

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№2 2020

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
2020**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №2 2020г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2020. – 112 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.ntvr.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

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

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

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;

В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;

В.К. Половняк – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харламиди – д.х.н., проф.

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

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

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Д.А. Безуглов, Ю.Д. Безуглов, В.И. Юхнов</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ГРУППОВЫХ МЕР ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ОСНОВАННЫЙ НА МАРКОВСКИХ МОДЕЛЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ	7
<i>Л.А. Галиуллин, Е.В. Зубков, А.Н. Илюхин, А.Х. Тазмеев, Ш.Ш. Хузятов</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ	10
<i>Д.С. Горбатенко</i> БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА, ИСПОЛЪЗУЕМОГО В РЕЖИМЕ ЛЕГКОВОГО ТАКСИ	13
<i>С.А. Даденков, Е.Л. Кон</i> СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЯХ СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ	16
<i>С.А. Даденков, Е.Л. Кон</i> АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЕЙ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	20
<i>Ж.Г. Могилюк</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	23
<i>Е.С. Юдт, А.П. Буйносов</i> СПОСОБ ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ РЕДУКТОРОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ	27

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

<i>С.М. Климов, Дь.А. Соколов, Ю.Ж. Дондоков</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРИКЕТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ	31
<i>А.Р. Фардеев, Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева</i> АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ	34
<i>Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева, А.Р. Фардеев, С.М. Егорова</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ЛЕКЦИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ В СРЕДЕ POWER POINT	37

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

<i>А.П. Буйносов, А.Т. Шаранов</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ	40
<i>А.Б. Сорокин, Л.М. Железняк</i> АВТОМАТИЧЕСКАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗМЕТКА ТЕКСТА	44
<i>В.И. Хрусталеv, А.С. Демедюк</i> УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ К ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫМ ИНТЕРФЕЙСАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БЕСКОНТАКТНЫХ АССИСТИВНЫХ СИСТЕМ	47
<i>С.Д. Шибайкин, А.А. Аббакумов, В.В. Никулин</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНЫХ МЕДИЦИНСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ НА ОСНОВЕ 3-D МОДЕЛИ ПОСТРОЕННОЙ ПО УЗ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ	50

<i>С.Д. Шибайкин, А.И. Егунова, А.А. Аббакумов</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА И МЕТОДА БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ	54
---	----

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

<i>И.А. Акимов, А.И. Акимов, А.А. Мукашев</i> АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С НЕОДНОРОДНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ	59
<i>А.И. Акимов, И.А. Акимов, А.А. Мукашев</i> АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	62
<i>Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, Д.К. Шакуров, С.Р. Ишинбаев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАМЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ В СИСТЕМЕ NX UNIGRAPHICS	66
<i>Ф.А. Галимянов</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	69
<i>Е.О. Каракулина, Е.В. Спиридонова</i> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛООБМЕНА В МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ НА ЭТАПЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗОГРЕВА	72
<i>Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, З.А. Аюкин</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	75
<i>А.А. Суходоева, И.А. Оборина, Т.С. Суходоева</i> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЛАИВАНИЯ КОМПОЗИТА	78
<i>Н.С. Хитерхеева, П.А. Болоев</i> ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ	82
<i>С.Э. Шаклеина, Е.Н. Тимашева, И.Ф. Киссельман, Д.Н. Кучев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА СО ВЗВЕШЕННЫМ ТРАНСПОРТИРУЕМЫМ СЛОЕМ	85

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

<i>И.Ю. Попов, Д.А. Заколдаев, К.А. Пшеничный</i> ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕВЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АТАК ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ» НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА	89
<i>А.С. Филатов, Дь.А. Соколов, В.В. Черкашин, Т.А. Петрова</i> СОЗДАНИЕ WEB-САЙТА БИБЛИОТЕКИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ	93
<i>С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ ГУВД СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	97
<i>С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев</i> СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ СВЯЗИ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ ОВД ПРИ ВЕДЕНИИ КОНТРТЕРОРИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ	101

АННОТАЦИИ	105
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

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

<i>D.A. Bezuglov, Yu.D. Bezuglov, V.I. Yukhnov</i> MATHEMATICAL APPARATUS FOR GROUP MEASURES OF UNITS OF PHYSICAL QUANTITIES BASED ON MARKOV MODELS OF RANDOM PROCESSES	7
<i>L.A. Galiullin, E.V. Zubkov, A.N. Iliukhin, A.H. Tazmeev, S.S. Khuzyatov</i> MODELING OF AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM ON THE BASIS OF WEB TECHNOLOGIES	10
<i>D.S. Gorbatenko</i> SAFETY OF OPERATION OF VEHICLE VEHICLES USED IN PASSENGER TAXI MODE	13
<i>S.A. Dadenkov, E.L. Kon</i> METHODS OF PROVIDING CHARACTERISTICS OF TRANSMISSION AND DATA PROCESSING IN INFORMATION-MANAGING NETWORKS WITH RANDOM ACCESS	16
<i>S.A. Dadenkov, E.L. Kon</i> ALGORITHM FOR DESIGNING INFORMATION-MANAGING NETWORKS WITH THE PRESENT CHARACTERISTICS OF DATA TRANSFER AND PROCESSING	20
<i>Zh.G. Mogiljuk</i> PHYSICAL PRINCIPLES OF DYNAMIC SURVEYS OF CONSTRUCTION OBJECTS TECHNICAL CONDITION	23
<i>E.S. Yudt, A.P. Buinosov</i> METHOD FOR INCREASING THE RELIABILITY OF ELECTRIC TRUCK TRACTION REDUCERS	27

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

<i>S.M. Klimov, D.A. Sokolov, U.Sh. Dondokov</i> AUTOMATION OF BRIQUETTES PRODUCTION TECHNOLOGY FOR SOLID FUEL BOILERS	31
<i>A.R. Fardeev, L.A. Feoktistova, T.V. Rzaeva</i> AUTOMATIC POWER LIMITATION OF A WIND PUMP INSTALLATION USED IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF LIQUID CIRCULATION	34
<i>L.A. Feoktistova, T.V. Rzaeva, A.R. Fardeev, S.M. Egorova</i> EXPERIENCE OF USING MULTIMEDIA LECTURES ON ENGINEERING GRAPHICS IN THE ENVIRONMENT POWER POINT	37

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

<i>A.P. Buinosov, A.T. Sharapov</i> IMPROVEMENT OF GEOMETRIC CALCULATION OF GEAR ELECTRIC CARGO TRANSMISSION	40
<i>A.B. Sorokin, L.M. Zheleznyak</i> AUTOMATIC MORPHOLOGICAL TEXT MARKING	44
<i>V.I. Khrustalev, A.S. Demedyuk</i> TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS FOR HUMAN-MACHINE INTERFACES IN THE DEVELOPMENT OF CONTACTLESS ASSISTIVE SYSTEMS	47
<i>S.D. Shibaykin, A.A. Abbakumov, V.V. Nikulin</i> VISUALIZATION AND NAVIGATION SYSTEM SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MINIMALLY INVASIVE MEDICAL MANIPULATIONS BASED ON 3-D MODEL CONSTRUCTED BY ULTRASOUND IMAGES	50

<i>S.D. Shibaykin, A.I. Egunova, A.A. Abbakumov</i> ANALYSIS OF APPLICATION OF NEURAL NETWORKS, GRADIENT BOOSTING AND THE METHOD OF NEAREST NEIGHBORS FOR CLASSIFICATION OF REGULATORY REFERENCE INFORMATION	54
--	----

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

<i>I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev</i> ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING NONLINEAR PROBLEMS OF STATIONARY HEAT CONDUCTION WITH INHOMOGENEOUS BOUNDARY CONDITIONS	59
<i>I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev</i> ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING NONLINEAR PROBLEMS OF UNSTEADY HEAT CONDUCTION WITH HOMOGENEOUS BOUNDARY CONDITIONS BY THE METHOD OF FINITE INTEGRAL TRANSFORMS	62
<i>R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, D.K. Shakurov, S.R. Ishinbaev</i> MODELING A TRUCK FRAME IN THE NX UNIGRAPHICS SYSTEM	66
<i>F.A. Galimyanov</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR IMPLEMENTING THE BACK-PROPAGATION METHOD FOR TRAINING NEURAL NETWORKS	69
<i>E.O. Karakulina, E.V. Spiridonova</i> NUMERICAL SOLUTION OF THE HEAT EXCHANGE PROBLEM IN A MULTI-LAYER COMPOSITE STRUCTURE WITH CELLULAR FILLER AT THE PRE-HEATING STAGE	72
<i>D.I. Nuretdinov, A.Yu. Barykin, R.M. Galiyev, Z.A. Ajukin</i> DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATING THE RESIDUAL RESOURCE OF A CAR ENGINE	75
<i>A.A. Sukhodoeva, I.A. Oborina, T.S. Sukhodoeva</i> NUMERICAL STUDY OF COMPOSITE DELAMINATION	78
<i>N.S. Khiterheeva, P.A. Boloev</i> PRINCIPLES OF MATHEMATICAL MODELING OF DIESEL ENGINE OPERATION IN TRANSIENT MODES	82
<i>S.E. Shakleina, E.N. Timasheva, I.F. Kisselman, D.N. Kuchev</i> RESEARCH OF HYDRODYNAMICS AND DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS IN THE MACHINE WITH A WEIGHTED TRANSPORTED LAYER	85

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

<i>I.U. Popov, D.A. Zakoldaev, C.A. Pshenichny</i> DETECTION OF NETWORK DISTRIBUTED ATTACKS BASED ON THE GRADIENT BOOSTING ALGORITHM	89
<i>A.S. Filatov, D.A. Sokolov, V.V. Cherkashin, T.A. Petrova</i> CREATION OF A LIBRARY WEB SITE AS AN INSTRUMENT FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC COMPETENCIES	93
<i>S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev</i> MODELING THE WORK OF THE AUTOMATED COMPLEX OF HIDDEN MANAGEMENT OF THE GUV D OF THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION	97
<i>S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev</i> METHOD FOR MAKING CONTINUITY OF COMMUNICATION IN CORPORATE ATS NETWORKS DURING CONTRERRORORIST OPERATIONS	101

ABSTRACTS	105
------------------	-----

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

05.13.01

¹Д.А. Безуглов д-р техн. наук, ²Ю.Д. Безуглов канд. физ.-мат. наук,
³В.И. Юхнов канд. техн. наук

¹Ростовский филиал Российской таможенной академии,

²Северо-кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики,
кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи,

³Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра вычислительной техники и автоматизированных систем управления,
Ростов-на-Дону, bezuglovda@mail.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ГРУППОВЫХ МЕР
ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ОСНОВАННЫЙ НА МАРКОВСКИХ
МОДЕЛЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**

В работе впервые в качестве модели эволюции основной погрешности групповой меры единицы величины принят приближенный к винеровскому процесс. Предложен новый способ воспроизведения частоты групповой мерой в условиях полной автономности с минимизацией методической погрешности измерений. На базе созданного научно-методического аппарата разработаны новые схемотехнические и конструктивные решения по созданию структур высокоточных устройств оценки действительного значения единицы величины цифровой и аналоговой групповой меры.

Ключевые слова: эволюция основной погрешности, групповая мера единицы величины, автономная поверка.

Перспективные средства измерений должны представлять собой принципиально новые групповые меры и автоматизированные поверочные комплексы, реализующие идеи и принципы использования приборов с автономной поверкой, групповых эталонов и систем самоповерки, а также применение метода базовых величин при передаче размеров единиц величин, обеспечивающих достижение высокого уровня метрологической автономности.

Потенциальные возможности групповых мер длительное время достоверно хранить единицы величин обусловлены, прежде всего, эволюцией с течением времени их метрологических характеристик, в основе которой лежат физико-химические закономерности. При этом, одним из наиболее эффективных способов представления процесса эволюции метрологических характеристик групповых мер во времени является использование моделей на основе диффузионных марковских процессов, позволяющее определить метрологические характеристики на основе решения задач о достижении границ [1, 2].

В настоящее время модели эволюции метрологических характеристик на основе диффузионных марковских процессов не нашли широкого применения в алгоритмах формирования выходных единиц групповых мер из-за несовершенства математического аппарата решения диффузионных уравнений и больших вычислительных сложностей.

Таким образом, задача использования групповых мер при автономных поверках для марковских диффузионных моделей эволюции метрологических характеристик в настоящее время является актуальной.

Анализ традиционных алгоритмов проведения автономных поверок по результатам взаимных сличений хранителей единиц величин групповых мер, выявил ряд существенных недостатков, основными из которых являются: необходимость сличений с исходной мерой,

жесткая схема сличений с опорным хранителем и низкая устойчивость формируемой выходной единицы величины к изменению состава групповой меры. Наряду с этими недостатками в традиционных алгоритмах не учитываются особенности формирования единицы величины аналоговых и цифровых групповых мер.

Цель работы: создать математический аппарат ведения групповых мер единиц физических величин, основанный на марковских моделях случайных процессов, учитывающий особенности формирования единицы величины аналоговых и цифровых групповых мер.

Рассмотрим математическую постановку задачи [3]. Предполагается, что групповой эталон состоит из r хранителей единицы величины. Модель эволюции основных погрешностей соответствует выражению

$$d\Delta_i / dt = n_i(t), \quad \Delta_i(0) = 0, \quad i = \overline{1, r}, \quad (1)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_r$ – множество r независимых основных погрешностей хранителей группового эталона, распределённых по нормальному закону.

В качестве основной погрешности группового эталона принимается функция от погрешностей хранителей

$$\lambda = F[\Delta_1, \dots, \Delta_r], \quad i = \overline{1, r}, \quad (2)$$

Модель эволюции для групповой погрешности представляется в виде приближённого к винеровскому процесса, определяемого с помощью стохастического дифференциального уравнения

$$d\lambda / dt = n(t), \quad \lambda(0) = 0. \quad (3)$$

Поскольку для развиваемого в работе метода определения метрологических характеристик групповой меры не принципиальна размерность вектора λ (2), рассмотрим скалярный случай для одного хранителя единицы величины.

Эволюция плотности распределения основной погрешности хранителя единицы величины удовлетворяет следующим дифференциальным уравнениям в частных производных

$$-\frac{\partial w(\Delta_1, t_0)}{\partial t_0} = \frac{1}{2} K_{2(1)} \frac{\partial^2 w(\Delta_1, t_0)}{\partial \Delta_1^2}, \quad w(\Delta_1, t_0) = w_0(\Delta_1), \quad (4)$$

где $K_{2(1)}$ – коэффициент диффузии эволюции основной погрешности хранителя групповой меры.

Для многомерного случая плотность распределения основной погрешности групповой меры удовлетворяет следующему прямому уравнению ФПК

$$\frac{\partial w(\Delta_1, \dots, \Delta_r, t)}{\partial t} = \frac{K_{2r}}{2} \sum_{i=1}^r \frac{\partial^2 w(\Delta_1, \dots, \Delta_r, t)}{\partial \Delta_i^2} = L_t \{w(\Delta_1, \dots, \Delta_r, t)\},$$

$$w(\Delta_1, \dots, \Delta_r, t_0) = w_0(\Delta_1, \dots, \Delta_r), \Delta_i \in R^1, t \in R^1, i = \overline{1, r}, \quad (5)$$

где K_{2r} – коэффициент диффузии эволюции основной погрешности групповой меры; L_t – оператор КФП эволюционного уравнения.

Модель основной погрешности хранителя единиц величины примем в следующем виде

$$\Delta_i(t) = X_i(t) - X_0, \quad i = \overline{1, r} \quad (6)$$

где X_i – значение единицы величины i – го хранителя группового эталона; X_0 – значение единицы величины исходного эталона.

Система уравнений взаимных сличений хранителей групповой меры будет иметь следующий вид

$$X_j - X_i = (X_0 + \Delta_j) - (X_0 + \Delta_i) = \Delta_j - \Delta_i = \gamma_{i(j)} + n_{i(j)}, \quad j > i, \quad i, j = \overline{1, r} \quad (7)$$

где $\gamma_{i(j)}$ – взаимная основная погрешность j -го хранителя групповой меры; $n_{i(j)}$ – шумы сличений.

Для случая использования неравноточных хранителей необходимо ввести в систему (8) некоторые весовые коэффициенты сличений

$$W_{i(j)} = F[\Delta_{d(i)}, \Delta_{d(j)}], \quad i, j = \overline{1, r} \quad (8)$$

Таким образом, определение метрологических характеристик групповой меры предполагает решение уравнения ФПК (5) для приближенной к винеровской модели эволюции основной погрешности с совместным решением системы весовых уравнений взаимных сличений хранителей групповой меры

$$(\Delta_j - \Delta_i) W_{i(j)} = (\gamma_{i(j)} + n_{i(j)}) W_{i(j)}, \quad j > i, \quad i, j = \overline{1, r} \quad (9)$$

Решением эволюционного уравнения (5) является функция, характеризующая совместную плотность распределения основных погрешностей хранителей групповой меры

$$w(\Delta_1, \dots, \Delta_r, t) = \prod_{i=1}^r \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi K_{2r} t}} \exp\left(-\frac{(\Delta_i)^2}{2K_{2r} t}\right) \right]. \quad (10)$$

Для определения метрологических характеристик групповой меры, используемых при автономных поверках необходимо найти плотность распределения ее основной погрешности, в качестве которой в простейшем случае принимается среднее арифметическое основных погрешностей хранителей единицы величины.

