0355
ConvNN	1,08	0,98	0,9898	0,9819	0,9926	0,0348

Сравнение моделей. Рекуррентная нейронная сеть значительно медленнее других и дает сильный разброс значения показателей по разным обучающим наборам. По сравнению как с глубокой нейронной сетью, так и с рекуррентной нейронной сетью, сверточная нейронная сеть имеет более высокие показатели точности 99,26% и ошибки обучения 0,0348.

Заключение

В результате работы построено и исследовано несколько различных *дискриминационных* моделей глубоких нейронных сетей, таких как глубокая нейронная сеть, глубокая рекуррентная нейронная сеть и глубокая свёрточная нейронная сеть для обнаружения сетевых вторжений. Эффективность полученных моделей измерялась с помощью современного набора данных CICIDS2017.

Показан лучший результат использования дискриминационных моделей глубоких нейронных сетей для обнаружения вторжений. Последующие исследования нацелены на повышение точности метода обнаружения аномалий с помощью неконтролируемого обучения.

Список литературы

1. *Тишина Н.А.* Ансамблевая модель классификации в обнаружении сетевых вторжений [Электронный ресурс] / Н. А. Тишина, И. А. Щудро, Л. Ф. Тагирова, Е. Н. Чернопрудова // Научно-технический вестник Поволжья, 2021. - № 4. - С. 126-129. . - 4 с. – ISSN: 2079-5920
2. *Ferrag M.A.* Deep Learning for Cyber Security Intrusion Detection: Approaches, Datasets, and Comparative Study / Mohamed Amine Ferrag, Leandros Maglaras, Sotiris Moschoyiannis, and Helge Janicke // Journal of Information Security and Applications, Volume 50, feb 2020 , 102419
3. *Hodo E.* Shallow and Deep Networks Intrusion Detection System: A Taxonomy and Survey / Elike Hodo, Xavier Bellekens, Andrew Hamilton, Christos Tachtatzis and Robert Atkinson. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1701.02145>
4. Machine and Deep Learning Based Comparative Analysis Using Hybrid Approaches for Intrusion Detection System / Azam Rashid; Muhammad Jawaid Siddique; Shahid Munir Ahmed // 2020 3rd International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS), 06 April 2020

05.13.19

Ю.И. Фёдоров, А.Г. Анников

Оренбургский государственный аграрный университет,
институт управления рисками и комплексной безопасности,
кафедра информатики и прикладной математики,
Оренбург, yurf0023@mail.ru

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ АПРИОРНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЁЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В работе рассматривается важный элемент надёжности и безопасности программного обеспечения информационных систем – безотказность. Методом, предложенным одним из авторов, даны априорные оценки основных параметров экспоненциальной математической модели надёжности программного обеспечения. Для одного из параметров этой модели – количества отказов к моменту оценки надёжности – найдено представление через сумму знакопередающегося ряда Маклорена. Априорные оценки параметров модели получены с помощью оценки суммы этого ряда сверху и снизу его первой и второй частичными суммами. Найденные оценки могут способствовать выявлению закономерностей проявления отказов программного обеспечения, прогнозированию его надёжности и безопасности.

Ключевые слова: *математическая модель, надёжность и безопасность программного обеспечения, оценка параметров модели.*

В ряде работ, например [1]-[3], найдены априорные оценки параметров экспоненциальных математических моделей некоторых процессов методом, предложенным одним из авторов данной статьи. В данной статье таким методом находятся априорные оценки параметров экспоненциальной математической модели надёжности программного обеспечения (ПО). Полученные оценки могут быть полезными при прогнозировании безотказности ПО и обеспечении его безопасности.

Надёжность ПО определяется его безотказностью и восстанавливаемостью [4], [5]. Безотказность является оценкой вероятности работы ПО без отказов при определённых входных данных и состоянии самой информационной системы (ИС) в течение периода времени, необходимого для решения компьютером задачи.

В отличие от аппаратных средств программы не выходят из строя из-за поломки, износа. Поэтому безотказность ПО определяется только качеством его разработки, т. е. наличием в нём ошибок, внесённых на этапе его создания и поступлением на обработку некорректных входных данных.

Основные показатели надёжности ПО: 1) вероятность безотказной работы ПО $p(t)$ – вероятность того, что ошибки программы не обнаружатся в интервале времени $(0, t)$; 2) вероятность отказа программы $q(t)$, т. е. вероятность отказа до момента времени t ; 3) интенсивность отказов программы $\lambda(t)$; 4) математическое ожидание промежутка времени между последовательными отказами T – средняя наработка программы на отказ [4], [5].

Динамика показателей со временем определяется моделью надёжности ПО. Отказы ПО имеют случайный характер, его восстановление не учитывается. Ошибки (отказы), выявленные при тестировании ПО, устраняются, их количество и интенсивность уменьшается, а наработка ПО на отказ увеличивается. Модели надёжности ПО рассмотрены в [1]: модель с дискретно-понижающей частотой появления ошибок, модель с дискретным увеличением наработки на отказ или ошибку ПО, экспоненциальная модель надёжности ПО.

В данной работе принята экспоненциальная модель надёжности ПО, основанная на предположении об экспоненциальном законе изменения количества ошибок (отказов) в программе со временем. Прогноз надёжности ПО составляется по данным, полученным во время его тестирования [4].

В соответствии с [4] за основные параметры модели взяты следующие: 1) τ – суммарное время работы ПО от начала тестирования, включая устранение обнаруженных ошибок, до момента оценки надёжности; 2) M – начальное количество ошибок в ПО; 3) $m(\tau)$ – количество обнаруженных и исправленных ошибок (отказов) к моменту τ ; 4) $m_0(\tau)$ – количество оставшихся в ПО ошибок после тестирования

$$m_0(\tau) = M - m(\tau) \quad (1)$$

Допущения, принятые в работе: 1) случайная величина – количество ошибок в ПО в каждый момент времени – имеет пуассоновское распределение; 2) другая случайная величина – промежуток времени между двумя ошибками – распределена по экспоненциальному закону, причём параметр этого распределения изменяется после устранения очередной ошибки; 3) интенсивность отказов $\lambda(\tau)$ – непрерывная функция, пропорциональная количеству оставшихся ошибок $m_0(\tau)$

$$\lambda(\tau) = C m_0(\tau) \quad (2)$$

где C – коэффициент пропорциональности, зависящий от быстродействия компьютера и сложности программы; 4) в процессе тестирования новые ошибки не появляются, поэтому интенсивность исправления ошибок $m'(\tau)$ равна интенсивности их обнаружения (интенсивности отказов) $\lambda(\tau)$

$$m'(\tau) = \lambda(\tau) \quad (3)$$

В формулу (2) вместо $m_0(\tau)$ подставим его выражение из (1), затем в полученной формуле интенсивности отказов ПО

$$\lambda(\tau) = C(M - m(\tau)) \quad (4)$$

заменяем $\lambda(\tau)$ по формуле (3). В результате найдём уравнение для $m(\tau)$

$$m'(\tau) = -C(m(\tau) - M) \quad (5)$$

Итак, исследование безотказности ПО в экспоненциальной математической модели надёжности сводится к задаче Коши для уравнения (5) с начальным условием $m(0) = 0$.