Уравнение для плотности распределения основной погрешности группового эталона примет вид

$$w(\lambda, t) = \frac{1}{\frac{2}{r} \sqrt{\pi K_{2r} t}} \exp\left(-\frac{1/2 (r\lambda)^2}{2K_{2r} t}\right). \quad (11)$$

На основе данного выражения возможно определение различных метрологических характеристик групповой меры как интервальных, например, межповерочного интервала, так и точечных, таких как основная погрешность и действительное значение единицы физической величины.

ВЫВОДЫ. В результате были получены следующие результаты:

- впервые в качестве модели эволюции основной погрешности групповой меры единицы величины принят приближенный к винеровскому процесс;
- на базе критерия максимального правдоподобия синтезирован субоптимальный алгоритм оценки метрологических характеристик групповых эталонов по результатам взаимных сличений хранителей единиц величин [3], позволяющий повысить точность полученных оценок;
- на базе созданного научно-методического аппарата разработаны новые, имеющие мировую новизну, схемотехнические и конструктивные решения по созданию структур высокоточных устройств оценки действительного значения единицы величины цифровой [4] и аналоговой [5] групповой меры.

Список литературы

1. Донченко С.И., Блинов И.Ю., Гончаров А.С., Норец И.Б. Современное состояние и перспективы развития эталонной базы Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли // Измерительная техника. 2015, № 1, 2015, с. 5-8.
2. Гайгеров Б.А., Сыроев В.П. Учет релятивистских эффектов при сличении шкал времени с помощью перевозимых квантовых часов // Измерительная техника. 2012, №2, с. 25-29.
3. Безуглов Д.А., Юхнов В.И. Нелинейные преобразования метрологических характеристик автономных средств измерений // Фундаментальные исследования. 2015. № 11-2. С. 232-236.
4. Безуглов Д.А., Поморцев П.М. Устройство оценки действительного значения единицы физической величины цифрового группового эталона. Патент на изобретение RU 3592141 от 3.04.2003.
5. Безуглов Д.А., Поморцев П.М. Устройство оценки действительного значения единицы физической величины аналогового группового эталона. Патент на изобретение RU 4519854 от 16.02.2004.

05.13.01

**Л.А. Галиуллин канд. техн. наук, Е.В. Зубков канд. техн. наук,
А.Н. Илюхин канд. техн. наук, А.Х. Тазмеев, канд. хим. наук,
Ш.Ш. Хузятов канд. техн. наук**

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кафедра информационных систем, Набережные Челны, galilenar@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

Проведено моделирование автоматизированной информационной системы на базе веб-технологий. Проведено проектирование АИС на базе веб-технологий с использованием методологии UML. На основе проведенного моделирования и проектирования была разработана АИС, на которую было получено свидетельство о регистрации программы ЭВМ.

Ключевые слова: *автоматизация, информация, сеть, веб.*

Моделирование предметной области можно назвать главным этапом разработки, так как модель – это основа разработки. Например, для интернет магазина аптеки основным процессом является процесс «Продать лекарство», который представлен на рисунке 1 в виде диаграммы DFD.

На диаграмме видно, что работает с лекарственными препаратами и другими медицинскими изделиями Фармацевт. Он должен иметь возможность систематизировать списки по группам препаратов, то есть распределять препараты, добавлять новые препараты и удалять просроченные, вести учет. Покупатель получает информацию и приобретает препараты, в которых он нуждается.

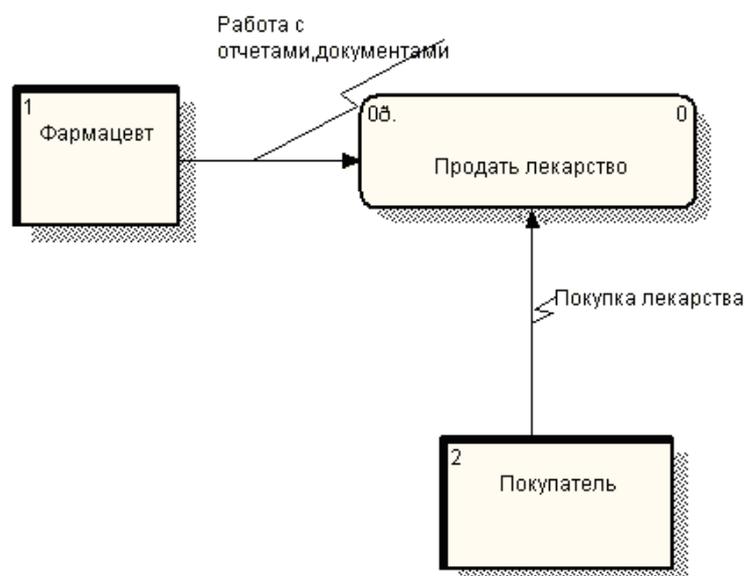


Рис. 1 - Контекстная диаграмма DFD

На основной схеме каждый процесс делится на несколько подпроцессов. На рисунке 2 представлена декомпозиция процесса "Продать лекарство". Покупатель приходит в аптеку, чтобы купить нужное лекарство. Фармацевт помогает ему подобрать приемлемое по цене лекарство, так как благодаря широкому ассортименту в аптеке присутствуют как дорогие, так и менее дорогие лекарства.

Далее Фармацевт начинает оформлять продажу, сразу обговаривая возможность возврата товара с наличием чека. В конце смены фармацевт формирует отчет о проделанной работе.

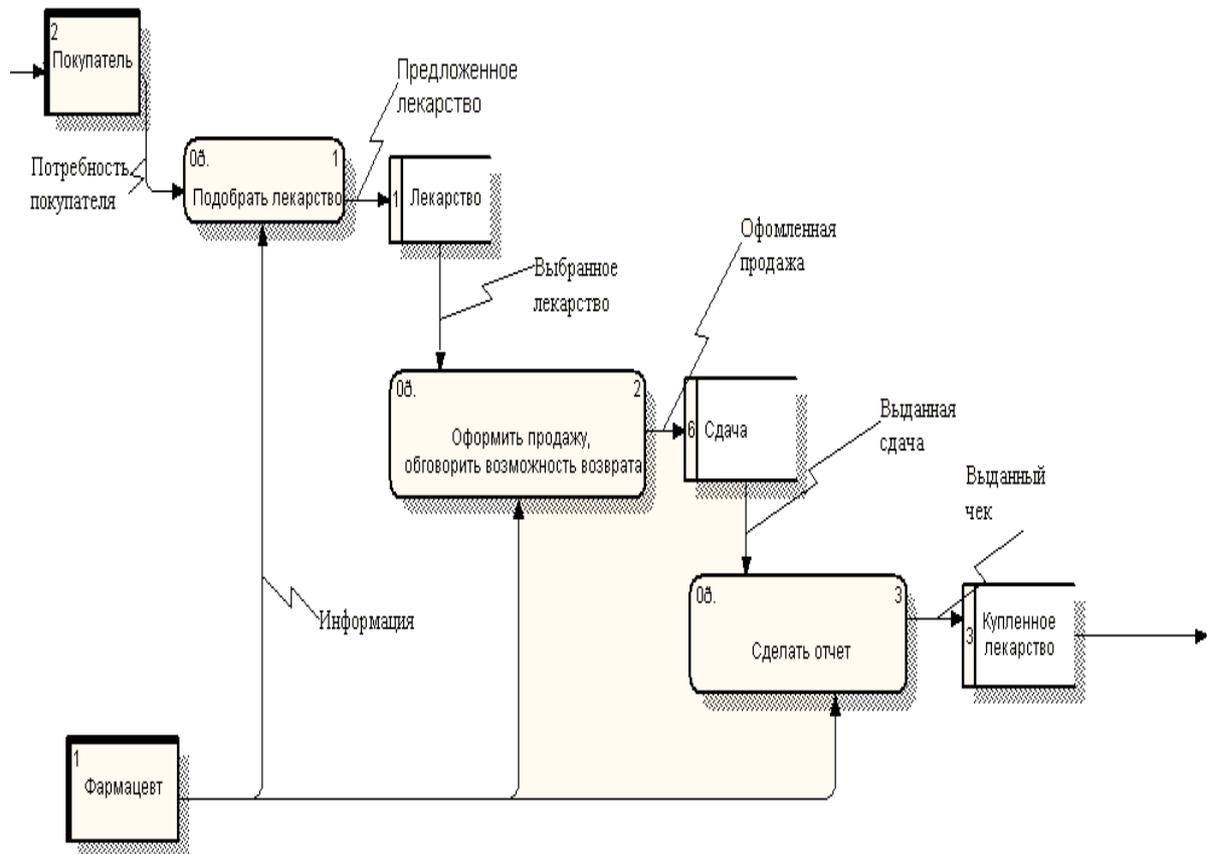


Рис. 2 - Диаграмма декомпозиции

Диаграмма декомпозиции процесса «Подобрать лекарство» представлена на рисунке 3.

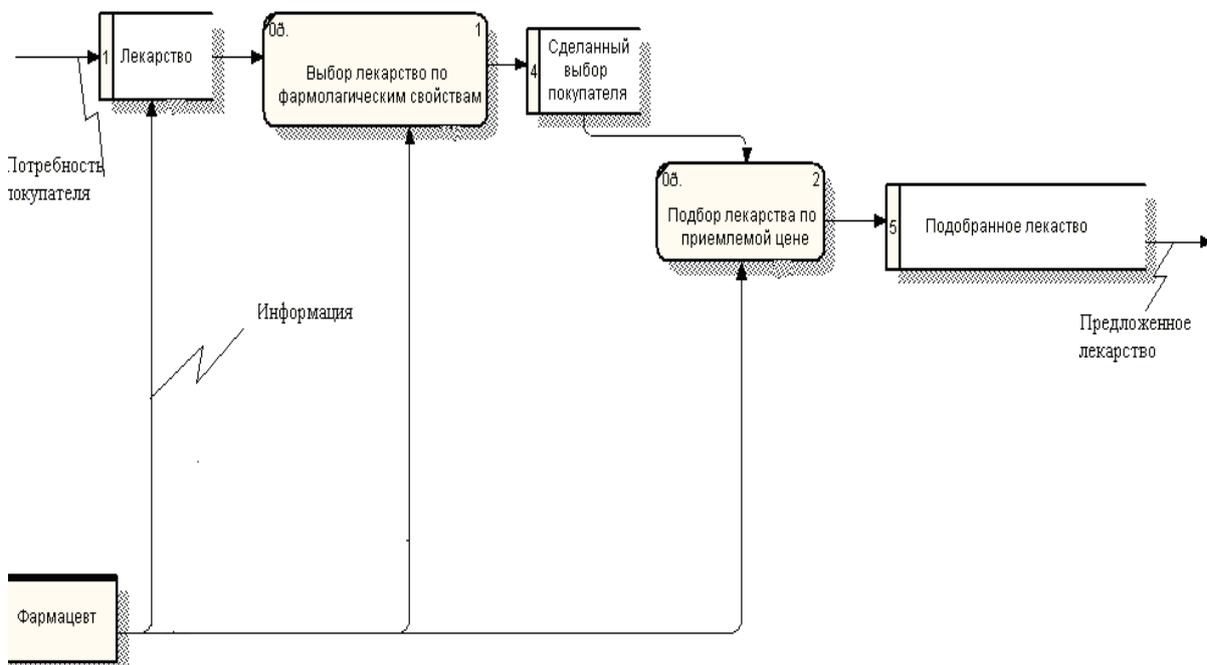


Рис. 3 - Диаграмма процесса

Далее идет оформление покупки. В документ «Чек» необходимо внести нужное лекарство, количество и отметить наличие дисконтной карты для получения скидки. Готовый чек распечатывается и передается покупателю.

Диаграмма декомпозиции процесса «Оформить продажу» представлена на рисунке 4.

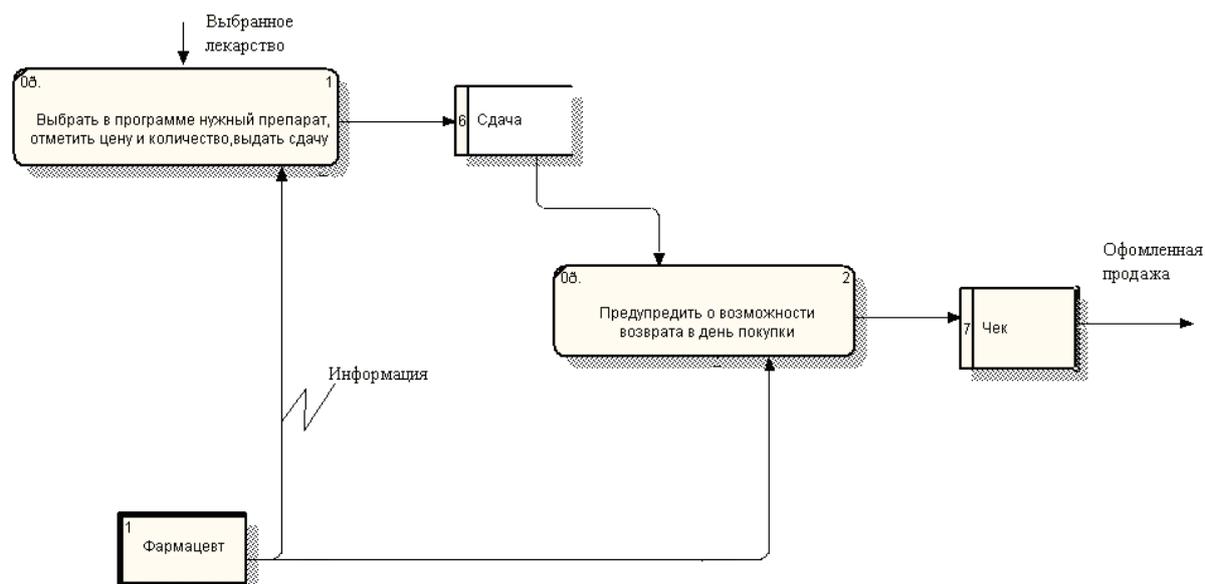


Рис. 4 - Диаграмма процесса «Оформить продажу»

Благодаря использованию описанной выше UML-модели, удалось создать функциональный и интуитивно-понятный пользовательский интерфейс интернет-магазина аптеки с возможностью быстрой модернизации в случае необходимости.

Список литературы

1. *Валиев Р.А., Коснырев Д.В.* Реализация OPC-сервера с унифицированной архитектурой на основе библиотеки SDK // В сборнике: Информационные технологии. Автоматизация. Актуализация и решение проблем подготовки высококвалифицированных кадров (ИТАП-2017) Сборник материалов VII международной научно-практической конференции (дистанционная форма). Ответственные редакторы Симонова Л.А., Савицкий С.К.. 2017. С. 49-55.
2. *Валиев Р.А., Акмалов Р.Р., Каримов Т.Н.* Формализация многокритериальной задачи оптимального планирования распределения товара по потребителям // В сборнике: Информационные технологии. Автоматизация. Актуализация и решение проблем подготовки высококвалифицированных кадров (ИТАП - 2014) Сборник материалов Международной научно-практической конференции (дистанционная форма). Набережнoчелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"; Информационно-образовательный центр подготовки специалиста машиностроительного профиля. 2014. С. 8-11.
3. *Валиев Р.А., Хайруллин А.Х., Шибиков В.Г.* Модели и методы синтеза алгоритмов и программ систем автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении // Вестник машиностроения. – 2015. – №6. – С.48–51.
4. *Валиев Р.А., Абайдуллин Р.Н.* Разработка конфигуратора автоматизированной системы учета результативности деятельности предприятий в соответствии с СМК ISO 9001 // В сборнике: Образование и наука - производству Сборник трудов Международной научно-технической и образовательной конференции: в 2-х частях. Министерство образования и науки РФ; ГОУ ВПО "Камская государственная инженерно-экономическая академия". 2010. С. 164-165.
5. *Галиуллин Л.А., Валиев Р.А., Зубков Е.В., Илюхин А.Н.* САПР пользовательского интерфейса на базе облачных технологий (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ) №2015611061, 23.01.2015.
6. *Галиуллин Л.А., Гараев А.З., Юнусов И.Р.* Проектирование информационной системы технической поддержки в виде веб-приложения // VII Камские чтения Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, в трёх частях. Набережнoчелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет". 2015. С. 83-85.

05.13.01

Д.С. Горбатенко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Институт № 6 «Аэрокосмический»,
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, mai_kaf604@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В РЕЖИМЕ ЛЕГКОВОГО ТАКСИ

В статье рассматривается проблематика обеспечения безопасности движения при оказании таксомоторных перевозочных услуг. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий как с участием, так и по вине водителей такси. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности.

Ключевые слова: перевозочные услуги, легковое такси, дорожно-транспортное происшествие, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

Сегодня такси - один из самых популярных способов передвижения. Особенно популярны поездки на такси в аэропорты, на железнодорожные вокзалы, а также в плохую погоду или поздним вечером. Легковые такси являются частью системы общественного транспорта. С активным использованием смартфонов и прочих «гаджетов» необходимость стоять на улице с протянутой рукой голосуя, чтобы «поймать» машину, умерла сама собой. Вместе с ней исчезла возможность визуального оценивания состояния водителя. Это произошло благодаря интернету и многочисленным сервисам-агрегаторам вызова такси. Причем, этих «посредников» совершенно не интересует водительский стаж водителя, участие ранее в ДТП, и техническое состояние автомобиля. Результатом таких перевозочных услуг часто являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП), в которых люди, в том числе пассажиры такси, гибнут и получают ранения [1].