Интегрированием уравнения (5) находится функция $m(\tau)$

$$m(\tau) = M(1 - \exp(-C\tau)) \quad (7)$$

Функцию $\exp(-C\tau)$ в (7) разложим в степенной ряд Маклорена

$$\exp(-C\tau) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n (C\tau)^n / n! \quad (8)$$

сходящийся абсолютно при всех $C\tau \in R$ [6]. Подставив (8) в (7), получим

$$m(\tau) = M \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j (C\tau)^{j+1} / (j+1)! \quad (9)$$

Так как ряд в (9) сходится абсолютно при всех $C\tau \in R$, то вынося за знак суммы множитель $C\tau$, приведём (9) к виду

$$m(\tau) = MC\tau S(\tau) \quad (10)$$

где $S(\tau)$ – сумма ряда

$$S(\tau) = \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j (C\tau)^j / (j+1)! \tag{11}$$

который сходится абсолютно при всех $C\tau \in R$.

Для оценки параметра $m(\tau)$ модели в формуле (10) сначала оценим сумму $S(\tau)$ ряда (11). Эта оценка наиболее простая если знакочередующийся ряд (11) сходится по признаку Лейбница. Из анализа известно: если последовательность модулей членов знакочередующегося числового ряда бесконечно малая и монотонно убывающая, то этот ряд сходится по признаку Лейбница [6].

Первое условие признака Лейбница для ряда (11) выполнено при всех $C\tau \in R$: так как ряд (11) сходится абсолютно при всех $C\tau \in R$, то по необходимому признаку сходимости рядов последовательность модулей его членов бесконечно малая.

Если

$$\forall (j = 0, 1, 2, \dots) ((C\tau)^{j+1} / (j+2)! : (C\tau)^j / (j+1)! < 1), \tau \neq 0, \tag{12}$$

то последовательность модулей членов ряда (11) монотонно убывает. Неравенство (12) равносильно неравенству

$$\forall (j = 0, 1, 2, \dots) (C\tau < j+2). \tag{13}$$

Если выбрать $\tau < 2/C$, то неравенство (13) будет верным при $j=0$, и тем более (13) будет верным при всех $j = 1, 2, 3, \dots$, т. к. $\forall (j = 1, 2, \dots) (C\tau < 2 < j+2)$, а последовательность модулей членов ряда (11) – монотонно убывающей.

Итак, при $\tau < 2/C$ ряд (11) сходится по признаку Лейбница, а его сумма $S(\tau)$ оценивается первой и второй частными суммами ряда (11)

$$1 - C\tau/2 \leq S(\tau) \leq 1. \tag{14}$$

С помощью оценок (14) из формулы (10) получены оценки параметров рассматриваемой экспоненциальной математической модели надёжности ПО к моменту времени τ , $\tau < 2/C$:

– количества $m(\tau)$ отказов ПО

$$MC(1 - C\tau/2)\tau \leq m(\tau) \leq MC\tau,$$

– средней интенсивности отказов ПО

$$MC(1 - C\tau/2) \leq m(\tau)/\tau \leq MC,$$

– количества $m_0(\tau)$ оставшихся в ПО ошибок после тестирования

$$M(1 - C\tau) \leq m_0(\tau) \leq M(1 - C\tau + (C\tau)^2/2),$$

– относительного количества $m_0(\tau)/M$ оставшихся в ПО ошибок

$$1 - C\tau \leq m_0(\tau)/M \leq 1 - C\tau + (C\tau)^2/2,$$

– интенсивности отказов $\lambda(\tau)$

$$MC(1 - C\tau) \leq \lambda(\tau) \leq MC(1 - C\tau + (C\tau)^2/2),$$

При нахождении апостериорных оценок этих параметров возможно применение [7], [8].

Найденные оценки параметров модели отказов ПО могут быть полезными при исследовании закономерностей появления ошибок (отказов) ПО, прогнозировании его надёжности и обеспечении безопасности.

Список литературы

1. *Фёдоров Ю.И., Краснова О.В.* Оценка количества оставшихся в программе ошибок после её тестирования в экспоненциальной математической модели надёжности программного обеспечения. В сборнике: Физика конденсированного состояния и смежные проблемы. Сборник трудов Международной научной конференции, посвященной 70-летию профессора А.И. Филиппова. К. Б. Сабитов. 2019. С. 194-199.
2. *Краснова О.В., Фёдоров Ю. И., Боровский А.С.* Расчёт оценки количества обнаруженных и исправленных в программе ошибок после её тестирования в экспоненциальной математической модели надёжности программного обеспечения. В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов IX Всероссийской конференции с международным участием. 2019. С. 444-447.
3. *Федоров Ю.И., Павлидис В.Д., Урбан В.А., Яковлева Е.В.* Оценка приращения плотности токсичных газов в интегральной математической модели пожара в зданиях в начальной стадии // Безопасность в техносфере, 2020, т. 9, № 3 (83). – С. 33-40.
4. *Громов Ю.Ю.* Надёжность информационных систем: учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, Н.Г. Мосягина, К.А. Набатов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 160 с.
5. *Ермаков, А.А.* Основы надёжности информационных систем: учебное пособие / А.А. Ермаков. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 151 с.
6. *Кудрявцев Л.Д.*, Математический анализ, т. 1, Высшая школа, М., 1970, 590 с.
7. *Капустина О.А., Шахов В.А., Павлидис В.Д., Романов В.В.* Программа имитационного моделирования процесса сбора и обработки данных информационно-измерительных систем. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018617059, 5.06.2018. Заявка № 2018614248 от 25.04.2018.
8. *Чкалова М.В., Капустина О.А., Павлидис В.Д., Исаев П.А., Чивилев П.П.* Программа имитационного моделирования оптимальной ширины канала импульсных сигналов цифровых датчиков. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018618244, 10.07.2018. Заявка № 2018615345 от 21.05.2018.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.В. Репина,
П.П. Суханов, А.А. Иванова, Р.Х. Шагимуллин
ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК МОДИФИКАТОРЫ
ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Ключевые слова: полисульфидные композиции, отверждение, полимерные комплексы.

В настоящее время полимерные комплексы (ПК) на основе акриловых кислот и ε-капролактама вошли в число перспективных модификаторов полисульфидных композиций. В работе методами ЯМР высокого и низкого разрешения изучено строение полимерных комплексов (ПК), механизм их формирования, а также действие полимерных комплексов на процессы отверждения полисульфидных композиций. Найден эффективный состав ПК, вводимых в промышленные полисульфидные композиции, при формировании данных композиций.

С.С. Акимов, В.А. Трипкош
КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕКТИРОВКИ МЕТОДА
ГИСТОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ

Ключевые слова: гистограммный метод, коэффициенты, критические значения, закон распределения вероятности.

Рассматривается проблема совершенствования метода гистограмм для восстановления плотности распределения вероятности по выборке. Дана характеристика гистограммного метода, разработаны коэффициенты оценки, проведены соответствующие расчеты и получены их критические значения.

В.В. Бухтояров, Д.К. Зырянов, А.Е. Синицкая
ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИВУЧЕСТИ
ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Ключевые слова: мониторинг состояния, диагностика, показатель живучести, оценка надежности.

В работе представлены результаты исследования методов мониторинга технологического оборудования, а именно, разработанный способ определения показателя живучести, позволяющего оценивать и прогнозировать состояние агрегата между техническими обслуживаниями.

Д.С. Горбатенко
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ
ПРОЕЗДЕ ПЕРЕКРЕСТКОВ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, перекресток, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности на перекрестках. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий при проезде перекрестков. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности на перекрестках.

И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина
АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО ИХ
ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: фильтрация, разрешение, обнаружение, изображение.

В работе рассматриваются алгоритмы обнаружения точечных целей по изображениям при зондировании пространства. Показано, что предлагаемый подход во многом аналогичен классической теории обнаружения. Предложены пути дальнейшего усложнения правил обнаружения.

V.S. Minkin, A.V. Repina,
P.P. Suhanov, A.A. Ivanova, R.H. Shagimullin
POLYMER COMPLEXES AS MODIFIERS OF
POLYSULFIDE COMPOSITIONS

Keywords: polysulfide compositions, curing process, polymer complexes.

Currently, polymer complexes (PC) based on acrylic acids and ε-caprolactam are among the promising modifiers of polysulfide compositions. The structure of polymer complexes (PC), the mechanism of their formation, and the effect of polymer complexes on the curing processes of polysulfide compositions are studied using high-and low-resolution NMR methods. The effective composition of PC, introduced into industrial polysulfide compositions, was found in the formation of these compositions.

S.S. Akimov, V.A. Tripkosh
CORRECTION FACTORS FOR THE HISTOGRAM
METHOD FOR DETERMINING THE LAWS OF
PROBABILITY DISTRIBUTION

Keywords: histogram method, coefficients, critical values, probability distribution law.

The problem of improving the histogram method for reconstructing the probability distribution density for a sample is considered. The characteristic of the histogram method is given, the estimation coefficients are developed, the corresponding calculations are carried out and their critical values are obtained.

V.V. Bukhtoyarov, D.K. Zyryanov, A.E. Sinitskaya
FORMATION OF EQUIPMENT SURVIVABILITY
INDICATOR IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE
OIL AND GAS INDUSTRY

Keywords: condition monitoring, diagnostics, vitality index, reliability assessment.

The paper presents the results of the study of methods for monitoring technological equipment, namely, the developed method for determining the indicator of "survivability", which makes it possible to assess and predict the state of the unit between maintenance.

D.S. Gorbatenko
ENSURING TRAFFIC SAFETY WHEN CROSSROADS

Keywords: traffic safety, road traffic accident, intersection, traffic violations, accident prevention.

The article deals with the problem of road traffic accidents at intersections. The analysis of the main causes of road accidents when crossing intersections is carried out. The proposed and theoretically substantiated measures for the prevention of accidents at intersections.

I.V. Grubrin, I.U. Lygina
ALGORITHM FOR DETECTING POINT TARGETS FROM
THEIR IMAGES WHEN PROBING SPACE IN MULTI-
CHANNELS INFORMATION SYSTEMS

Keywords: filtering, resolution, detection, image.

The paper considers algorithms for detecting point targets when probing space. It is shown that the proposed approach is in many respects similar to the classical detection theory. Ways of further complicating the detection rules are proposed.

М.Е. Корнет, А.В. Раскина,
Е.А. Чжан, А.В. Караванов, А.С. Зайцев
НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ
АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ОБЪЕКТОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Ключевые слова: адаптивное управление, непараметрический алгоритм, группа объектов, производственный комплекс
Статья посвящена решению проблемы управления группой локальных технологических объектов. Приводится описание двухконтурной централизованной системы управления, в которой реализован внешний контур регулирования, содержащий соответствующее программное и алгоритмическое обеспечение. Введение внешнего устройства управления обуславливается необходимостью осуществления согласованного регулирования системой в целом.

А.А. Макашов
ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ БСС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
МОНИТОРИНГА НА БОРТУ САМОЛЁТА

Ключевые слова: Беспроводная сенсорная сеть, БСС, смена канала, восстановление сети, keep-alive.
В работе рассматривается помехоустойчивая беспроводная сенсорная сеть, разработанная для осуществления мониторинга на борту самолёта. Рассмотрены примеры задач, решаемых с помощью представленной беспроводной сенсорной сети. Описан принцип работы предлагаемой беспроводной сенсорной сети в многоканальном режиме.

В.В. Слепцов, А.Д. Лагунова, А.Е. Аблаева, Динь Ба Фьонг
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАЛОГАБАРИТНЫХ
КВАДРОКОПТЕРОВ

Ключевые слова: квадрокоптер, оценки качества, метод векторной стратификации.
В статье рассмотрены вопросы анализа качества квадрокоптеров. Особенностью работы является определение комплексного критерия качества с применением метода векторной стратификации и с использованием принципа последовательной дихотомии.