На территории только Московской области за 2013-19 гг. в среднем в год происходит примерно 215 ДТП с участием такси, в которых гибнет в среднем 19 чел. и 270 чел. получают ранения. Из общего числа ДТП с участием такси 56 % это ДТП по вине водителей такси. Основными нарушениями ими правил дорожного движения (ПДД), приведшими в ДТП, явились «несоблюдение очередности проезда» (22 % ДТП), «неправильный выбор дистанции» (20 %), «нарушение правил проезда пешеходных переходов» (15 %), «несоответствие скорости конкретным условиям движения» (9 %), «другие нарушения ПДД водителями» (7 %), «выезд на полосу встречного движения» (5 %), «несоблюдение условий, разрешающих движение задним ходом», «нарушение правил перестроения», «нарушение требований сигналов светофора» (по 4,6 %), «превышение установленной скорости движения» (3,3 %), «нарушение правил расположения транспортных средств (ТС) на проезжей части» (2 %), «нарушение требований дорожных знаков» (1,3 %), и «несоблюдение бокового интервала» (0,6 %). В 13 % ДТП водители такси не только нарушили ПДД, приведшие к ДТП, но и при этом находились в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, в 5 % ДТП скрылись с места ДТП, в 5 % ДТП управляли ТС при наличии неисправностей, при которых запрещена их эксплуатация, и в 2 % ДТП водители такси были лишены, либо не имели права на управление ТС [2].

Проведенный анализ статистики ДТП с участием легкового такси показал, что оказание данной перевозочной услуги на территории Московской области нельзя назвать безопасной.

Половозрастной и социально-экономический анализ сведений о водителях такси-виновниках ДТП на территории Московской области [2] позволил сделать следующие выводы.

1. Почти 60 % водителей такси-виновников ДТП составляют индивидуальные предприниматели, т.е. фактически частные лица на частных автомобилях. Соответственно, пред рейсовый технический и медицинский осмотр автомобиля и водителя не проводится.

2. Вопреки расхожему общественному мнению, основными нарушителями ПДД среди водителей такси являются вовсе не граждане стран СНГ, а граждане Российской Федерации (80 %).

3. Среди водителей такси-виновников ДТП, являющихся гражданами России, только 40 % составляют жители г. Москва и Московской области, остальные – жители других субъектов Российской Федерации. Налицо миграционный характер проблемы, заключающийся в том, что на территории Московской области дорожное движение характеризуется высокой интенсивностью, много объектов массового притяжения людей и транспорта, активно используются технические средства регулирования движения, искусственные неровности и т.п., и для водителей из других субъектов РФ, особенно из сельской местности, очень сложно адаптироваться к такой агрессивной для них среде.

4. Примерно 60 % водителей такси-виновников ДТП имеют серьезный водительский стаж (свыше 10 лет), еще 30 % водителей имеют стаж от 3 до 10 лет. Исходя из этого можно утверждать, что слабый водительский опыт также не является причиной нарушений водителями такси ПДД, приводящих к ДТП.

5. Примерно 75 % водителей такси-виновников ДТП находятся в возрастной группе 30-50 лет, поэтому «возрастные» особенности управления автомобилем также не являются причиной нарушений водителями такси ПДД, приводящих к ДТП.

Все это позволило сформулировать основные причины возникновения ДТП по вине водителей такси:

- практическое отсутствие пред рейсового контроля за техническим состоянием автомобиля и медицинского осмотра водителя, несоблюдение режима труда и отдыха;
- пренебрежение водителями такси требований ПДД.

Предлагаются следующие направления решения проблемы.

1. Введение солидарной ответственности за нарушение водителем такси ПДД, приведшее к ДТП, не только водителя, но и организации перевозчика, и агрегатора перевозок.

2. Обеспечение организациями-перевозчиками и агрегаторами таксомоторных перевозок (службами заказа такси) ежедневного технического осмотра автомобилей такси и медицинского осмотра водителей автомобилей такси [3].

3. Поскольку аварийность на пассажирском транспорте имеет высокую социально опасную значимость, уровень ответственности для водителей общественного транспорта, такси в частности, за нарушение ПДД, должен быть значительно выше, вплоть до лишения лицензии.

4. Ведение реестра автомобилей такси, водителей такси, организаций перевозчиков и агрегаторов - служб заказа такси.

5. Потенциальный водитель такси должен пройти аттестацию на знание улично-дорожной сети (УДС) субъекта РФ, в котором он будет осуществлять перевозку пассажиров.

6. Обеспечение ежедневной проверки агрегатором перевозок актуальности документов у организации-перевозчика и водителей - индивидуальных предпринимателей [3].

Предложенные направления профилактики аварийности по вине водителей такси позволят значительно ужесточить ответственность всей системы таксомоторной перевозочной деятельности в РФ за обеспечение безопасности данной деятельности.

Но этих мер явно недостаточно без полноценного надзора и контроля за движением, которые включают в себя выставление нарядов дорожно-патрульной службы (ДПС) и установку средств автоматической фиксации нарушений ПДД. В настоящее время присутствие инспекторов ДПС на УДС крайне низкое, что не может способствовать

соблюдению водителями требований ПДД. В отличие от камер фото- видео фиксации, инспектор ДПС своим присутствием на УДС предупреждает возможное правонарушение, а камера лишь его фиксирует. Также надзор и контроль за движением, содержанием, реконструкцией и обустройством УДС, не может осуществляться без весомого размера административной ответственности за нарушения, и обеспечение неотвратимости наказания.

Для профилактики аварийности на улично-дорожной сети Московской области были определены, внедрены, и доказали свою эффективность, мероприятия, формирующие безопасную среду движения, а именно: разделительные полосы, препятствующие выезду на полосу встречного движения, канализирование движения пешеходов с помощью ограждений, создание тротуаров, светофорное регулирование на перекрестках и наземных пешеходных переходах, разделение транспортных и пешеходных потоков, искусственное освещение проезжей части, создание выделенных полос для движения пассажирского автотранспорта, обустройство остановок общественного транспорта заездными карманами [4, 5].

Заключение. Предлагаемый набор профилактических мероприятий способен минимизировать число ДТП как с участием, так и по вине водителей такси. Необходимо понимать, что контроль за фактической эксплуатацией пассажирского автотранспорта (такси в частности), и поведением водителя является общественной задачей. В обеспечение контроля за деятельностью системы таксомоторных перевозок должны быть активно включены не только Государственная инспекция по безопасности дорожного движения (ГИБДД), но и администрации субъектов РФ, муниципальных образований, общественные организации и т.п.

Список литературы

1. *Гарина О.В.* К вопросу о правовом регулировании деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси – М.: журнал «Образование. Наука. Научные кадры», с. 20-22. Выпуск № 2, 2019;
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2013-19 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2013-19;
3. *Ушаков В.И.* Безопасность движения. Аттестация ответственных. М.: «ЛитРес», 2018. - 78 с.;
4. *Шмойлова Р.А.* Теория статистики, М.: «Финансы и статистика», 1996, - 464 с.;
5. *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

С.А. Даденков канд. техн. наук, Е.Л. Кон канд. техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет,
кафедра автоматики и телемеханики,
Пермь, dadenkovs@yandex.ru

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЯХ СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ

В работе предложены способы обеспечения заданных вероятностных и временных характеристик передачи и обработки данных в информационно-управляющих сетях, частности сети LonWorks. Предложен алгоритм выбора способа и рекомендации по его реализации, в зависимости от проектируемых характеристик, параметров и режима функционирования сети.

Ключевые слова: LonWorks, Fieldbus, вероятностные и временные характеристики, передача и обработка данных, проектирование, сенсорные сети.

Важным этапом построения информационно-управляющих сетей (ИУС) является обеспечение вероятностных и временных характеристик передачи и обработки информации, которые бы обеспечивали качество управления автоматизированной системы. Это актуализирует задачу проработки алгоритма проектирования ИУС с заданными характеристиками. Для решения задачи разработаны аналитические и имитационные модели и способы оценки вероятностных и временных показателей передачи и обработки информации, применительно к распространённой сети LonWorks [1-5]. Цель настоящей работы состоит в систематизации способов повышения быстродействия функционирования сети и разработке алгоритма их выбора и применения для обеспечения требуемых характеристик передачи и обработки данных в ИУС.

Исследование характеристик сетей с использованием предложенной авторами методики анализа значимости факторов функционирования [6] позволило систематизировать спектр технических решений, направленных на повышение характеристик быстродействия функционирования сети. Технические решения подразделены на архитектурные (А) и протокольные (П). Архитектурными являются решения изменения параметров, связанных со структурой проектируемого сегмента сети: числом и составом входящих в него физических, программных элементов (узлов, канального оборудования). Протокольным является решение изменения параметров обслуживания информации определённого уровня коммуникационного стека протоколов узлов сети. Технические решения представлены в таблице 1. Для краткости обозначения принята трёхсимвольная номенклатура, где первый символ определяет тип решения (А или П), второй – порядковый номер, третий – подсистему узла системы (транспортная (Т) или прикладная (П)), для которой реализуется решение. Подробное описание предлагаемых технических решений, направленных на снижение загрузки канала передачи, вероятности коллизии и потери информации, уменьшение очереди и количества повторных передач, времени доставки и обработки информации, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание технических решений

Решение	Реализация
1	2
Фрагментация системы (А1Т)	<p>Снижение информационной нагрузки в проектируемом фрагменте системы путём его разделения «маршрутизатором» на два отдельных участка. Критерий разделения – равенство интенсивности нагрузки участков системы (с учётом сервисов доставки и видов адресации), с минимизацией межинформационного обмена. Фрагмент, ближний к спроектированному, становится рабочим.</p> <ul style="list-style-type: none"> • С увеличением числа сегментов в системе увеличивается задержка доставки через «промежуточные» участки системы. Решение не применимо в случае неудовлетворительного соответствия базовых оценок ВВХ требованиям ТЗ (см. А2Т). • Стоимость решения связана со стоимостью сетевого узла «маршрутизатор».
Повышение скорости передачи (А2Т)	<p>Выбор канала связи с большей пропускной способностью. Решение целесообразно, когда параметры используемого канала связи не могут обеспечить требуемое время доставки информации.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Стоимость решения определяется заменой канального оборудования.
Сокращение числа узлов (А3Т)	<p>Сокращение числа узлов сегмента с перераспределением программного функционала удаляемых узлов среди оставшихся в фрагменте. Выбор сокращаемых и дополняемых узлов (>10 %) производится по критерию наименьших требований к временным характеристикам. Программные модули добавляются к узлам в конец их списка задач согласно приоритету.</p> <ul style="list-style-type: none"> • С увеличением числа модулей приложения следует учитывать корреляцию характеристик Т и П подсистем узла, при которой сокращение времени обработки транспортной составляющей может быть нивелировано увеличивающейся задержкой приложения узла. • Решение характеризует уменьшение стоимости системы на сокращаемое число узлов.
Сокращение числа модулей (А4П)	<p>Уменьшение числа прикладных модулей (>10 %) производится для узлов, не удовлетворяющих требованиям времени задержки. Модули, удовлетворяющие требованиям, перераспределяются по другим узлам аналогично решению А3Т.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возможным результатом решения в случае невозможности перераспределения является увеличение числа узлов системы, что влияет на повышение стоимости проекта системы.
Изменение интенсивности генерации сообщений (П1П)	<p>Сокращение интенсивности генерации информационной нагрузки узлами системы на шину данных (>10 % с учётом сервисов доставки и видов адресации). Сокращение может производиться только для коммуникационных взаимодействий, не подлежащих требованиям по интервалам доставки и вероятности потери информации.</p>
	<p>Повышение интенсивности генерации информационной нагрузки (за счёт настройки конфигурационных свойств узла) производится для обеспечения требований по интервалам доставки и вероятности потери информации.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возможна перегрузка прикладной подсистемы с необходимостью реализации А4П.
Изменение параметров доставки сообщений (П2Т)	<p>Применение сервиса доставки надёжной передачи и настройка его параметров (счётчик числа попыток и таймер передачи) используется для повышения вероятности успешной доставки информации.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбор надёжного сервиса передачи увеличивает нагрузку на канал передачи, а также основные вероятностные и временные показатели системы.

Продолжение таблицы 1.

1	2
Назначение приоритетов доступа (ПЗТ)	Решение заключается в разграничении доступа узлов к каналу системы путём установки дополнительных слотов приоритета узлам. Для снижения времени доставки по коммуникациям узлам назначается меньшее число слотов доступа. Для уменьшения вероятности коллизии целесообразно применение в шине данных всевозможных приоритетов для узлов таким образом, чтобы для них использовались равные интенсивности передачи.
Изменение приоритетов прикладных модулей (П4П)	Решение заключается в изменении последовательности и приоритетов модулей приложения узла. Повышение приоритета и уменьшение номера модуля приложения производится с целью сокращения времени обработки технологической информации по коммуникациям, не удовлетворяющим требованиям.
Изменение базовой ширины окна соперничества (П5Т)	Увеличение (25 %) базовой ширины окна соперничества производится с целью сокращения вероятности коллизии и, как следствие, вероятности потери и интервалов, задержки доставки информации. • Избыточное увеличение ширины при малых нагрузках канала может привести к повышению времени доставки информации. Уменьшение базовой ширины производится при низкой нагрузке для сокращения времени доставки информации в системе.

Предложенные способы различны не только по степени влияния на характеристики функционирования, но и эффективны при различных параметрах и режимах функционирования сети. Поэтому для их применения предлагается алгоритм выбора технического решения (рис. 1).

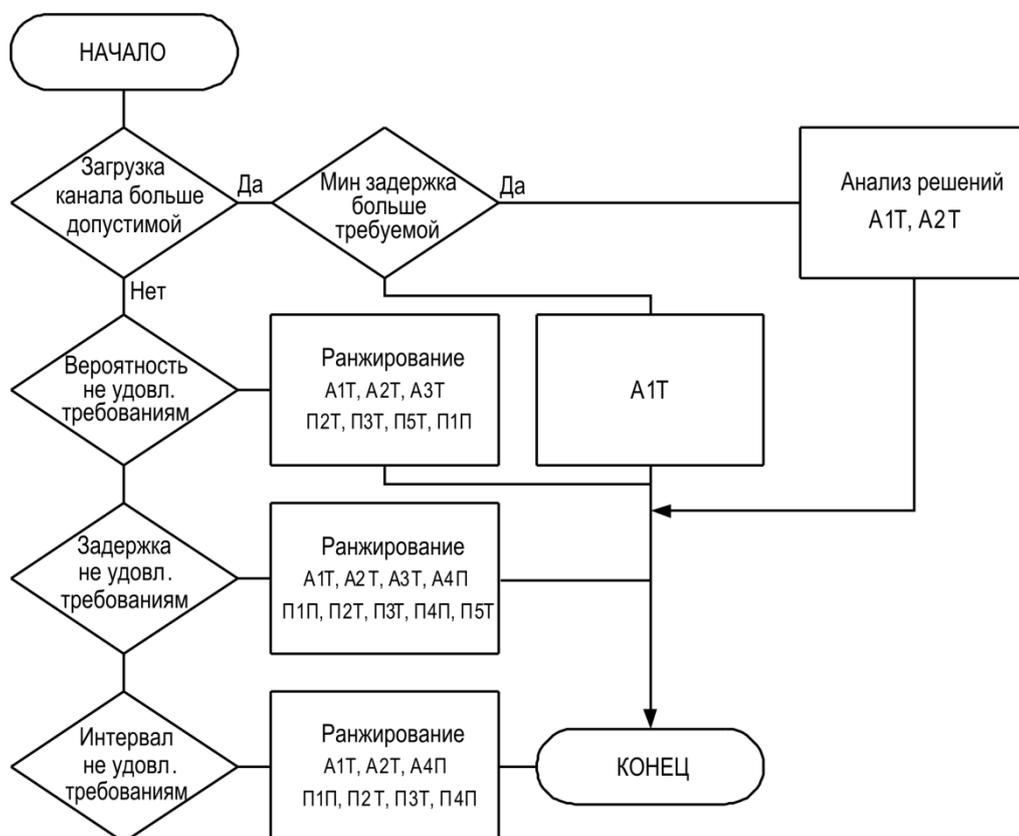


Рис. 1 – Схема алгоритма выбора технического решения

Ядром алгоритма является следующий ряд последовательно реализуемых этапов, результаты которых позволяют выбрать наиболее эффективное решение для достижения заданных характеристик: 1) анализ допустимости уровня загруженности проектируемого фрагмента промышленной шины; 2) ранжирование спектра решений под тип проектируемой характеристики фрагмента (последовательность обеспечения характеристик см. ниже); 3) ранжирование решений по критерию значимости (значимой подсистеме).

Первый этап алгоритма устанавливает соответствие загруженности проектируемой шины данным допустимому (рабочему) уровню загрузки сети (≤ 0.5). Установление рабочего режима функционирования фрагмента промышленной шины должно осуществляться с применением эффективных технических решений А1Т и А2Т (табл. 1). Выбор конкретного решения осуществляется исходя из особенностей их применения и расчётных характеристик.

Выбор возможных решений (второй этап алгоритма) выполняется в последовательности обеспечения требуемых характеристик системы (рис. 1): вероятностные характеристики доставки, временные параметры задержки, интервал доставки данных. Спектр возможных решений отобран в соответствии с значимостью влияния параметров на обеспечиваемые характеристики передачи и обработки информации.