Л.Ф. Тагирова, В.К. Тагиров, Н.А. Тишина
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, функциональная модель, интеллектуальный интерфейс, адаптивное тестирование, адаптивное гипермедиа.
Статья посвящена изучению вопросов, связанных с разработкой интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины, используемой как в дистанционном образовании, так и для организации самостоятельной работы студентов. Отличительной особенностью разрабатываемой системы является ее адаптация к особенностям и возможностям студентов. На основе оценки характеристик обучаемых, интеллектуальная система предлагает адаптированный под его особенности пользовательский интерфейс. Помимо этого, на основе применения технологии адаптированного тестирования студентам предоставляется учебный материал, соответствующий его степени усвоения дисциплины. Для описания работы системы представлена функциональная модель, включающая совокупность взаимодействующих процессов, направленных на достижение поставленной цели обучения - получение студентами требуемого уровня обученности по дисциплине.

M.E. Kornet, A.V. Raskina,
E.A. Chzhan, A.V. Karavanov, A.S. Zajcev
NON-PARAMETRIC ADAPTIVE CONTROL
ALGORITHMS OF A GROUP OF PRODUCTION
COMPLEX OBJECTS

Keywords: adaptive control, nonparametric algorithm, group of objects, production complex.
The article is devoted to solving the problem of managing a group of local technological objects. A description is given of a two-loop centralized control system, in which an external control loop is implemented, containing the corresponding software and algorithmic support. The introduction of an external control device is dictated by the need for coordinated regulation of the system as a whole.

A.A.Makashov
INTERFERENCE-RESISTANT WSN FOR AIRCRAFT ON-
BOARD MONITORING

Keywords: Wireless Sensor network, WSN, channel switching, network recovery, keep-alive.
The paper considers an interference-resistant wireless sensor network designed for aircraft on-board monitoring. The examples of tasks solved with the help of the presented wireless sensor network are considered. The principle of operation of the proposed wireless sensor network in a multichannel mode is described.

V.V. Sleptsov, A.D. Lagunova, A.E. Ablaeva, Dinh Ba Phuong
COMPREHENSIVE QUALITY ASSESSMENT OF SMALL
QUADROPTERS

Keywords: quadcopter, quality assessment, vector stratification method.
The article deals with the analysis of the quality of quadcopters. A feature of the work is the definition of a complex quality criterion using the vector stratification method and using the principle of sequential dichotomy.

L.F. Tagirova, V.K. Tagirov, N.A. Tishina
DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL OF
INTELLECTUAL TRAINING SYSTEM OF TECHNICAL
DISCIPLINE

Keywords: intelligent learning system, functional model, intelligent interface, adaptive testing, adaptive hypermedia.
The article is devoted to the study of issues related to the development of an intellectual teaching system of a technical discipline used both in distance education and for organizing students' independent work. A distinctive feature of the system being developed is its adaptation to the characteristics and capabilities of students. Based on the assessment of trainees' characteristics, the intelligent system offers a user interface adapted to its characteristics. In addition, based on the application of the technology of adapted testing, students are provided with educational material corresponding to their degree of mastering the discipline. To describe the operation of the system, a functional model is presented, which includes a set of interacting processes aimed at achieving the set learning goal - obtaining the required level of training in the discipline by students.

К.Л. Горшкова

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ НЕФТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: оптимальное управление, транспортировка, температурный режим нефти, нечеткий регулятор.

В работе представлены результаты оптимального управления температурным режимом нефти при транспортировке на основе нечеткой информации. Разработана структурная схема управления и поставлена задача управления температурным режимом сверхвязкой нефти на базе нечеткой логики. В зависимости от сезонных работ установки с учетом температуры окружающей среды были выделены диапазоны сезонных температур потока смешанной нефти, а также обеспечивается стабильный заданный уровень температуры транспортируемого потока нефти в контрольной точке, с учетом внешних и внутренних возмущающих факторов.

К.Л. Горшкова, И.П. Ситдикова, Н.Н. Алаева

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СКВАЖИН

Ключевые слова: экспериментальные исследования, эффективное управление, режим, насос, скважина.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований переходных процессов изменения давления на имитационном стенде при разных режимах работы насоса. Для каждого переходного процесса определен оптимальный период работы насоса, который обеспечивает эффективный режим эксплуатации скважин. Были проведены промысловые исследования на добывающих скважинах, которые привели к увеличению дебита жидкости скважин и уменьшения её обводненности.

Д.К. Зырянов, А.Е. Синицкая, В.В. Бухтояров

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ БЛОКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевые слова: мониторинг состояния, показатель живучести, параметры технического состояния.

В работе представлены результаты изучения систем мониторинга технологического оборудования с целью своевременного контроля изменения показателей рабочих параметров. Предложена схема формирования комплексного показателя живучести и его расчета в автоматизированной диагностической системе. Реализация предлагается в виде блока автоматизированного анализа параметров технологического оборудования.

С.А. Канаев, М.Ю. Молозина, О.В. Москаленко, А.Е. Аблаева

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК МУЛЬТИСЕНСОРНОГО ДАТЧИКА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Ключевые слова: скорость воздушного потока, датчик воздушного потока, калориметрический датчик, термоанемометрический датчик, калибровка и термокомпенсация.

В статье рассматриваются особенности схемной и конструктивной реализации мультисенсорного датчика воздушного потока. Рассмотрены особенности реализации датчика с использованием комбинации калориметрических и термоанемометрических методов измерения скорости воздушного потока. Приведены преимущества и недостатки данного метода измерения скорости воздушного потока.

А.А. Попов, Д.В. Рогова, Я.И. Шамлицкий, И.Г. Перевалов, Д.В. Митюхин, А.В. Кукарцев

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРОПОТОКА

Ключевые слова: мониторинг пассажиропотока, городской транспорт, подсчет пассажиров, программный продукт, Сpp.

K.L. Gorshkova

OPTIMUM OIL TEMPERATURE CONTROL DURING TRANSPORTATION BASED ON FUZZY INFORMATION

Keywords: optimal control, transportation, oil temperature regime, fuzzy regulator.

The paper presents the results of optimal control of the temperature regime of oil during transportation based on fuzzy information. A block diagram of control has been developed and the task of controlling the temperature regime of super-viscous oil based on fuzzy logic has been set. Depending on the seasonal work of the installation, taking into account the ambient temperature, the ranges of seasonal temperatures of the mixed oil flow were identified, and a stable set temperature level of the transported oil flow at the control point was ensured, taking into account external and internal disturbing factors.