Последний этап алгоритма связан с ранжированием решений по критерию экономичности, а также значимости влияния на проектируемую характеристику. Определение значимости производится с использованием результатов методики оценки значимости [6]. По результатам оценки выделяется группа значимых факторов, из которых экспертом выбирается решение, определяются его количественные параметры согласно рекомендациям (табл. 1). Спектр отобранных эффективных технических решений подвергается в конце этапа № 3 алгоритма ранжированию по критерию стоимости реализации проекта с учётом потенциальных архитектурных изменений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-37-00070 "Алгоритмы проектирования информационно-управляющих сетей LonWorks с требуемыми вероятностными и временными характеристиками".

Список литературы

1. Dadenkov S.A. Analytical model of random multiple access protocol // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2019. – № 1(48). – P.192-202. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-1-18
2. Даденков С.А., Даденков Д.А. Модель циклического алгоритма планирования задач в распределенной системе реального времени // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2017. – № 4(43). – P.116-123. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-4-13.
3. Даденков С.А., Даденкова А.П. Проектирование имитационной модели протокола доступа р-persistent-CSMA // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – №12.
4. Даденков С.А., Даденкова А.П. Имитационная модель сенсорной сети Lonworks // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – №12.
5. Даденков С.А., Кокоулин А.Н., Кон Е.Л. Разработка имитационной модели циклического алгоритма планирования задач реального времени // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2018. – № 5. – С. 39–44.
6. Даденков С.А. Методика анализа значимости параметров Lonworks сети // Modern Technology and Innovative Technologies. – 2019. – № 10.1. – P. 29–35. DOI: 10.30890/2567-5273.2019-10-01-014

05.13.01

С.А. Даденков канд. техн. наук, Е.Л. Кон канд. техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет,
кафедра автоматики и телемеханики,
Пермь, dadenkovs@yandex.ru

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЕЙ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

В работе предложен алгоритм проектирования информационно-управляющих сетей с заданными вероятностными и временными характеристиками сбора, передачи и обработки данных. Новизной алгоритма является комбинирование аналитической и имитационной моделей функционирования сети для снижения вычислительной сложности и повышения точности оценки характеристик, а также способы и рекомендации достижения требуемых показателей функционирования.

Ключевые слова: *LonWorks, Fieldbus, вероятностные и временные характеристики, передача и обработка данных, проектирование, сенсорные сети.*

Построение информационно-управляющих сетей (ИУС), составляющих основу современных распределенных автоматизированных систем управления, имеет значимую роль во многих областях народного хозяйства. Это вызвано важностью настройки информационного взаимодействия сенсоров сети, обеспечивающего качество управления технологическими процессами, влияющими на количество и качество выпускаемой продукции. Поэтому целью настоящей работы является разработка алгоритма проектирования информационно-управляющей сети с случайным доступом сенсоров к разделяемой среде передачи с заданными вероятностными и временными характеристиками обработки. Обзор литературы по данной проблематике выявил отсутствие систематизированных и обоснованных технических решений, последовательности их применения, обеспечивающих заданные требования характеристик сбора, обработки и передачи информации ИУС.

Алгоритм проектирования ИУС должен решать задачи обеспечения заданных вероятностно-временных характеристик и экономичности технических решений. Требования к ИУС определяются на этапе планирования путём выбора показателей удовлетворяющих требуемому качеству управления на моделях автоматизированных систем. Состав исходных данных для проектирования включает:

1. Состав аппаратного обеспечения ИУС: сенсоров и контроллеров, обеспечивающих функциональность автоматизированной системы.

2. Граф исходной коммуникационной архитектуры системы (ИКАС), включающий узлы (сенсоры) и связи между ними (информационные потоки). Узлы объединяются в каналы и сегменты.

3. Матрица связности (взаимодействия) задаёт параметры обмена данными узлами сети. Строками и столбцами матрицы являются номера узлов. В ячейке матрицы указывается информация о параметрах исходящей от узла строки информации к узлу указанному в столбце в формате: номер модуля приложения узла отправителя «—» номер модуля приложения узла получателя информации «/» сервис доставки (вид адресации) информации «←» интенсивность передачи (информационных сообщений/секунду), которая определяется приложением узла без учёта сервиса доставки. Общее количество приоритетных и неприоритетных модулей приложения узлов системы указывается в служебном столбце матрицы. Эта информация совместно с данными о номере приложения узла отправителя позволит определить приоритет передаваемого в рамках взаимодействия сообщения.

4. Требование на стоимость проектируемой системы подразумевает ограничение суммарных затрат проекта на коммуникационное аппаратное обеспечение распределённой системы.

5. Матрица требований на допустимые значения вероятностных и временных характеристик (ВВХ) для индивидуальных коммуникаций узлов системы. Структура матрицы аналогична матрице связности.

Конструктивное проектирование ИУС включает следующие этапы:

- 1) оценка характеристик проектируемой системы;
- 2) контроль соответствия характеристик техническому заданию;
- 3) проектирование инфраструктуры.

Циклическая реализация последовательности этапов представляет собой алгоритм проектирования ИУС (рис. 1). Согласно алгоритму по результатам количественной оценки характеристик проводится контроль их соответствия заданным по ТЗ требованиям, после чего определяется и реализуется техническое решение. Необходимость последовательного циклического проектирования вызвана взаимокорреляцией характеристик сети.

Первым этапом алгоритма проектирования является количественная оценка ВВХ сети. Проектирование выполняется последовательно для каждого фрагмента ИКАС (сегмента, канала). Переход к проектированию следующего фрагмента осуществляется только после настройки локальных характеристик сети удовлетворяющих требованиям ТЗ. Выделены три режима оценки характеристик: 1) планирование (базовая оценка) [1]; 2) проектирование (аналитическая оценка) [1, 2]; 3) проверка/доводка (имитационная оценка) [3]. Вначале проектирования применяется базовый подход к оценке характеристик. Переход к оценке с использованием более точного аналитического подхода возможен после установления соответствия характеристик фрагмента сети на втором этапе проектирования. Применение наиболее точной имитационной оценки необходимо только на заключительном этапе проектирования, когда проектирование выполнено с использованием аналитического подхода.

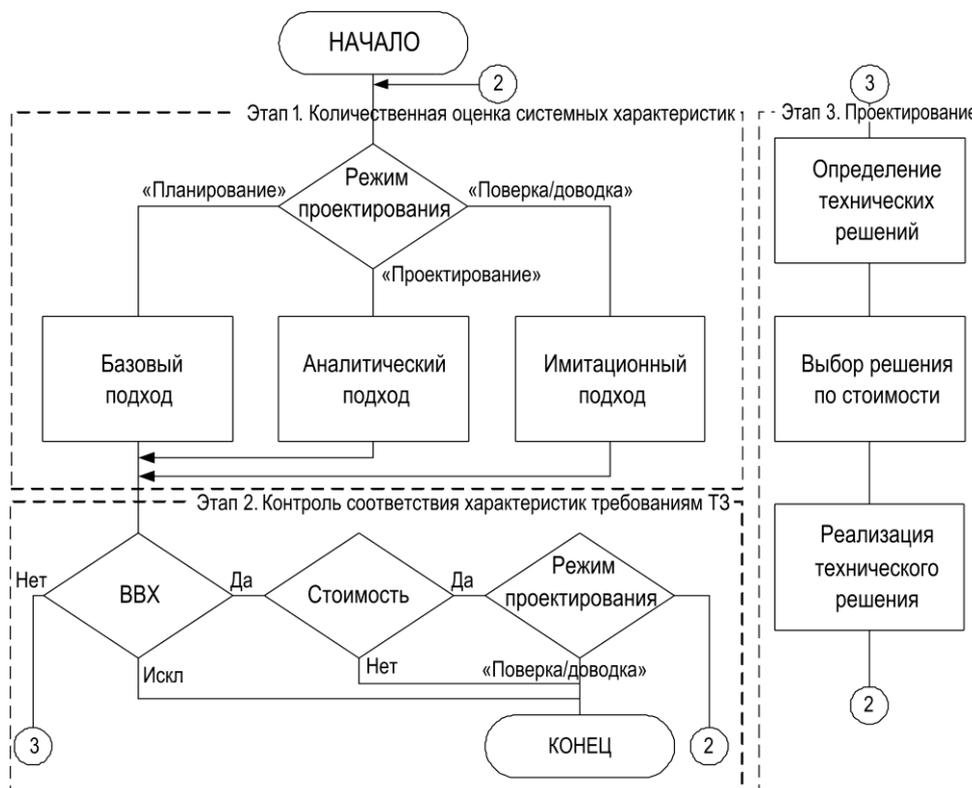


Рис. 1 – Алгоритм проектирования ИУС

Вторым этапом алгоритма является контроль соответствия характеристик ИУС техническому заданию по вероятностно-временным и стоимостным характеристикам. Возможны следующие результаты контроля сетевых характеристик:

1. Несоответствие характеристик требованиям – переход к этапу № 3 проектирования для устранения проблемы.

2. Соответствие ВВХ требованиям – переход к проверке соответствия проекта системы требованиям стоимости.

3. Исключение, устанавливается в случае достижения максимальной глубины фрагментации системы на сегменты, при которой дальнейшее обеспечение требований ВВХ становится невозможным, – завершение алгоритма. Для обеспечения результативности (конечности) алгоритма на данном этапе экспертами проверяется ограничение числа предпринятых шагов (итераций) проектирования.

Стоимость проектного решения (сумма аппаратно-программных элементов сети и принятых решений) должна быть меньше величины указанной в техническом задании.

Проверка режима проектирования необходима для определения пути продолжения проектирования:

1) режим «планирование» – смена режима на «проектирование» и переход к этапу № 1 для выполнения более точной оценки характеристик;

2) режим «проектирование» – смена режима на «базовый» и переход к оценке характеристик на этап № 1 и планированию следующего фрагмента ИКАС; смена режима на «поверка/доводка» при проектировании все сети с использованием аналитического подхода и переход к этапу № 1;

3) режим «поверка/доводка» – завершение алгоритма с успешным результатом.

Третий этап проектирования направлен на выбор и реализацию технического решения для устранения несоответствия проектируемой характеристики фрагмента сети выявленного на этапе №2. Порядок действий включает: 1) определение технических решений для обеспечения заданной по ТЗ характеристики; 2) ранжирование по эффективности и выбор экономически целесообразного решения; 3) реализация решения. Виды технических решений, а также алгоритм их применения для обеспечения конкретной сетевой характеристики за меньшее число шагов подробно представлены авторами в работе [4]. Отметим, что существует сложная взаимная корреляция между факторами функционирования, при которой изменение нескольких параметров может не привести к прогнозируемому результату. В связи с этим за один шаг этапа выполняется отбор и реализация одного технического решения (изменения параметра). В случае (после оценок характеристик на этапе №2), когда решение приводит к результатам противоположным ожидаемым, техническое решение отклоняется и исключается из возможных для проектирования текущего элемента проектирования (узла, канала, сегмента).

Реализация технического решения осложнена выбором эффективной количественной или качественной мерой воздействия на параметр функционирования в решении в условиях их взаимокорреляции. Рекомендации к изменению параметров по техническим решениям предложены авторами в работе [4].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-37-00070 "Алгоритмы проектирования информационно-управляющих сетей LonWorks с требуемыми вероятностными и временными характеристиками".

Список литературы

1. *Dadenkov S.A.* Analytical model of random multiple access protocol // *Radio Electronics, Computer Science, Control.* – 2019. – № 1(48). – P.192-202. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-1-18
2. *Даденков С.А., Даденков Д.А.* Модель циклического алгоритма планирования задач в распределенной системе реального времени // *Radio Electronics, Computer Science, Control.* – 2017. – № 4(43). – P.116-123. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-4-13.
3. *Даденков С.А., Даденкова А.П.* Имитационная модель сенсорной сети Lonworks // *Научно-технический вестник Поволжья.* – 2019. – №12. – С.160-162.
4. *Даденков С.А.* Способы обеспечения характеристик передачи и обработки данных в информационно-управляющих сетях со случайным доступом // *Научно-технический вестник Поволжья.* – 2020. – №2.

05.13.01

Ж.Г. Могилюк канд. техн. наук

Московский государственный строительный университет,
Центр фундаментальных и прикладных исследований надежности строительных объектов,
Москва, mcxmgusu@mail.ru

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье рассмотрены потенциальные возможности по надежности различных физических принципов обследования технического состояния строительных конструкций. Показано, что принципиальные преимущества динамического метода натурного исследования физического износа материалов строительных конструкций по надежности соответствуют нормативным требованиям по допустимым рискам прогрессирующего обрушения зданий и сооружений порядка $10^{-5} \div 10^{-6}$ в год.

Ключевые слова: здания и сооружения, техническое состояние, мониторинг параметров безопасности, надежность результатов мониторинга.

1. Введение

В научных исследованиях, в практике анализа, прогнозирования и планирования экологических, технических, и других систем жизнедеятельности использование экспертных оценок совершенно недопустимо. Эти требования подтверждаются трагическими событиями в 2019 в Магнитогорске в связи катастрофическим обрушением целого подъезда жилого дома из-за взрыва бытового газа только в одной из квартир этого подъезда.

В связи с этим в реальной проектной, экспертной, обследовательской и надзорной деятельности важна надежность измерений и компетентность обследователей.

В настоящее время при оценке физического износа строительных конструкций и их технического состояния используются самые различные методы и, в первую очередь, измерение физико-механических параметров строительных материалов.

Однако применение широко распространенных типовых (статических) методов и методик измерений физического износа в ограниченном числе точек конструкции существенно расширяет интервал неопределенности в результатах измерений и снижает надежность их интерпретации независимо от точности измерений. Причем надежность и вероятность ошибки их интерпретации не превышает 10^{-1} [1] при проектных требованиях к рискам прогрессирующего обрушения здания (сооружения) $10^{-5} \div 10^{-6}$ в год. Такие расхождения (до пяти порядков) в оценках безопасности эксплуатации и надежности и оценках технического состояния строительных объектов при их натуральных обследованиях являются принципиально не допустимыми [2].

В связи с этим при оценке технического состояния строительных объектов согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» необходима верификация их динамических параметров. Эти требования обусловлены потенциально высокой надежностью результатов динамического обследования, вероятность ошибки интерпретации которых может достигать требуемых величин порядка $10^{-5} \div 10^{-6}$. Наряду с этим по инициативе и при непосредственном участии проф. Хлыстунова М.С. (МГСУ) были разработаны физические основы динамического метода обследований [3,4] и требования к прецизионной аппаратуре для динамических исследований строительных объектов, включая вибродиагностическую станцию СВД-60, геофизическую грависейсмометрическую станцию СГМ-03В, а также виброметрическую аппаратуру типа

«Струна» и «Стрела», широко используемые при массовых обследованиях специализированными организациями МЧС РФ. Достаточно удачным оказался опыт МГСУ по применению в динамических обследованиях сейсморегистрирующей аппаратуры «Дельта-03М».

Целью настоящей статьи является анализ физических принципов обследования технического состояния строительных объектов динамическим методом.

2. Физические принципы динамического обследования технического состояния строительных объектов

Физический метод динамического обследования технического состояния строительных объектов является одним из самых надежных методов контроля физического износа строительной конструкции. Суть метода заключается в периодическом натурном исследовании амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) здания (см. например, на рис.1 реальную АЧХ многофункционального торгово-развлекательного центра) с последующей оценкой изменений резонансных частот и декрементов затухания на этой АЧХ.

Эти изменения непосредственно связаны с изменением скорости звука на элементах конструкции, которая, в свою очередь, может быть последствием изменения модулей упругости материала. При этом уменьшение модуля упругости, как правило, вызвано снижением прочности (физическим износом) материала. Снижение прочности (физический износ) материала, как правило, является последствием роста плотности дефектов в теле материала, что в свою очередь, приводит также к росту коэффициента затухания звука, как показано на рис.2 в изменении формы АЧХ в области основного резонанса разупрочняющегося элемента конструкции.

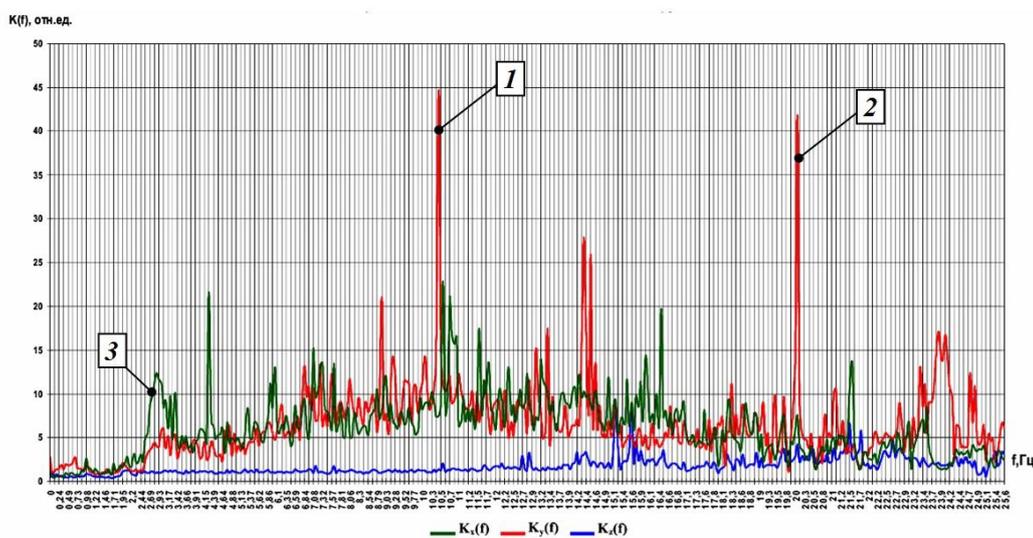


Рис. 1 - Пример АЧХ или частотной реакции (динамической жесткости) несущих конструкций здания реального торгового центра в виде функции от частоты, где 1- основной резонанс j -той фермы покрытия на частоте 10,5 Гц, 2- его вторая гармоника на частоте ~20 Гц, 3- один из основных резонансов системы «объект-основание», не имеющий гармоник

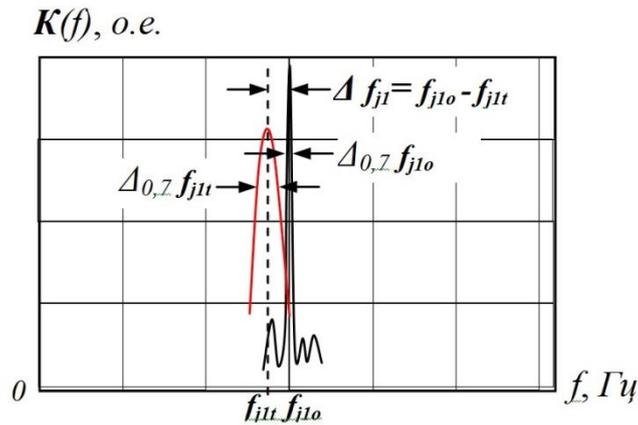


Рис. 2 - Пример изменения (красная кривая) формы АЧХ в области частоты f_{j1} основного резонанса j -той фермы покрытия в результате физического износа, где $f_{j1o}, f_{j1t}, \Delta f_{j1}, \Delta_{0,7} f_{j1o}, \Delta_{0,7} f_{j1t}$ - соответственно, частота основного резонанса j -той фермы покрытия в конце предыдущего периода или в начале эксплуатации j -той фермы, частота основного резонанса этой фермы по истечению периода эксплуатации за время t , уменьшение частоты основного резонанса фермы за период эксплуатации t в результате физического износа, ширина резонансного пика j -той фермы по уровню 0,707 на частоте f_{j1o} в начале текущего периода эксплуатации, ширина резонансного пика j -той фермы по уровню 0,707 на частоте f_{j1t} по истечению текущего периода эксплуатации, то есть за время t

3. Анализ параметров проявлений физического износа

Приведенные на рис.2 параметры резонансных пиков отличаются высокой динамичностью, то есть на резонансной частоте происходит усиление колебаний более чем в 40 раз (коэффициент динамичности тоже будет иметь величину не менее 40).

В соответствии с установившейся терминологией коэффициент динамичности конструкции на выбранной резонансной частоте численно равен отношению амплитуды реакции конструкции на этой частоте к амплитуде вызвавшей её (реакцию) динамической нагрузки:

$$k_{дин} \approx \frac{A_{рск}(f_{рез})}{A_{нагр}} \tag{1}$$

где $k_{дин}, A_{рск}(f_{рез}), A_{нагр}$ - соответственно, коэффициент динамичности строительной конструкции на j -том резонансе, амплитуда реакции строительной конструкции на динамическую нагрузку с амплитудой $A_{нагр}$.

Для резонансов на рис.2 с высокой динамичностью применимы упрощенные формулы расчета коэффициента затухания и добротности резонанса по ширине раскрытия резонансного пика.

Например, добротность Q_{j1o} резонанса j -той фермы в начале периода эксплуатации может быть вычислена по формуле

$$Q_{j1o} \approx \frac{f_{j1o}}{\Delta_{0,7} f_{j1o}} \tag{2}$$

а коэффициент затухания β_{j1o} по формуле

$$\beta_{j1o} = \frac{1}{Q_{j1o}} \approx \frac{\Delta_{0,7} f_{j1o}}{f_{j1o}} \tag{3}$$

Вычисленные аналогичным образом добротность Q_{j1t} и коэффициент затухания β_{j1t} в конце периода эксплуатации t будут равны

$$Q_{j1t} \approx \frac{f_{j1t}}{\Delta_{0,7} f_{j1t}} \tag{4}$$

$$\beta_{j_{1t}} = \frac{1}{Q_{j_{1t}}} \approx \frac{\Delta_{0,7} f_{j_{1t}}}{f_{j_{1t}}} . \quad (5)$$

Однако для низкодобротных резонансов, например геодинамический резонанс 3 на рис.1, то есть резонанс с низким коэффициентом динамичности, приведенные выше формулы не применимы.

4. Заключение

Основным достоинством динамического метода является принципиальная возможность достижения наивысшей надежности результатов инструментального контроля физического износа материалов строительной конструкции. Это утверждение основано на достижениях современной метрологии и приборостроения в области измерения частоты, которые позволяют достичь точности и надежности измерений $10^{-5} \div 10^{-6}$. Такая точность вполне соответствует нормативным требованиям по предельным рискам прогрессирующего обрушения зданий (сооружений).

Наряду с этим данные динамических обследований удобны для оценки степени износа строительной конструкции и легко поддаются компьютерной автоматизации [5-7].

Это подтверждается изменением АЧХ в результате физического износа. Как показано на рис.2 наряду с расширением резонансной кривой, что соответствует росту плотности дефектов и, как следствие, росту коэффициента затухания, наблюдается понижение резонансной частоты в результате разупрочнения материала.

Динамический метод используется в современной аппаратуре динамического мониторинга типа «Стрела» или «Струна».

Список литературы

1. *Могилюк Ж.Г., Хлыстунов М.С.* Вероятностная модель оценки достоверности результатов исследования объектов техносферы // *Научно-технический вестник Поволжья №1, 2018, с.86*
2. *Подувальцев В.В., Хлыстунов М.С., Могилюк Ж.Г.* Исследование адекватности цифровых технологий мониторинга безопасности объектов техносферы // *Безопасность в техносфере. т. 3, № 2, 2014, с. 14-17.*
3. *Khlystunov M.S., Poduval'tzev V.V., Mogiljuk Zh.G.* Spectral Problems in the Monitoring of Distributed Safety Parameters of Objects in the Technosphere // *Measurement Techniques, Vol. 59, No. 5, August, 2016, pp.505-511.*
4. *Хлыстунов М.С.* Метрологические проблемы реализации нормативных требований к динамическим обследованиям зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. с. 52-55.*
5. *Hlystunov M.S., Prokop`ev V.I., Mogiljuk Zh.G.* The computer modeling problems of the impact stability and security in structural mechanics // *Procedia Engineering, 2015, №111 (2015) pp.672– 678*
6. *Prokop`ev V.I., Hlystunov M.S., Mogiljuk Zh.G.* The numerical models spectral phantoms in solid mechanics // *Procedia Engineering, 2015, №111 (2015) pp.297 – 301*
7. *Prokopiev V.I., Hlystunov M.S., Mogilyuk Z.G.* Dynamic error of the FEM and the point sources method // *Procedia Engineering. Volume 111, 2015, Pages 666-671*

05.13.01

Е.С. Юдт, А.П. Буйносов д-р техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, evgenij_jdt@mail.ru, byinosov@mail.ru

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ РЕДУКТОРОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Приводится анализ причин отказов узлов и деталей грузовых электровозов, допущенных на инфраструктуре ОАО «РЖД». Определены основные узлы и элементы механической части грузовых электровозов, подверженные отказам, причины их возникновения. Определены основные направления по повышению надежности тяговой зубчатой передачи.

Ключевые слова: электровоз, тяга, узел, деталь, отказ, редуктор, зубчатая передача, надежность, повышение, способ.

При эксплуатации электровоза большая часть денежных средств требуется для их обслуживания и ремонта. Особенно ощутимы затраты на капитальный ремонт, равноценный стоимости нового электровоза. Так же немаловажно отметить издержки, приходящиеся на ожидание ремонта. Для снижения расходов следует увеличить срок между ремонтами или пробег локомотива [1].

Проблема малого ресурса деталей и узлов локомотива в настоящее время имеет большое значение. Зарегистрированные отказы при проведении плановых и неплановых видов ремонта и опыт эксплуатации позволяют удостовериться в актуальности данной проблемы. Выход любого узла или детали из строя сопровождается неплановым видом ремонта электровоза, и, как следствие, его простоя на ремонтной позиции в депо.

Авторами был произведен анализ причин отказов узлов и деталей грузовых электровозов. Статистические данные для анализа взяты из отчета проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства. На рис. 1 представлены распределение отказов по основным узлам грузовых электровозов в период 2017–2018 гг.

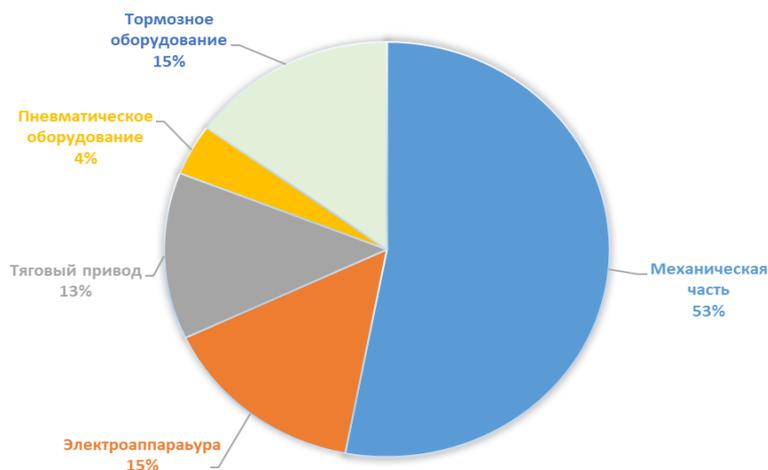


Рис. 1. Диаграмма распределения отказов основных узлов электровоза в период 2017–2018 гг.

Как видно из рис. 1 основная доля отказов 53 % приходится на механическую часть электровоза. Рассмотрим подробнее отказы механической части электровоза.



Рис. 2. Диаграмма распределения отказов элементов механической части электровоза

Из диаграммы, представленной на рис. 2 видно, что более 50 % всех отказов механической части приходится на отказ зубчатой передачи и кожуха зубчатой передачи. Как правило, работоспособность зубчатой передачи напрямую зависит от надежности кожуха зубчатой передачи электровоза. Неисправность кожуха сопровождается потерей смазки в нем, а вследствие увеличения трения в месте контакта [2].

Тяговый редуктор – один из главных, наиболее ответственных узлов тягового привода локомотива. Повышение надежности зубчатой передачи любой сложности является комплексной проблемой. Исследованиям работы тягового привода и повышения долговечности его деталей посвящены работы Агеева А.И., Бирюкова И.В., Бородина А.В., Вельгодской Т.В., Ковалева Е.А., Кононова В.Е., Рыбникова Е.К., Шацилло А.А. и других авторов.

В качестве причин выхода из строя зубчатых передач локомотивов все авторы называют значительные динамические нагрузки. Также в некоторых работах поднимается проблема неидеального рабочего контура шестерни и зубчатого колеса [3] и влияния перекоса деталей вращения редуктора относительно друг друга [2, 3].

Часть исследователей [3, 4] рассматривают возможности физического моделирования процессов трения зацепления зубчатой передачи с последующей разработкой. В частности, использование модели в виде роликовой пары с профилированными поверхностями для исследования процессов трения зубчатых передач и смещения смазочного слоя с поверхности зуба ввиду единой природы процессов трения в контактном пятне как роликов, так и зубьев шестерен. Для соответствия реальному процессу трения в зубчатой передаче, величина скорости вращения роликов меняется по заданному закону. Приведение осуществляется за счет масштабных коэффициентов.

Некоторые исследователи предлагают изменение распределения контактного пятна на поверхности зуба за счет изменения геометрии самого зуба. Любое улучшение напряженно-деформированного состояния в точке контакта зубьев приведет не только к увеличению срока службы деталей привода, но и снижению потерь мощности в зубчатой передаче и большей энергоэффективности механической части локомотивов.

Тяговые зубчатые передачи значительно отличаются от стационарных промышленных редукторов. Требования, предъявляемые к приводу локомотивов, обусловлены особенностями эксплуатации и действующей системой планово-предупредительных ремонтов.

В общем случае, тяговая передача подвижного состава должна удовлетворять следующим требованиям: обеспечение вписывания в заданные габариты, определяемые типом подвешивания тягового двигателя, числом пар зубчатых колес, приходящихся на один колесно-моторный блок, диаметром бандажа; передача необходимых крутящих моментов

для эффективного и безопасного ведения поезда; высокие показатели безотказности работы. Поскольку тяговая передача не резервируется, ее отказ приводит к отказу локомотива, что недопустимо при эксплуатации и может повлечь за собой значительные материальные потери; хорошая ремонтпригодность и возможность контроля в эксплуатации; экономическая эффективность при производстве и эксплуатации тяговых передач.

Основной причиной отказа тягового редуктора является исчерпание свойства к пластической деформации. В процессе работы тягового редуктора области трения малой шестерни и большого зубчатого колеса появляются физические и химические изменения поверхности вследствие механических, вибрационных, тепловых процессов [4]. При трении поверхность металла подвергается пластическим деформациям и происходит уменьшение содержания углерода и водорода в металле. Происходит «чешуйчатое» отделение металла с поверхности зубьев. Выкрашивание рабочих поверхностей зубьев происходит при превышении допустимых контактных напряжений сдвига, а усталостные разрушения зубьев – при действии значительных изгибных напряжений. На рис. 3 показано выкрашивание и «чешуйчатое» отделение металла с поверхности зубчатого колеса.

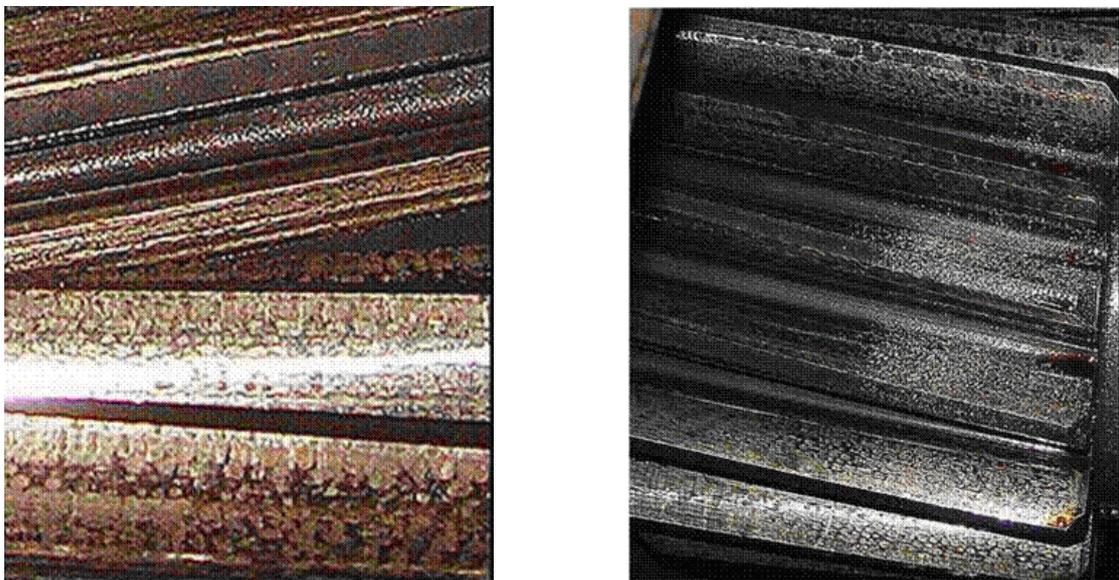


Рис. 3. Неисправность зубчатого колеса

Для устранения или уменьшения изнашивания обычно стараются повысить твердость поверхности используя общие способы: цементирование, поверхностная закалка, хромирование и др. Не столь известные, но активно применяемые на железнодорожном транспорте является метод напыления твердых материалов на поверхности наиболее подверженные износу. Современные методы основываются на лазерной, электронно-лучевой и ионная обработка трущихся поверхностей. Однако данные способы повышения прочности способны обеспечить работоспособность только при наличии смазки в тяговом редукторе.

Обработка рабочих поверхностей шестерни и зубчатого колеса ТС НИОД [5] позволяет защитить трущиеся поверхности от износа даже при отсутствии смазки в редукторе. ТС НИОД – твердое вещество, с кристаллической решеткой похожей на стальную что позволяет ему вызывать упрочняющие его дислокации, эффект «прирабочной пасты» [6]. Образование микрослоя высокой чистоты и меньшей теплопроводности на поверхностях зубьев шестерни и колеса приведет к снижению нагрева зубчатого зацепления в диапазоне скоростей, определенных условиями эксплуатации, и исключит вероятность заклинивания привода с последующим выходом из строя.

При обработке тяговой зубчатой передачи электровоза осуществляется: возможность создать равномерное и очень тонкое по толщине покрытие на поверхности деталей; производится восстановление поверхностных дефектов, возникающие при механической обработке; в зависимости от назначения имеется возможность изменять состав в широком

диапазоне; обеспечивается хорошая адгезия поверхности за счет очистки большой энергии конденсирующих частиц; обеспечивается высокая надежность трущихся поверхностей зубчатой передачи. Напряжения, действующие в зубчатом зацеплении зависят от прочностных качеств материалов деталей, а также от величины и цикличности действующих динамических нагрузок.