K.L. Gorshkova, I.P. Sitdikova, N.N. Alaeva

EXPERIMENTAL RESULTS OF EFFECTIVE CONTROL OF WELL OPERATION MODES

Keywords: experimental research, effective control, mode, pump, well.

The article presents the results of experimental studies of transient processes of pressure change on a simulation bench at different pump operating modes. For each transient process, the optimal pump operation period is determined, which ensures an effective well operation mode. Field studies were carried out on production wells, which led to an increase in the flow rate of the well fluid and a decrease in its water cut.

D.K. Zyryanov, A.E. Sinitskaya, V.V. Bukhtoyarov

STRUCTURAL SYNTHESIS OF THE AUTOMATED ANALYSIS UNIT OF PROCESS EQUIPMENT PARAMETERS

Keywords: condition monitoring, vitality indicator, technical condition parameters.

The paper presents the results of studying the monitoring systems of technological equipment in order to timely control the change in the indicators of operating parameters. A scheme for the formation of a complex indicator of survivability and its calculation in an automated diagnostic system is proposed. The implementation is offered in the form of a block for automated analysis of technological equipment parameters.

S.A. Kanaev, M.U. Molozina, O.V. Moskalenko, A.E. Ablaeva

ELECTRONIC UNIT OF MULTI-SENSOR AIRFLOW SENSOR

Keywords: air flow speed, air flow sensor, calorimetric sensor, thermo-anemotric sensor, calibration and thermal compensation.

The article discusses the features of the circuit and constructive implementation of a multi-sensor airflow sensor. The features of the sensor implementation using a combination of calorimetric and thermoanemometric methods for measuring the air flow velocity are considered. The advantages and disadvantages of this method for measuring the airflow velocity are given.

A.A. Popov, D.V. Rogova, Ya.I. Shamlitskiy, I.G. Perevalov, D.V. Mityukhin, A.V. Kukartsev

SOFTWARE AND HARDWARE FOR DETECTING URBAN PASSENGER TRAFFIC

Keywords: passenger traffic monitoring, urban transport, passenger counting, software product, Cpp.

Целью исследования является анализ современного состояния пассажирских перевозок населенного пункта с дальнейшим внедрением программно-аппаратных средств в городскую инфраструктуру. В статье проводится анализ способов получения информации о состоянии городских перевозок, обосновывается их актуальность и необходимость. Описывается роль технических и программных средств мониторинга пассажиропотока, классифицируются их типы и области применения.

The aim of the study is to analyze the current state of passenger traffic in the settlement with the further implementation of software and hardware in the urban infrastructure. The article analyzes the methods of obtaining information on the state of urban transport, substantiates their relevance and necessity. The role of hardware and software for monitoring passenger traffic is described, their types and areas of application are classified.

Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, Л.В. Селиверстова,
П.М. Салов, Т.В. Картузова, О.В. Васильева, Е.В. Васильева
КОЛЕБАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ПРОДОЛЬНОМ
ШЛИФОВАНИИ

D.P. Salova, T.G. Vinogradova, L.V. Seliverstova,
P.M. Salov, T.V. Kartuzova, O.V. Vasileva, E.V. Vasileva
OSCILLATIONS IN INTERNAL LONGITUDINAL
GRINDING

Ключевые слова: ограниченная жесткость, шероховатость, волнистость, крутильные колебания, опережающие перемещения

Keywords: limited rigidity, roughness, waviness, tweezing oscillations, advanced movements.

Обоснована суть механизма образования колебаний при внутреннем шлифовании, вызывающего появления волнистости на обрабатываемой поверхности и усиление самозаточиваемости эльборового круга. Доказано, что колебания возникают вследствие сложной траектории относительного неравномерного перемещения круга и заготовки, а также особенностей круглого внутреннего шлифования в условиях ограниченной жесткости технологической системы привода главного движения и искажения телесного контакта между кругом и заготовкой. Установлено влияние реверсирования продольного перемещения на возникновение колебаний. Выявлена роль крутильных колебаний в снижении вибраций и уменьшения шероховатости поверхности.

The essence of the mechanism of the formation of oscillations during internal grinding, which causes the appearance of waviness on the surface treated and amplification of self-deficiency of the elboronic circle. It has been proven that fluctuations arise due to the complex trajectory of the relative uneven movement of the circle and the workpiece, as well as the characteristics of round internal grinding in conditions of limited rigidity of the technological system of the main movement and distortion of corporal contact between the circle and harvesting. The role of reversing the longitudinal movement to the occurrence of oscillations is established. Revealed the role of spinning oscillations to reduce vibrations and reduce surface roughness.

В.С. Соболев, А.А. Зинченко,
И.В. Антипенко, Л.Н. Козаченко, П.А. Дараган
ИНТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ

V.S. Sobolev, A.A. Zinchenko,
I.V. Antipenko, L.N. Kozachenko, P.A. Daragan
INTROSPECTIVE ANALYSIS OF MODERN MARINE
AUTOMATION SYSTEMS

СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
Ключевые слова: когнитивный анализ, математические модели, случайные процессы, системы регулирования.

Keywords: cognitive, mathematical models, random processes, control systems.

Математического описания реакции САР на случайные воздействия — это оценка точности слежения и стабилизации, а также выработка мер по минимизации ошибок регулирования, обусловленных шумами. В первом приближении интересуют всего несколько величин, достаточно просто и в то же время подробно характеризующих влияние шумов на САР. Целью исследований являлось когнитивный анализ математической модели случайных процессов САР. Методы исследований вероятностно-статистического описания оперируют понятиями и терминами теории вероятностей и математической статистики, такими как среднее значение, дисперсия или стандартное отклонение, плотность вероятности, среднеквадратическая ошибка.

The mathematical description of the reaction of the automatic control system (ACS) to random influences is an assessment of the tracking and stabilization accuracy, as well as the development of measures to minimize control errors caused by noise. In the first approximation, only a few values are of interest, which are quite simple and at the same time characterize in detail the effect of noise on the automatic control system. The aim of the research was the cognitive analysis of the mathematical model of the random processes of the automatic control system. Research methods of probabilistic-statistical description operates with concepts and terms of probability theory and mathematical statistics, such as mean value, variance or standard deviation, probability density, root-mean-square error.

З.Ш. Абдураманов, О.М. Аметов,
З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МГНОВЕННОГО
ОБМЕНА СООБЩЕНИЯМИ

Z.S. Abduramanov, O.M. Ametov,
Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov
THE IMPLEMENTATION OF INSTANT MESSAGING
APPLICATION

Ключевые слова: системы мгновенного обмена сообщениями, сетевой чат, мессенджер, протокол XMPP, UML диаграммы. Рассмотрены теоретические и практические аспекты, связанные с программной реализацией систем мгновенного обмена сообщениями, архитектуры которых позволяют взаимодействие между клиентами в отсутствие Интернет-соединения. Представлены типовые UML-модели проектирования для систем, поддерживающих общение без выделенной точки доступа на расстоянии, равном радиусу сигнала wi-fi на мобильном устройстве.

Keywords: instant messaging, workplace collaboration, chat, messenger, protocols, XMPP, UML diagrams. We presented the theoretical and practical aspects related to design and development of the instant messaging application ATalk, that use the architecture enables communication between clients without the Internet connection. We designed UML-model for ATalk system that supports communication without a dedicated access point at a distance equal to the radius of the Wi-fi signal on mobile device.

В.И. Виноградов, Т.Б. Волкова
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ФАЙЛОВЫЙ МЕНЕДЖЕР ДЛЯ РАБОТЫ С ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ДОКУМЕНТАМИ, ПОДПИСАННЫМИ УСИЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПОДПИСЯМИ

Ключевые слова: формализованный документ, XML-файл, усиленная электронная подпись, документооборот.

В работе представлены результаты разработки специализированного файлового менеджера для работы с XML-файлами электронных документов, подписанных усиленными электронными подписями.

V.I. Vinogradov, T.B. Volkova
SPECIALIZED FILE MANAGER FOR WORKING WITH FORMALIZED ELECTRONIC DOCUMENTS SIGNED BY ENHANCED ELECTRONIC SIGNATURES

Keywords: formalized document, XML file, enhanced electronic signature, file manager.

The paper presents the results of the development of a specialized file manager for working with XML-files of electronic documents signed with enhanced electronic signatures.

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова
ОБЗОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА РЕСУРСОВ GLPI

Ключевые слова: GLPI, автоматизированный учёт ресурсов, плагин, Fusion Inventory.

В данной работе рассматривается система автоматизированного учёта ресурсов GLPI. ПО GLPI рассматривалось в качестве внедрения в уже существующую автоматизированную систему. Данное ПО внедрено на тестовый полигон, проработаны все уязвимые места. Результаты внедрения приведены в данной статье.

A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova
GLPI AUTOMATED RECORDING SYSTEM OVERVIEW

Keywords: GLPI, automated resource tracking, plugin, Fusion Inventory.
This work raises the question of a qualified approach to system analysis and accounting of enterprise resources. For this purpose software GLPI is being investigated. GLPI software was considered as an implementation into an existing automated system. This software has been implemented on a test site, all vulnerabilities have been worked out. The results of the implementation are shown in this article.

П.П. Аврашков, И.А. Коськин, И.С. Константинов
МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Ключевые слова: трехмерное моделирование, перспективные проективные преобразования, модель.

Рассматриваются вопросы восстановления трехмерных изображений с помощью проективных преобразований. Предложен метод, позволяющий полностью восстанавливать все видимые горизонтальные ребра параллелепипеда из численного примера.

P.P. Avrashkov, I.A. Koskin, I.S. Konstantinov
A MODEL OF DATA PREPARATION FOR THE RECONSTRUCTION OF THREE-DIMENSIONAL IMAGES USING PERSPECTIVE PROJECTIVE TRANSFORMATIONS

Keywords: three-dimensional modeling, perspective projective transformations, model.

The issues of reconstruction of three-dimensional images using projective transformations are considered. A method is proposed that allows to completely restore all visible horizontal edges of a parallelepiped from a numerical example.

А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров,
Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, И.Ф. Шайхутдинов
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЗМА БЛОКИРОВКИ МЕЖКОЛЁСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Ключевые слова: грузовой автомобиль, межколёсный дифференциал, механизм блокировки, зубчатая муфта, полуось, динамические нагрузки, коэффициент блокировки, трение скольжения.

В работе предложено описание процесса механической блокировки автомобильного дифференциала. Рассмотрены факторы, определяющие безотказность работы механизма блокировки дифференциала в различных дорожных условиях. Приведены математические зависимости, позволяющие определить расчётные нагрузки на муфту блокировки и полуось.

A.Yu. Barykin, R.R. Basyrov,
R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov
MATHEMATICAL MODEL OF THE WORKING PROCESS OF THE MECHANISM FOR LOCKING THE INTERWHEEL DIFFERENTIAL OF A TRUCK

Keywords: truck, inter-wheel differential, locking mechanism, toothed clutch, axle shaft, dynamic loads, locking coefficient, sliding friction.

The paper proposes a description of the process of mechanical locking of an automobile differential. The factors that determine the reliability of the differential lock mechanism in various road conditions are considered. The mathematical dependences are given, which make it possible to determine the calculated loads on the blocking clutch and the semi-axle.

О.И. Богомолова, А.И. Галимянова, В.Т. Якупова
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММ ГЕНЕРАЦИИ ГАУССОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Ключевые слова: Метод Бокса-Мюллера, ряда случайных чисел, скорость генерации, трансцендентные функции, сравнительный анализ.

В работе исследована производительность программ генерации ряда случайных чисел, подчиняющихся нормальному распределению. В некоторых задачах стохастического моделирования требуется генерация большого числа случайных чисел, поэтому скорость генерации имеет огромное значение. В работе показан сравнительный анализ двух реализаций гауссового ряда. Одна из реализаций - метод Бокса-Мюллера, использующий трансцендентные функции. Другой метод, разработанный авторами - аппроксимация на основе

O.I. Bogomolova, A.I. Galimyanova, V.T. Yakupova
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE GAUSSIAN SEQUENCE GENERATION PROGRAMS

Keywords: Box-Muller method, a series of random numbers, generation rate, transcendental functions, comparative analysis.
The paper studies the performance of programs for generating a number of random numbers that obey a normal distribution. Some stochastic modeling tasks require generating a large number of random numbers, so the speed of generation is of great importance. The paper shows a comparative analysis of two realizations of the Gaussian series. One implementation is a method of Bobsamurai that use transcendental functions. Another method developed by authors is an approximation based on a rational fraction with second-order polynomials in the numerator and denominator. For comparative analysis, two

рациональной дроби, в числителе и знаменателе которой полиномы второго порядка. Для сравнительного анализа реализованы две программы на языке программирования высокого уровня PHP.