Список литературы

1. *Буйносов А.П., Цихалевский И.С., Лаптев С.И.* Организация эксплуатации, обслуживания и ремонта газотурбовозов ГТ1h // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2018. № 3 (39). С. 43-45.
2. *Вельгодская Т.В.* Повышение работоспособности тягового редуктора тепловоза : автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Омск, 2007. 19 с.
3. *Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К.* Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М.: Транспорт, 1986. 256 с.
4. *Буйносов А.П., Мишин Я.А.* Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 85-89.
5. *Буйносов А.П., Стаценко К.А., Тихонов В.А.* Влияние применения триботехнического состава НИОД на ресурс колесных пар электроподвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2011. №1 (25). С. 30-35.
6. *Буйносов А.П., Тихонов В.А.* Повышение износостойкости колесных пар электроподвижного состава за счет обработки гребней триботехническим составом // Транспорт Урала. 2011. № 3 (30). С. 85-89.

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

05.13.06

¹С.М. Климов, ¹Дь.А. Соколов, ²Ю.Ж. Дондоков канд. техн. наук¹Якутская государственная сельскохозяйственная академия,²Северо-восточный университет имени М.К. Аммосова**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРИКЕТОВ
ДЛЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ**

Современные птицефабрики являются производителями большого количества отходов. К основным отходам, представляющим большую опасность для экологии является птичий помет. В статье рассматриваются вопросы утилизации птичьего помета. Появляется возможность использования отходов для производства тепла и удобрений на собственные нужды, и продажи сторонним потребителям, реализации населению и организациям пеллетов собственного производства.

Ключевые слова: *пеллеты, куриный помёт, утилизация, птицеводческие хозяйства, экологичность, переработка куриного навоза, экологичная опасность, технология переработки, изготовление и пеллетов.*

Отличительной особенностью экологических правонарушений птицеводческих хозяйств, связанных с загрязнением окружающей природной среды, является, как правило, значительные объёмы помётных масс, которые ежедневно поступают из зон выращивания и содержания птицы. Последствия этих действий при производстве птицеводческой продукции в течение длительного времени трудноустранимы [1-3]. Бессистемное хранение помёта на многие годы выводит из хозяйственного оборота пахотные земли; слив жидкого помёта на рельеф почвы представляет серьёзную экологическую опасность для прилегающих водотоков; использование заглубленных накопителей для помёта приводит к образованию «помётных озёр» без признаков жизни флоры и фауны.

Утилизация помета происходит путем захоронения и переработки. Захоронение наносит большой вред окружающей среде, подземным водам и атмосфере, потому как птичий помет просто вывозится на поля. У каждого из этих методов есть свои достоинства и недостатки. Пиролиз и выработка биогаза как методы утилизации помета не нашли широкого применения в силу целого ряда причин [2-5]. Выработка пиролизного газа из подстилочного помета технологически не эффективна, т.к. исходный помет является более калорийным топливом, чем пиролизный газ. Биогазовая установка – высокотехнологичное производство, имеющее ряд существенных ограничений (температура, при которой происходит выделение биогаза, не должна выходить за установленные рамки: при мезофильном режиме: $35\pm 1,0$; при термофильном режиме: $55\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). После окончания процесса выделения биогаза жидких отходов, требующих утилизации, остается в 4-5 раз больше, чем исходного помета. Для их сушки не хватит всего выработанного биогаза. Поэтому выработка биогаза по существу не является методом утилизации биоотходов. Рассмотрев используемые методы переработки, наиболее оптимальным в условиях нашей республики представляется использование помета для изготовления топливных гранул (пеллетов) для сжигания в котлах длительного горения. На рис.1 приведены пеллеты.



Рис. 1-Пеллеты



Рис. 2- Процесс изготовления пеллетов

С помощью этой технологии с использованием специального оборудования из куриных экскрементов получают спрессованные гранулы минерального удобрения. На рис. 2-4 представлен процесс изготовления пеллетов.



Рис. 3-Процесс измельчения



Рис. 4- Процесс прессования

Брикеты и пеллеты из навоза являются хорошей альтернативной любым другим видам топлива. Несмотря на несколько меньшую, чем у угля или просушенных до звона дров, теплотворную способность, эти виды сушеного навоза хорошо подходят для любых твердотопливных отопительных приборов. На рис. 5 Измерение температуры горения пеллетов тепловизором.

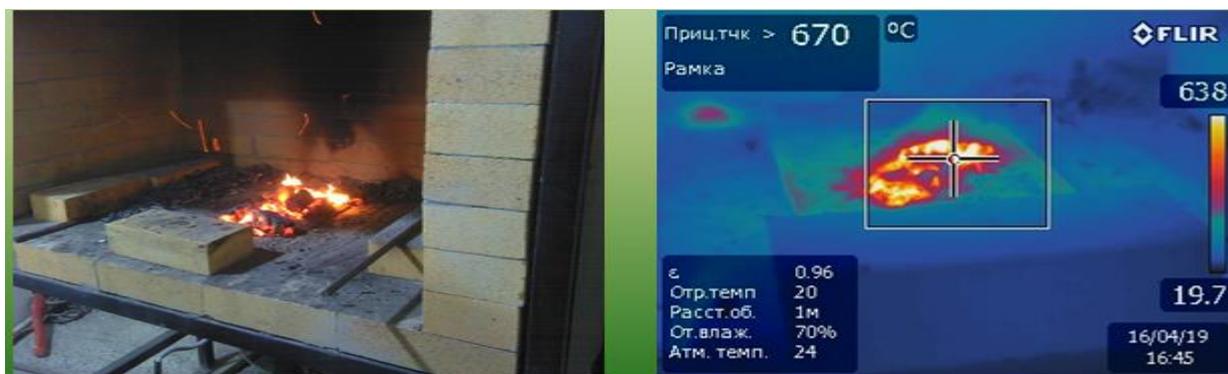


Рис. 5- Измерение температуры горения пеллетов тепловизором

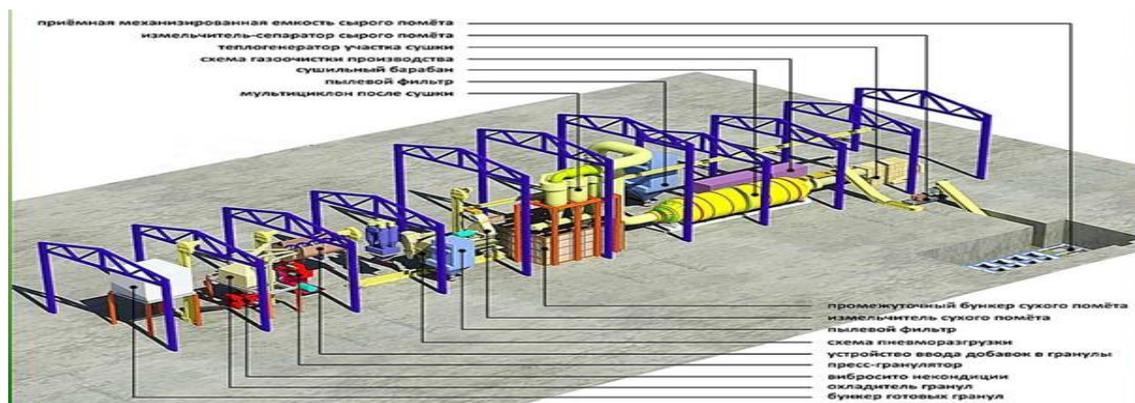


Рис. 6- Схема промышленного производства пеллет из куриного помёта

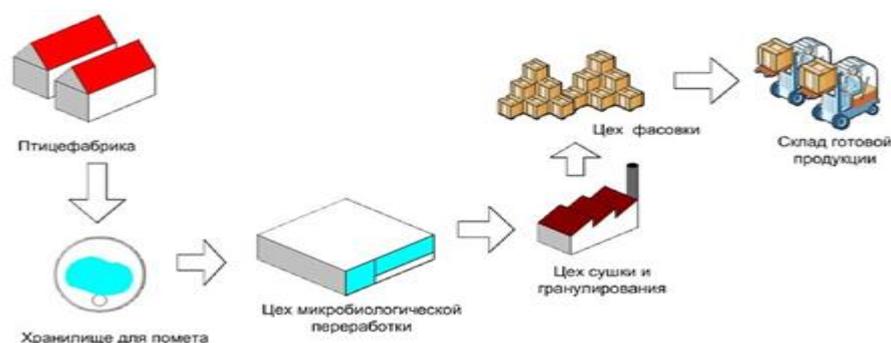


Рис. 7- Технологическая схема комплекса получение органического удобрения

При подобном способе утилизации появляется возможность использования отходов для производства тепла и удобрений на собственные нужды, и продажи сторонним потребителям, реализации населению и организациям пеллетов собственного производства. Несомненным плюсом гранулирования является высокая степень очистки исходного вещества от патогенной микрофлоры, а также дополнительная минерализация полезными элементами. При несложной схеме подготовки сырья включающей сушку, измельчение и смешивание с угольной пылью опытным путем получены образцы пеллетов диаметром 40 мм. с хорошей сгораемостью, высокой теплотой сгорания и низкой зольностью.

Список литературы

1. Агропромышленный комплекс России в 2010 году. - М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2010.
2. Васильев, Н.И. Пеллеты и топливные брикеты – прогрессивные виды твердого биотоплива / Н. И. Васильев // Энергосбережение. – 2011. – № 4. – С. 14–20.
3. Кокиева, Г.Е. Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 137-139.
4. Кокиева, Г.Е. Дефекты, образующиеся при несоблюдении технологического процесса термической обработки конструктивных деталей ферментаторов. Причины их возникновения и пути устранения / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 140-142.
5. Тарханов, О.В. Современные технологии переработки навоза и помёта как тормоз экономики / О.В. Тарханов, Л.С. Тарханова. Уфа: ИКЗ «Системы и технологии», 2009. 160 с.

05.13.06

А.Р. Фардеев канд. техн. наук, Л.А. Феоктистова канд. техн. наук, Т.В. Рзаева

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, albert.fardeev@mail.ru, aida_8691@rambler.ru, tania14.11@mail.ru

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

В данной статье рассмотрена работа ветронасосной установки, используемой в технологическом процессе циркуляции жидкости, при скорости ветра, превышающей максимально допустимое значение. Предложена система автоматического уменьшения мощности установки методом ограничения воздушного потока. Проведён анализ работы ветронасосной установки, при условии сохранения внешнего момента, приложенного к ротору ветродвигателя, а также анализ работы системы при изменении скорости ветра. Использование разработанной системы автоматического уменьшения мощности ветронасосной установки позволяет регулировать воздушный поток на ходу с целью сохранения силы давления ветра на лопасти ветродвигателя.

Ключевые слова: *ветронасосная установка, технологический процесс, система циркуляции жидкости, внешний момент, воздушный поток, сила давления ветра.*

Рассмотрим ветронасосную установку, используемую в технологическом процессе циркуляции жидкости. При переменной скорости ветра угловая скорость ротора ветродвигателя должна регулироваться с целью работы ветродвигателя в режиме максимальной снимаемой мощности [1]. Эта регулировка осуществляется путём изменения рабочего объёма насоса. Но при увеличении скорости ветра выше номинального (расчётного) значения увеличивать рабочий объём насоса уже невозможно. Момент сопротивления перестаёт расти при высоком внешнем моменте, приложенном к ротору ветродвигателя. Под действием разности внешнего момента и момента сопротивления ротор ветродвигателя начинает вращаться с ускорением и его угловая скорость увеличивается.

Увеличения угловой скорости можно избежать, создав дополнительный момент сопротивления. Его можно создать, например, производя торможение вращения ротора ветродвигателя. Но при этом не уменьшается внешний момент, приложенный к ротору ветродвигателя. Под действием этого большого внешнего момента ротор может разрушиться. Следовательно, задача состоит в том, чтобы иметь возможность уменьшения внешнего момента, приложенного к ротору ветродвигателя в случае необходимости. Причём это должно происходить автоматически.

С данной задачей может справиться система ограничения воздушного потока, проходящего через ветродвигатель. Система ограничения воздушного потока изображена на рис. 1.

Система ограничения воздушного потока состоит из ограничителя воздушного потока 1 и гидроцилиндров 3, плунжеры которых приводятся в движение жидкостью, перекачиваемой насосом 4 установки.

Ограничитель воздушного потока 1 представляет собой тонкостенный металлический цилиндр с каркасом внутри него. Он может перемещаться вдоль стоек 2. Движение происходит под действием плунжеров гидроцилиндров 3.

Расчётная скорость ветра – это скорость ветра, при которой производится расчёт мощности ветродвигателя. Она составляет 6 – 10 м/с. При этой скорости ветра рабочий объём насоса увеличивается до максимального. При дальнейшем увеличении скорости ветра производится ограничение мощности ветродвигателя при помощи ограничителя воздушного потока.

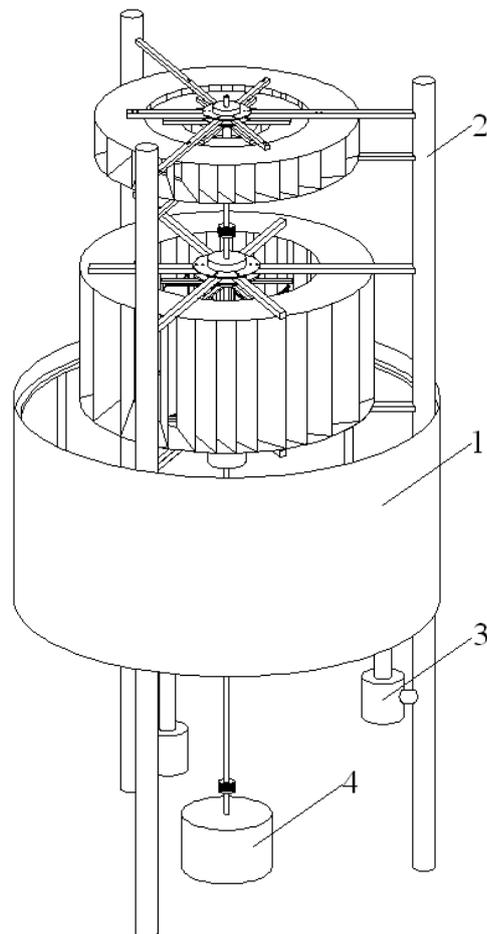


Рис. 1 - Система ограничения воздушного потока:

1 – ограничитель воздушного потока; 2 – стойки; 3 – гидроцилиндры; 4 – насос

Управляет работой гидроцилиндров, поднимающих ограничитель воздушного потока блок управления, совмещённый с блоком, который увеличивает рабочий объём насоса при увеличении скорости ветра до величины, не превышающей расчётное значение. Схема совмещённого блока управления изображена на рис. 2. При увеличении скорости ветра (не выше расчётного) нижняя часть рычага 2 движется влево, двигая влево шток 3 гидрораспределителя 4 [2]. При этом жидкость из гидролиний высокого давления устремляется в левую полость сервомотора 6, а жидкость из правой его полости уходит в гидролинии низкого давления и происходит увеличение рабочего объёма насоса. После этого рычаг 2 занимает нейтральное положение. Если произошло увеличение скорости ветра выше расчётного значения, то рабочий объём насоса уже увеличен до максимального. Рычаг 2 из левого положения не перемещается в нейтральное положение, так как не происходит увеличения рабочего объёма насоса, а, следовательно, и момента сопротивления, создаваемого ротором насоса. Продолжается перемещение рычага 2 влево за счёт его поворота относительно точки О. При дальнейшем повороте он выходит из зацепления со штоком 3 и упирается в выступ 18. Выступ 18 находится на штоке 15 гидрораспределителя 14. Рычаг 2 толкает плунжер 16 влево через шток 15. Когда плунжер 16 займёт левое положение, жидкость из гидролиний высокого давления через гидрораспределитель 4 и гидрораспределитель 14 начнёт поступать в левую полость сервомотора 21. Из его правой полости жидкость начнёт уходить через гидрораспределители 4 и 14 в гидролинии низкого давления. Плунжер 22 начнет перемещаться вправо, перемещая вправо плунжер 24 гидроцилиндра 23. Жидкость из полости гидроцилиндра 23 начнёт поступать в гидроцилиндры ограничителя воздушного потока и начнётся его подъём. При подъёме ограничителя воздушного потока, происходит как бы уменьшение высоты лопасти. Уменьшается площадь лопасти. Это вызывает уменьшение силы давления ветра на лопасть и

происходит уменьшение внешнего момента, приложенного к ротору ветродвигателя. Величина внешнего момента сравнивается с величиной момента сопротивления, создаваемого ротором насоса, и ротор ветродвигателя начинает вращаться равномерно в режиме максимальной снимаемой мощности, рычаг 2 возвращается в нейтральное положение. Поступление жидкости в гидроцилиндры ограничителя воздушного потока прекращается, и он перестаёт подниматься. При этом плунжер 16 остаётся в левом положении, а рычаг 2 возвращается в нейтральное положение.