А.П. Буйносов, А.Т. Шарапов, М.С. Чепижко
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ТЯГОВОЙ
ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОВОЗА

Ключевые слова: электровоз, тяга, зубчатая передача, зацепление, качество, расчет, методика, совершенствование.
Предлагается усовершенствованная методика расчета качественных показателей зацепления цилиндрической эвольвентной тяговой косозубой передачи электровоза, а также рекомендации по величине их значений. В приведенной авторами методике учитываются коэффициенты, характеризующие контактную и изгибную прочность, виброустойчивость и износостойкость.

А.Ф. Галимянов, Ф.А. Галимянов
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ключевые слова: residual связи, большие данные, дробные производные, дробно-дифференциальные уравнения, метод Бубнова-Галеркина, скорость сходимости.
Для обработки больших данных при педагогических исследованиях для поиска закономерностей и кластеризации применение архитектур нейронных сетей, использующие механизм residual связей является оптимальным во многих смыслах. Данная архитектура упрощает структуру сети, также лучше моделирует работу мозга. Указанные связи можно смоделировать при помощи дробно-дифференциального уравнения. В статье рассматривается один из возможных путей построения такого дробно-дифференциального уравнения и предлагается метод Бубнова-Галеркина приближенного решения полученного уравнения. Приведены условия сходимости предложенного метода и теорема, где указана скорость сходимости приближенного решения к точному.

Ю.Г. Полкунов
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ В УСТУПНОМ РЕЖИМЕ
ПОРОД СРЕДНЕЙ И ВЫШЕ КРЕПОСТИ

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, механическое разрушение.
Статья посвящена разработке математической модели усилий, возникающих на оси конических дисковых инструментов в уступном режиме разрушения, при разрушении хрупких пород средней и выше крепости.

А.С. Титовцев, М.Н. Томилова
ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ
СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ
ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И
ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ
НАКОПИТЕЛЯ

Ключевые слова: система массового обслуживания, взаимопомощью между каналами, очередь.
В работе дается общее описание модели открытой многоканальной системы массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами и предельным объемом накопителя. Представлен граф подобной системы. Проведена математическая формализация модели. Приведены основные вероятностные и числовые характеристики системы.

programs are implemented in the high-level programming language PHP.

A.P. Buinosov, A.T. Sharapov, M.S. Chepizhko
IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR
CALCULATING THE QUALITATIVE INDICATORS OF
THE TRACTION GEAR TRANSMISSION OF THE
ELECTRIC FREIGHT LOCOMOTIVE

Keywords: electric locomotive, traction, gear, gearing, quality, calculation, methodology, improvement.
An improved method for calculating the qualitative indicators of engagement of a cylindrical involute oblique traction transmission of an electric locomotive, as well as recommendations on the magnitude of their values, is proposed. The method presented by the authors takes into account the coefficients characterizing contact and bending strength, vibration resistance and wear resistance.

A.F. Galimyanov, F.A. Galimyanov
NUMERICAL SOLUTION OF THE EQUATION OF
NEURAL NETWORKS FOR PROCESSING LARGE
PEDAGOGICAL DATA

Keywords: residual connections, big data, fractional derivatives, fractional differential equations, Bubnov-Galerkin method, convergence rate.
For processing big data in pedagogical research for finding patterns and clustering, the use of neural network architectures that use the residual link mechanism is optimal in many ways. This architecture simplifies the structure of the network, it also better simulates the work of the brain. These relationships can be modeled using a fractional differential equation. The article considers one of the possible ways of constructing such a fractional differential equation and proposes the Bubnov-Galerkin method for an approximate solution of the resulting equation. The conditions for the convergence of the proposed method and a theorem are given, where the rate of convergence of the approximate solution to the exact one is indicated.

Yu.G. Polkunov
MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL
DESTRUCTION IN THE LEDGE MODE OF ROCKS OF
MEDIUM AND HIGHER STRENGTH

Keywords: conical disk tool, mechanical destruction.
The article is devoted to the development of a mathematical model of the forces arising on the axis of conical disk tools in the ledge mode of destruction, during the destruction of brittle rocks of medium and higher strength.

A.S. Titovtsev, M.N. Tomilova
CHARACTERISTICS OF OPEN MULTI-CHANNEL
QUEUEING SYSTEMS WITH PARTIAL MUTUAL
ASSISTANCE BETWEEN THE CHANNELS AND
LIMITED STORAGE CAPACITY

Keywords: queuing system, mutual assistance between channels, queue.
The paper presents a general description an open multichannel queuing system's model with partial mutual assistance between channels and limited storage capacity. A graph of a such system is presented. The mathematical formalization of the model is carried out. The main probabilistic and numerical characteristics of the system are given.

А.С. Титовцев, М.Н. Томилова
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОТКРЫТЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЧАСТИЧНОЙ ВЗАИМОПОМОЩЬЮ МЕЖДУ КАНАЛАМИ И ОГРАНИЧЕННЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ НАКОПИТЕЛЯ

Ключевые слова: система массового обслуживания, взаимопомощь между каналами, очередь.

Данная работа посвящена численному исследованию стабильных режимов работы открытых многоканальных систем массового обслуживания с частичной взаимопомощью между каналами и ограниченным предельным объемом накопителя. Представлен алгоритм расчета и изучена динамика изменения граничных значений среднего количества всех обслуживающих устройств при изменении приведенной интенсивности входного потока заявок и длины очереди.

Е.М. Баранова, С.Ю. Борзенкова, И.Е. Кузьмин
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, категорирование объектов, экспертная система, экспертная группа, этапы категорирования.

В работе рассмотрен процесс категорирования объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) и возникающих при этом проблем с выполнением требований регуляторов. Предложены пути решения выявленных проблем, связанных с процедурой определения категорий объектов КИИ.

Е.В. Мельников, О.С. Авсентьев
ЗАЩИТА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ ОТ БЛОКИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ключевые слова: блокирование информации, синхронизирующая информация, зачетный отрезок, квазислучайная последовательность большого периода.

В работе представлены методы защиты высокоскоростных радиосистем от блокирования информационного процесса за счет искажения или разрушения синхронизирующей информации. Предлагаются принудительные методы синхронизации квазислучайной последовательности большого периода для повышения вероятности синхронного запуска высокоскоростных радиосистем в условиях внешних деструктивных воздействий.

Е.В. Мельников, О.С. Авсентьев
МЕТОД ОЦЕНКИ ЛОЖНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ключевые слова: ложный запуск, синхронизирующая информация, зачетный отрезок, квазислучайная последовательность большого периода.

В данной работе впервые получены математические модели для определения ложного запуска датчика КСПБП на основе использования теории кодирования, путем строгого доказательства изоморфизма процессов синхронизации КСПБП по методу Уорда декодированию $(k+m, k)$ -кода максимальной длины.

В.В. Семенов
ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Ключевые слова: киберфизические системы, анализ временных рядов, информационная безопасность.

Предложен метод оценивания состояния информационной безопасности элементов киберфизических систем, отличающийся от существующих комбинированным подходом,

A.S. Titovtsev, M.N. Tomilova
NUMERICAL RESEARCH OF STABLE MODES OF OPEN MULTICHANNEL QUEUING SYSTEMS WITH PARTIAL MUTUAL ASSISTANCE BETWEEN CHANNELS AND LIMITED STORAGE CAPACITY

Keywords: queuing system, mutual assistance between channels, queue.

This article is devoted to the numerical study of stable operating modes of open multichannel queuing systems with partial mutual assistance between channels and a limited storage capacity. The calculation algorithm is presented and the dynamics of changes in the boundary values of the average number of all service devices is studied when changing the reduced intensity of the input flow of requests and the length of the queue.

E.M. Baranova, S.Y. Borzenkova, I.E. Kuzmin
IMPROVING THE CATEGORIZATION OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE

Keywords: critical information infrastructure, categorization of objects, expert system, expert group, stages of categorization.

This article considers the process of determining the categories of information objects that are part of the information infrastructure and the problems encountered in fulfilling the requirements of regulators. Reasonably proposed probable ways to solve the identified.

E.V. Melnikov, O.S. Avsentyev
PROTECTION OF HIGH-SPEED RADIO SYSTEMS FROM BLOCKING INFORMATION IN CONDITIONS OF EXTERNAL DESTRUCTIVE INFLUENCES

Keywords: blocking of information, synchronizing information, test segment, quasi-random sequence of a large period.

The paper presents methods of protection of high-speed radio systems from blocking the information process by distorting or destroying synchronizing information. Forced methods of synchronization of quasi-random sequence of a large period to increase the probability of synchronous launch of high-speed radio systems in conditions of external destructive influences are proposed.

E.V. Melnikov, O.S. Avsentyev
METHOD OF ESTIMATION OF FALSE SYNCHRONIZATION OF HIGH-SPEED RADIO SYSTEMS IN CONDITIONS OF EXTERNAL DESTRUCTIVE INFLUENCES

Keywords: false start, synchronizing information, test segment, quasi-random sequence of a large period.

In this paper, for the first time, mathematical models were obtained to determine the false start of the KSPBP sensor based on the use of coding theory, by rigorous proof of the isomorphism of the synchronization processes of the CSPBP by the Ward method by decoding the $(k+m, k)$ code of maximum length.

V.V. Semenov
ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY STATE BASED ON ANALYSIS OF TIME SERIES

Keywords: cyber-physical systems, time series analysis, information security.

Author was proposed the method for assessing of information security state of elements of cyber-physical systems. The method differs from the existing ones by a combined approach that combines the use of an ensemble of parallel-worked

сочетающим применение в системе управления событиями информационной безопасности ансамбля параллельно работающих классификаторов и весовых коэффициентов Фишберна при анализе совокупности информативных признаков, полученных из временных рядов, характеризующих функционирование киберфизических систем. На примере известного исследовательского набора данных получены экспериментальные результаты, подтверждающие применимость предложенного метода.

Н.А. Соловьев, Н.А. Тишина, И.А. Щудро
ГЛУБОКАЯ ДИСКРИМИНАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ
ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Ключевые слова: обнаружение вторжений, глубокие нейронные сети, дискриминационные модели.

Применение глубоких нейронных сетей имеет большой потенциал при обнаружении сетевых вторжений. В этой статье предложена оптимальная модель дискриминационной глубокой нейронной сети для обнаружения вторжений на основе современного помеченного набора данных вторжений путем измерения усредненных показателей эффективности.

Ю.И. Фёдоров, А.Г. Анников
ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ АПРИОРНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
НАДЁЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Ключевые слова: математическая модель, надёжность и безопасность программного обеспечения, оценка параметров модели.

В работе рассматривается важный элемент надёжности и безопасности программного обеспечения информационных систем – безотказность. Методом, предложенным одним из авторов, даны априорные оценки основных параметров экспоненциальной математической модели надёжности программного обеспечения. Для одного из параметров этой модели – количества отказов к моменту оценки надёжности – найдено представление через сумму знакопередающегося ряда Маклорена. Априорные оценки параметров модели получены с помощью оценки суммы этого ряда сверху и снизу его первой и второй частичными суммами. Найденные оценки могут способствовать выявлению закономерностей проявления отказов программного обеспечения, прогнозированию его надёжности и безопасности.

classifiers and Fishburne weights in the information security event management systems when analyzing a set of informative features obtained from time series characterizing the functioning of the cyber-physical systems. On the example of a research dataset, experimental results have been obtained and confirmed the applicability of the proposed method.

N.A. Soloviov, N.A. Tishina, I.A. Shudro
DEEP DISCRIMINATIVE MODEL NETWORK
INTRUSION DETECTION

Keywords: intrusion detection, deep network, discriminative model.

The use of deep networks has great potential for network intrusions detection.

In the article an optimal discriminative deep networks model for intrusion detection based on a modern tagged intrusion dataset by measuring average performance metrics is offered.

Y.I. Fedorov, A.G. Annikov
ON A METHOD OF A PRIORI ESTIMATES OF THE
PARAMETERS OF AN EXPONENTIAL MATHEMATICAL
MODEL OF SOFTWARE RELIABILITY

Keywords: mathematical model, software reliability and security, estimation of model parameters.

The paper considers an important element of reliability and security of information systems software – uninterrupted operation. A priori estimates of the main parameters of an exponential mathematical model of software reliability are given by the method proposed by one of the authors. For one of the parameters of this model – the number of failures at the time of reliability assessment – a representation is found in terms of the sum of the alternating Maclaurin series. A priori estimates of the model parameters are obtained by estimating the sum of this series from above and below by its first and second partial sums. The estimates found can help to identify patterns of software failures, predict its reliability and security

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

№10 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.ntvprt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 10.11.2021 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 10.11.2021

12,1 усл.печ.л. 14,6 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3730.

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»