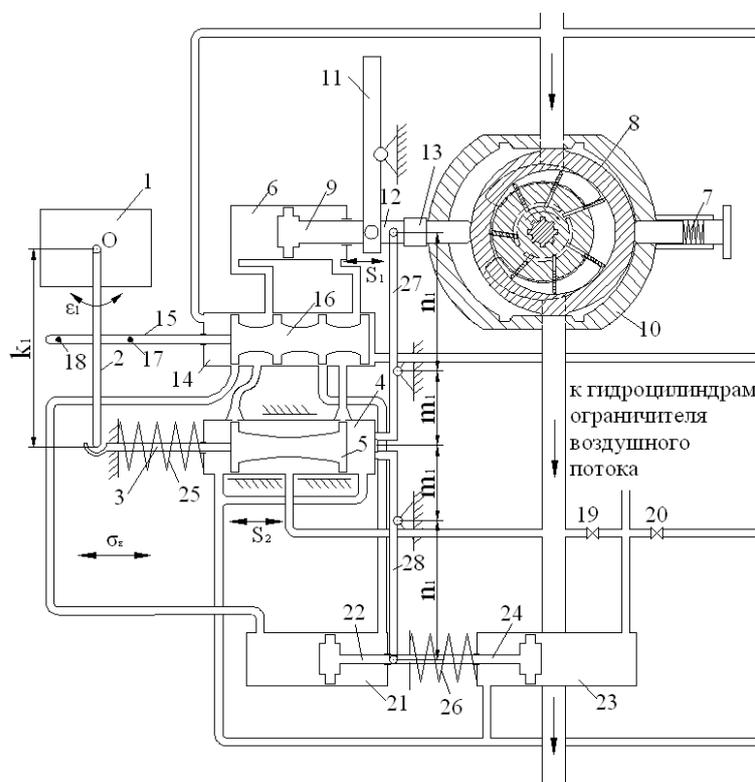


Рис. 2 – Схема совмещённого блока управления:

- 1 – регулятор; 2 – рычаг; 3 – шток; 4 – золотниковый гидрораспределитель; 5 – плунжер; 6 – сервомотор; 7 – пружина; 8 – подвижный корпус; 9 – плунжер; 10 – регулируемый пластинчатый насос; 11 – рычаг; 12 – тяга; 13 – удлинитель; 14 – гидрораспределитель; 15 – шток; 16 – плунжер; 17, 18 – выступы на штоке 15; 19, 20 – вентили; 21 – сервомотор; 22 – плунжер; 23 – гидроцилиндр; 24 – плунжер; 25, 26 – пружины; 27, 28 – рычаги

При ураганной скорости ветра (от 20 м/с) лучше защитить ротор ветродвигателя и анемометр, полностью подняв ограничитель воздушного потока. Это можно сделать открытием вентиля 19. Если ограничитель воздушного потока был поднят вручную, то после прекращения ураганного ветра опускается он также вручную, открытием вентиля 20.

Список литературы

1. Фардеев, А.Р. Технологические процессы с комбинированным энергопитанием: механика, управление, автоматизация / Ф. Д. Байрамов, Б. Ф. Байрамов, Н.С. Галимов, А. Р. Фардеев. - Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2016. – С. 116.
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – С. 356-360.

05.13.06

¹Л.А. Феоктистова канд. техн. наук,¹Т.В. Рзаева,
¹А.Р. Фардеев канд. техн. наук,²С.М. Егорова

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
²Инженерно-экономический колледж,
Набережные Челны

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ЛЕКЦИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ В СРЕДЕ POWER POINT

В статье представлен опыт разработки и внедрения в учебный процесс мультимедийного курса лекций по графическим дисциплинам на примере приложения Power Point программы MS Office. Показаны достоинства и недостатки применения современных информационных технологий в образовании. Аргументируется необходимость оптимального сочетания традиционных и мультимедийных технологий.

Ключевые слова: *Начертательная геометрия, инженерная графика, графические дисциплины, информационные технологии, мультимедийная презентация, интерактивность.*

Введение. При профессиональной подготовки инженера существенное место занимают инженерно-графические дисциплины, во многом определяющие уровень инженерно-технического образования специалиста. Научно-технический прогресс предъявляет новые требования к образованию, определяет приоритетом развитие информационных технологий. В связи с этим, возникает потребность в разработке новых методик преподавания инженерно-графических дисциплин.

Начертательная геометрия и инженерная графика – первая инженерная дисциплина, с которой начинается техническое образование будущего инженера. Основными видами учебной работы в высшей школе являются лекции, семинары, практические и лабораторные занятия. Теоретические основы изучаемой дисциплины студенты получают на лекции. Лекции создают фундаментальную базу знаний по каждой дисциплине, предусмотренной учебной программой.

В последнее время принципиально изменилась роль преподавателя в учебном процессе. Преподаватель имеет право на выбор способов преподавания, на разработку и внедрение авторских курсов по преподаваемым дисциплинам. Новые информационные технологии, внедряемые в образование, позволяют вывести его на качественно новый уровень. Среди множества информационных технологий отдельное место занимают мультимедийные технологии. Современные мультимедийные программные средства обладают большими возможностями, позволяющими объединить в единое целое текст, звук, видео, графическое изображение и анимацию. Использование мультимедийных технологий существенно влияет на характер подачи информации, а, следовательно, и на методы обучения.

Опыт применения мультимедийного курса лекций по инженерной графике показал, что качественно изменилась восприятие и усвоение студентами учебного материала. И что немаловажно, лектор находится лицом к аудитории и имеет возможность чувствовать и контролировать аудиторию.

Принципиальные отличия мультимедийных лекций от традиционных [1]:

- четко структурированное содержание;
- блочная схема построения учебного материала;
- эффективность формы представления;
- использование дополнительных приемов изложения материала (звук, анимация, графика), развитая гипертекстовая структура;
- графическое выделение основных положений лекции, определений, формул и т. п.

Необходимо отметить, что традиционная (классическая) лекция обладает рядом существенных недостатков. Прежде всего, традиционная лекция – это в основном монотонный способ изложения материала, а студенты – пассивные слушатели. Следует отметить, что лекционный курс по инженерной графике сопровождается сложными графическими построениями, требующими определенной последовательности и четкости выполнения операций алгоритмов решения метрических и позиционных задач. Нередко изображаемый лектором на доске пояснительный материал выходит примитивным и оставляет желать лучшего, а подчас его вообще невозможно отобразить (сборочные чертежи изделий, кинематические, гидравлические и электрические схемы и многое другое). Поэтому выполнение большого количества чертежей на доске традиционным способом с помощью мела, линейки и циркуля не рационально и малоэффективно.

Процесс создания мультимедийной лекцией подразумевает такую же последовательность, как и при работе над традиционной лекцией с исправлениями и дополнениями. Рекомендуются этапы работы над мультимедийной лекцией [1]:

1. Отбор материала. Отбирается теоретический материал и соответствующий ему иллюстративный материал.

2. Определение объема и содержания. Лекция должна содержать столько информации, сколько может быть усвоено аудиторией в отведенное время. Ее следует разгружать от части материала, перенося его на самостоятельное изучение.

3. Выбор последовательности и логики изложения.

4. Компоновка и оформление лекции.

5. Апробация и корректировка.

Среди программных средств подготовки мультимедийных презентаций наиболее эффективным оказалась Microsoft Power Point в силу его широкого распространения, доступности и простоте интерфейса при довольно больших возможностях анимации предоставляемого материала, импорта различных графических и текстовых приложений, видео- и звуковых материалов.

Каждая отдельно взятая лекция состоит из набора слайдов, разработанных в системе Microsoft Office PowerPoint, передающих на экран всю графическую информацию. Программа PowerPoint поддерживает видео форматы, что позволяет демонстрировать изменение процессов во времени.

Опыт показывает, что, если в процессе чтения лекций возникает необходимость дополнения, объяснения каких-либо моментов, которые не были учтены в подготовленном материале, у лектора имеется возможность использования традиционной доски [2].

Следует отметить то что как у традиционного, так и у мультимедийного представления лекционного материала есть как достоинства, так и недостатки.

Достоинства традиционного представления лекционного материала по графическим дисциплинам [3]:

- вычерчивание изображений мелом на доске по скорости примерно соответствует скорости построения аналогичных проекций студентами в тетрадах;
- чертеж на доске возникает поэтапно, студенты видят процесс возникновения каждого нового графического элемента;
- у лектора появляется возможность регулировать скорость подачи материала;
- лектор в полной мере участвует в процессе построения изображений одновременно со студентами.

Преимущества применения мультимедийных презентаций при чтении лекций:

- качество изображений на доске напрямую зависит от графических способностей преподавателя, компьютер же позволяет выполнить требуемые изображения точно, аккуратно и полно;
- возможность передать студентам теоретическую часть дисциплины в более доступной, наглядной форме с применением трехмерной графики, видеофрагментов, анимации и цветовых эффектов.;

- возможность многократного возврата к предыдущим слайдам;
- отсутствие необходимости в демонстрационных материалах (моделях, плакатах и т.д.);
- видео слайды могут быть не только использованы на аудиторных занятиях по инженерной графике, но и при проведении он-лайн консультаций, а также могут быть предложены студентам на электронных носителях и установлены на образовательном сервере вуза для свободного доступа, т.е. они могут храниться, накапливаться, модифицироваться.

Анализ опыта проведения лекций традиционных и с использованием мультимедийных обучающих систем показал, что познавательная активность, объем и качество усвоения студентами материала в последнем случае значительно повышается [2].

По данным исследований американских ученых, во время лекции студент усваивает всего 5% материала, при чтении – 10%, во время практических занятий – 75%, а когда студент применяет сразу все знания – 90% [4]. Таким образом, статистика свидетельствует об эффективности применения интерактивных методов обучения в ходе преподавания курса инженерной графики.

Выводы. При разработке лекционного курса по инженерной графике следует исходить из принципа взаимодополнения, сущность которого заключается в оптимальном соединении инновационных и традиционных технологий. Применение мультимедийных технологий требует продуманности и обоснованности. В некоторых случаях использование мела и доски более эффективно. Полностью заменить традиционные лекции мультимедийные презентации не могут, но могут в значительной мере помочь в восприятии студентами учебного материала. Таким образом, мультимедийные средства следует рассматривать как вспомогательные.

Список литературы

1. *Ярошевич О.В.* Мультимедийное сопровождение лекций: разработка, внедрение, результаты /О. В. Ярошевич, В. И. Ходосевич // Информационные технологии и технический дизайн в профессиональном образовании и промышленности: сб. материалов II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. С. 180–188.
2. *Талипова И.П., Феоктистова Л.А., Рзаева Т.В.* К вопросу о чтении лекций с использованием презентаций MS Power Point//Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – Наб. Челны: Изд-во Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, 2016. № 3 (70). С. 65-72. Режим доступа: <http://kpfu.ru/chelny/science/sets/about>
3. *Базенков Т.Н., Винник Н.С., Морозова В.А.* Переход от традиционного преподавания графических дисциплин к активному использованию современных информационных технологий/ Сборник трудов Международной научно-практической конференции. - 2016. С. 15-20
4. *Костенко, Н.М.* Использование компьютерных технологий в преподавании дисциплины «Инженерная графика» / Н.М. Костенко, Ю.Ф. Шуберт // Среднее профессиональное образование. – 2008. – № 6. – С. 24-26

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

05.13.11

А.П. Буйносов д-р техн. наук, А.Т. Шарапов

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, byinosov@mail.ru, sharapov.aliexandr97@mail.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ**

Приводится усовершенствованная методика геометрического расчета элементов зубчатой передачи тягового подвижного состава. В предложенной авторами методике учитывается вписывание зубчатого колеса в габарит и геометрические параметры эвольвентного зацепления зубьев пары «зубчатое колесо–шестерня».

Ключевые слова: *электровоз, геометрия, зубчатая передача, элемент, расчет, совершенствование.*

Поскольку тяговая зубчатая передача тягового подвижного состава имеет жесткие ограничения по габаритным размерам, задачей геометрического расчета контура зацепления шестерни и зубчатого колеса является получение минимальных по размерам и массе деталей, обеспечивающих выполнение предъявляемых условий прочности. В качестве основной меры рационализации расчета в этом случае используется коррекция зубьев. Коррекция подразумевает собой теоретическое исправление профиля зуба. Как известно, уменьшение габаритов привода достигается уменьшением числа зубьев малой шестерни, но существует минимальный предел, при котором происходит подрез ножки зуба. Применяя коррекцию, можно уменьшить число зубьев шестерни на 20–30 % относительно минимально допустимого значения без коррекции. В зависимости от методики расчета существует два вида коррекции: 1) угловая – заключается в смещении на некоторую величину профиля зубьев шестерни от центра. При этом неизбежно увеличивается межцентровое расстояние и основные окружности; 2) высотная коррекция – достигается смещением профиля зубьев шестерни от центра на рассчитанную величину, а зубчатого колеса – к центру на эту же величину. Изменению подвергаются относительные высоты головки и ножки зубьев [1].

Полусумма чисел зубьев шестерни и зубчатого колеса:

$$Z_{cp} = \frac{Z_{ш} + Z_{к}}{2}. \quad (1)$$

Угол наклона зубьев по делительному цилиндру:

$$\cos \beta_d = \frac{m_n}{m_s}. \quad (2)$$

Угол зацепления исходного контура в торцовом сечении:

$$\operatorname{tg} \alpha_{os} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_d}{\cos \beta_d}. \quad (3)$$

Угол зацепления передачи в торцовом сечении находится как:

$$\cos \alpha_s = \frac{Z_{cp} \cdot m_n}{A} \cdot \cos \alpha_{os}. \quad (4)$$

Приведенные числа зубьев шестерни и колеса определяются как:

$$Z_{ш}^{пр} = \frac{Z_{ш}}{\cos^3 \beta_d}. \quad (5)$$

Коэффициенты коррекции в нормальном сечении шестерни и колеса, определяемые в соответствии с ГОСТ 13755-2015 [2]. Далее необходимо выполнить проверку на ограничение по нормальному модулю зацепления для того, чтобы исключить неполную обкатку зуба фрезой при нарезании колеса. Для зубчатого колеса с числом зубьев более 80 величина нормального модуля зацепления не должна быть меньше, чем 5.

По исходным данным: $m = 10$ [3], зубчатое колесо отвечает необходимым требованиям. Коэффициенты коррекции в торцовом сечении шестерни и колеса:

$$\xi_{ш(ск)} = \xi_{ш(нк)} \cdot \cos \beta_d. \quad (6)$$

Диаметр делительной и начальной окружности шестерни и колеса:

$$d_{дш(дк)} = d_{ш(к)} = Z_{ш(к)} \cdot m_s. \quad (7)$$

Диаметр окружности выступов шестерни и колеса:

$$D_{еш(ек)} = d_{дш(дк)} + 2 \cdot m_n \cdot (f_{он} + \xi_{ш(нк)}). \quad (8)$$

Диаметр основной окружности шестерни и колеса:

$$d_{ош(ок)} = d_{дш(дк)} \cdot \cos \alpha_{ос}. \quad (9)$$

Проверка диаметра окружности выступов зубчатого колеса на вписывание в габарит по [2, 3]:

$$D_{ек} \leq D_k - 2(h_1 + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3), \quad (10)$$

где D_k – диаметр колеса по кругу катания, $D_k = 1250$ мм (см. рис. 1); δ_1 – расстояние от нижней стенки кожуха до его нижнего габарита, $\delta_1 = 4$ мм; δ_2 – толщина стенки кожуха, $\delta_2 = 3$ мм; δ_3 – расстояние от стенки кожуха до зубчатого колеса, $\delta_3 = 7$ мм; h_1 – минимально допустимое расстояние между нижней точкой тягового редуктора и головкой рельса, $h_1 = 120$ мм. Определение параметров рабочего контура показано на рис. 2.

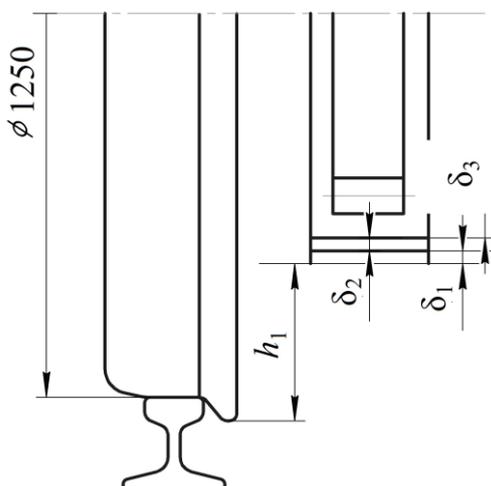


Рис. 1. Основные размеры, учитываемые при вписывании зубчатого колеса в габарит

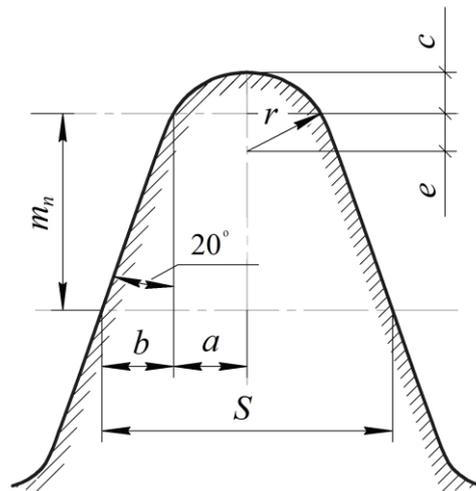


Рис. 2. Основные размеры в нормальном сечении зуба

$$b = m_n \cdot \operatorname{tg} \alpha_d. \quad (11)$$

$$a = \frac{m_n \cdot \pi}{4} - b. \quad (12)$$

$$e = a \cdot \operatorname{tg} \alpha_d. \quad (13)$$

Радиус головки зуба рабочего контура находится [4]:

$$r = \frac{a}{\cos \alpha_d}. \quad (14)$$

Высота переходной галтели в нормальном сечении:

$$c = r - e. \quad (15)$$

Наибольшие диаметры окружности впадин шестерни и колеса:

$$D_{iш} = m_s \cdot (Z_{ш(к)} + 2 \cdot \xi_{сш(ск)}) - 2 \cdot m_n \cdot f_{on} - 2 \cdot c - 2 \cdot |\Delta_M \cdot h_{ш(к)}|. \quad (16)$$

Наибольший возможный боковой зазор:

$$c_n \delta = (|\Delta_M \cdot h_k| + |\Delta_M \cdot h_{ш}| + \delta h_k + \delta h_{ш} + \Delta A) \cdot 2 \cdot \sin \alpha_d. \quad (17)$$

Номинальная толщина зуба по дуге делительной окружности шестерни и колеса:

$$S_{дш(дк)} = m_s \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot \xi_{сш(ск)} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{oc} \right). \quad (18)$$

Нормальная хордальная толщина зуба по делительному цилиндру шестерни и зубчатого колеса:

$$\delta_n = \frac{S_{дш} \cdot \cos^3 \beta_d}{d_{дш}}; S_{ш} = S_{дш} \cdot \cos \beta_d \cdot \left(1 - \frac{\delta_n^2}{6} \right). \quad (19)$$

Наименьшее уменьшение толщины зуба по постоянной хорде и хорде делительной окружности для шестерни и колеса:

$$\Delta_M S_{ш(к)} = 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \cdot |\Delta_M \cdot h_{ш(к)}|. \quad (20)$$

Допуск на толщину зуба по постоянной хорде и хорде делительной окружности для шестерни и зубчатого колеса:

$$\delta S_{ш(к)} = 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \cdot \delta h_{ш(к)}. \quad (21)$$

Нормальная хордальная толщина зуба по делительному цилиндру для простановки на чертеже. Для шестерни и колеса соответственно:

$$S_{ш(к)} = (S_{ш(к)} - |\Delta_M \cdot S_{ш(к)}|) - |\delta \cdot S_{ш(к)}|. \quad (22)$$

Нормальная хордальная высота головки зуба шестерни и колеса:

$$h_{нш(нк)} = \frac{D_{еш(ек)} - d_{дш(дк)}}{2} + \frac{S_{дш(дк)}^2 \cdot \cos^4 \beta_d}{4 \cdot d_{дш(дк)}}. \quad (23)$$

Нормальная толщина зуба по постоянной хорде для шестерни и колеса:

$$S_{хшш(хнк)} = m_n \cdot \left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 \alpha_d + \xi_{нш(нк)} \cdot \sin (2 \cdot \alpha_d) \right); \quad (24)$$

$$S_{хшш(хнк)} = (S_{хшш(хнк)} - |\Delta_M \cdot S_{ш(к)}|) - |\delta \cdot S_{ш(к)}|.$$

Нормальная толщина зуба по постоянной хорде для шестерни и колеса:

$$S_{хшш(хнк)} = (S_{хшш(хнк)} - |\Delta_M \cdot S_{ш(к)}|) - |\delta \cdot S_{ш(к)}|. \quad (25)$$

Высота головки зуба до постоянной хорды шестерни и колеса:

$$h_{хшш(хнк)} = \frac{D_{еш(ек)} - d_{дш(дк)}}{2} - m_n \left(\frac{\pi}{8} \cdot \sin (2 \cdot \alpha_d) + \xi_{нш(нк)} \cdot \sin^2 \alpha_d \right). \quad (26)$$

Угол давления на окружности выступов шестерни и колеса:

$$\cos \alpha_{еш(ек)} = \frac{d_{ош(ок)}}{D_{еш(ек)}}. \quad (27)$$

Толщина зуба по окружности выступов в торцовом сечении для шестерни и зубчатого колеса:

$$S_{esh(esk)} = D_{esh(ek)} \cdot \left(\frac{S_{dsh(dk)}}{d_{dsh(dk)}} + \text{inv } \alpha_{os} - \text{inv } \alpha_{esh(ek)} \right). \quad (28)$$

Толщина зуба по окружности выступов в нормальном сечении для шестерни и зубчатого колеса:

$$S_{esh(enk)} = \frac{S_{esh(esk)}}{\cos \beta_d}. \quad (29)$$

Толщина зуба по окружности выступов в долях нормального модуля для шестерни зубчатого колеса:

$$S_{esh(ek)} = \frac{S_{esh(enk)}}{m_n}. \quad (30)$$

Расстояние по линии зацепления в торцовом сечении, проходимое точкой контакта зубьев за период, в течение которого находится в зацеплении головка зуба шестерни и колеса:

$$e_{ш(к)} = \frac{d_{ош(ок)}}{2} \cdot (\text{tg } \alpha_{esh(ek)} - \text{tg } \alpha_s). \quad (31)$$

Коэффициент перекрытия:

$$\xi = \frac{e_{ш} + e_{к}}{2} + \frac{b}{t_s} \cdot \text{tg } \beta_d. \quad (32)$$

Условное число зубьев:

$$Z_{усл} = Z_{ш} \frac{\text{inv } \alpha_{os}}{\text{inv } \alpha_{on}}. \quad (33)$$

Длина общей нормали шестерни:

$$L = m_n \cdot \cos \alpha_{on} \cdot \left[\pi \cdot (n - 0,5) + 2 \cdot \xi_{нш} \cdot \text{tg } \alpha_{on} + Z_{ш} \cdot \text{inv } \alpha_{os} \right]. \quad (34)$$

Наименьшее отклонение длины общей нормали (в тело зубьев колеса):

$$\Delta_n L = 2 \cdot \sin \alpha_d \left(|\Delta_m h| + \frac{E_o}{2} \right). \quad (35)$$

Допуск на длину общей нормали (в тело зубьев колеса):

$$\delta L = 2 \cdot \sin \alpha_d (\delta h + E_o). \quad (36)$$

Длина общей нормали для простановки на чертеже:

$$L_{ш} = (L - |\Delta_n L|) - |\delta L|. \quad (37)$$

Список литературы

1. Шацлло А.А. Тяговый привод электроподвижного состава. М.: МПС, 1961. 223 с.
2. ГОСТ 13755-2015 (ISO 53:1998) Основные нормы взаимозаменяемости. Передатки зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходные контуры. М.: Издательство стандартов, 2016. 15 с.
3. Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М.: Транспорт, 1986. 256 с.
4. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 85-89.

05.13.11

А.Б. Сорокин канд. техн. наук, Л.М. Железняк

МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, ab_sorokin@mail.ru, lilya.zheleznyak@mail.ru

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗМЕТКА ТЕКСТА

Рассматриваются вопросы построения систем классификации и кластеризации текстовых данных, на основе автоматической морфологической разметки русскоязычных текстов. Обсуждены возможные применения результатов анализа.

Ключевые слова: компьютерная лингвистика, частеречная разметка, автоматическая обработка документов, русский язык, обработка текстов на естественном языке.

В современном мире всё большее и большее количество текстовых документов предоставляется в цифровом виде. Вполне вероятно, что большинство из них обладают лишней, избыточной информацией, которая может затруднять чтение и усваивание информации из текста. С другой стороны, текст может обладать недостаточным, скудным количеством информации.

Естественно должен быть создан механизм, способный решить проблему анализа информативного содержания текста автоматически, без участия человека.

Анализ естественном языке (NLP – Natural Language Processing) – направление искусственного интеллекта, которое занимается вопросами компьютерного анализа естественного языка. Анализ состоит из нескольких этапов, каждый из которых обладает определённой задачей: 1. Морфологический — анализ словоформ и их характеристик (число, падеж, и т.д.). 2. Синтаксический — выделение структуры предложения (отношения между словами). 3. Семантический — выделение смысла исходя из «модели мира».

Создание программных модулей, способных решать задачу каждого этапа, и их корректная настройка, согласно определённым алгоритмам обработки текста, позволит решить задачу определения степени информативности текста. Иными словами, для автоматизированного выявления ключевых тезисов, выделения главных идей, формирования наиболее значимых концепций цифрового текста или документа необходимо создать программную реализацию последовательности модулей, дальнейшая настройка которых позволит достичь поставленной цели путём соотнесения его содержимого с базами знаний, экспертными системами и т.д.

Начальным этапом в анализе текста выступает морфологический этап. С точки зрения лингвистики, определение принадлежности того или иного слова к соответствующей части речи является одной из задач морфологического анализа слова. В целом, морфологический анализ направлен на определение различных морфологических характеристик слова: рода, падежа, числа, склонения, времени и т.д. Каждой части речи присущи свои особые морфологические характеристики.

Под частеречной разметкой текстов (POS-tagging – Part-Of-Speech Tagging) понимается этап автоматического определения частей речи слов в тексте, представленном в цифровом виде. В процессе анализа и обработки текстов присвоение каждому слову соответствующей части речи является наиболее существенной частью морфологического анализа.

Сложность разработки морфологического анализатора русского языка, выступающего в качестве модуля для определения части речи слова, объясняется характерными особенностями структуры русского языка: неоднозначностью формализации языковых правил, законов склонения слов, произвольным порядком слов в предложении и т.д.

Непосредственно при разработке морфологического анализатора возникают затруднения, вызванные флективностью русского языка: словообразование и словоизменение, происходит с использованием флексий – аффиксов, – которые выражают значения одного или нескольких грамматических классов языка, то есть частей речи. Следовательно, нет однозначной связи между аффиксом того или иного слова и принадлежностью его к конкретной части речи.

К проблемам, возникающим в ходе создания автоматизированного модуля для частеречной разметки русскоязычного текста (POS-tagger), относятся также: морфологическая классификация слов, омонимия, квази-слов и др.

Наиболее продуктивные современные решения задачи POS-tagging основываются на использовании особых словарей языков, в которых содержится морфологическая информация о каждой из словоформ. Однако данный подход требует высокую вычислительную мощность для поиска конкретного слова по словарю. Кроме того, такой метод анализа не позволяет определять часть речи слова, который не содержится в словаре. Поэтому вполне разумно рассмотреть возможность бессловарного подхода к морфологическому анализу [1].

Среди бессловарных методов морфологии выделяют системы, основанные на стемминге (процесс приведения словоформы к неизменяемой форме). В случае стемминга зачастую отбрасывается вся морфологическая информация, а в качестве нормальной формы берется неизменяемая псевдооснова, называемая стем. Так, для слова «стена» стемом будет являться строка «стен». Именно эта основа и используется в дальнейшем для идентификации слова во всех его формах. Стеммер Портера является одним из современных вариантов реализации бессловарной морфологии в чистом виде. В данной реализации применяется алгоритм, предложенный Мартином Портером [1]. Алгоритм Портера не использует при работе баз основ слов, но функционирует за счёт последовательного отсечения окончаний и суффиксов согласно определённым алгоритмом правилам.

Для полного понимания работы алгоритма введём некоторые определения [2]:

1) Гласные буквы – а, е, и, о, у, ы, э, ю, я. Буква «ё» считается равнозначной букве «е».

2) RV – область слова после первой гласной буквы. Она может быть пустой, если гласные в слове отсутствуют.

3) R1 – область слова после первого сочетания «гласная-согласная».

4) R2 – область R1 после первого сочетания «гласная-согласная»

Например, в слове «противоестественном»: RV = «тивоестественном»; R1 = «ивоестественном»; R2 = «оестественном».

Среди существующих суффиксов и окончаний выделяются множества, разбитые по группам: PERFECTIVE GERUND (деепричастие), ADJECTIVE (имя прилагательное), PARTICIPLE (причастие), REFLEXIVE (возвратность), VERB (глагол), NOUN (имя существительное), SUPERLATIVE (превосходная степень), DERIVATIONAL (словообразовательные), ADJECTIVAL (PARTICIPLE + ADJECTIVE) (свойства причастия и имени прилагательного).

При поиске окончания из всех возможных выбирается наиболее длинное. Все проверки проводятся над областью RV. Буквы перед RV не участвуют в проверках вообще.

Шаг 1. Найти окончание PERFECTIVE GERUND. Если оно существует – удалить его и завершить этот шаг. Иначе удалить окончание REFLEXIVE (если оно существует). Далее удалить, если существуют, в следующем порядке окончания: ADJECTIVAL, VERB, NOUN. Как только одно из них найдено – шаг завершается.

Шаг 2. Если слово оканчивается на «-и», то удалить «-и»

Шаг 3. Если в R2 находится окончание DERIVATIONAL, то удалить его.

Шаг 4. Возможен один из трёх вариантов:

1. Если слово оканчивается на «-нн», то удалить последнюю букву.

2. Если слово оканчивается на SUPERLATIVE, то удалить его и снова удалить последнюю букву, если слово заканчивается на «-нн».

3. Если слово оканчивается на «-ь», то удалить его.

Данный алгоритм используется для нахождения неизменяемой части слова – стема. Однако, на его основе с определённой долей погрешности можно выделить пять частей речи: Имя существительное, Имя прилагательное, Глагол, Причастие и Деепричастие. Причём, для некоторых слов можно получить дополнительные морфологические признаки, такие как «превосходная степень» или «возвратность».

Разработка программного обеспечения для частеречной разметки текстов проводилась в программной среде IntelliJ IDEA. Данный выбор обусловлен тем, что IntelliJ IDEA – интегрированная среда разработки программного обеспечения на многих языках программирования, в частности Java, и является одним из наиболее мощных редакторов исходного кода за счёт множества встроенных функций, таких как: умное автодополнение, инструменты для анализа качества кода, удобная навигация, расширенные возможности рефакторинга и форматирования.

Исходя из результатов работы можно заключить, что наибольшим количеством словоформ обладают пять частей речи: Имя существительное, Причастие, Имя прилагательное, Глагол, Деепричастие. Именно эти части речи и позволяют классифицировать алгоритм Мартина Портера.

Остальные семь частей речи – Наречие, Междометие, Имя Числительное, Союз, Местоимение, Предлог и Частица – целесообразно хранить в форме онтологии (словаря), так как данные части речи не обладают достаточным количеством характерных окончаний, которые позволили бы классифицировать их с достаточной точностью. Следует отметить, что суммарно данные семь частей речи (5 243) составляют лишь 0,17% от общего числа словоформ в словаре (3 072 375). Хранение словаря, содержащего упомянутые семь частей речи, требует всего лишь 578 Кбайт. Данный факт значительно уменьшает объём, занимаемый программным обеспечением. Таким образом скорость, с которой алгоритм Портера обрабатывает словоформы, в разы превосходит скорость распознавания любых словарных морфологий, что позволит изменить концепцию разработки систем поддержки принятия решений [3].

Список литературы

1. *Большакова Е.И.* Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие. – М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.
2. *Сорокин А.Б., Кушнарёв А.П.* Морфологический анализатор текста для выявления полноты информации // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Информационные технологии», 2018. – №11 (24). – С. 719 – 724.
3. *Сорокин А.Б.* Концептуальное проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Научный журнал «Онтология проектирования», 2017. – т.7 №3 (25) – С. 247 – 269.

05.13.11

В.И. Хрусталева канд. техн. наук, А.С. Демедюк

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

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ К ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫМ ИНТЕРФЕЙСАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БЕСКОНТАКТНЫХ АССИСТИВНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается вопрос использования бесконтактных ассистивных систем при проектировании человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) для людей с ограниченными возможностями здоровья. Приведен перечень требований для разработки ЧМИ, опираясь на которые возможна реализация качественного и эффективного ЧМИ, ориентированного не только на бытовые нужды, но и полноценное взаимодействие с технологическим процессом на предприятии.

Ключевые слова: *человеко-машинные интерфейсы, ассистивный пользовательский интерфейс, закон П. Фиттса.*

В настоящее время информационные технологии являются наиболее перспективной и активно развивающейся отраслью в современном мире. Это можно видеть по процессу их интеграции во все сферы жизни человека. На переднем крае между информационными технологиями и пользователем находится человеко-машинный интерфейс (ЧМИ). От правильной и качественной разработки ЧМИ зависит скорость и полнота взаимодействия пользователя и информационной системы (программное обеспечение и/или аппаратное обеспечение) [1].

В нашем обществе существуют группы людей с ограниченными возможностями здоровья (отсутствие или парализация рук) в связи с этим возникает преграда по полноценному взаимодействию с компьютерной техникой (набор текста, интернет серфинг, чтение электронной почты, работа с приложениями и т.д.). Для таких людей разрабатываются ассистивные многомодальные системы ЧМИ главная идея которых заключается во взаимодействии с компьютерными системами используя ввод информации основанный на голосовом сопровождении и отслеживание положения головы в пространстве, а также глаз.

В ряде задач по взаимодействию с компьютерной техникой, для инвалидов с парализованным телом, наиболее оптимально использование программно-аппаратных систем трекинга позиционирования глаз.

Системы использующие технологию трекинга глаз Eyegaze System или Visual Mouse, могут быть использованы людьми с ограниченными возможностями, но есть ряд критериев делающих этот процесс неудобным:

1. Цифровые видеокамеры с высокой скоростью обработки информации и большим разрешением это связано с тем, что площадь глаза имеет очень маленький размер и процесс распознавания движения происходит не всегда эффективно, а также они имеют очень высокую цену;

2. Обучение управлению курсором мыши является трудоемким.

Более эффективно с этой проблемой справляется ассистивный (предназначенный для помощи) пользовательский интерфейс ICanDo, разработанный в лаборатории речевых и многомодульных интерфейсов СПИИРАН. Этот интерфейс в своей структуре имеет программное обеспечение ориентированное на распознавание голосовых сообщений и отслеживания позиционирования головы оператора в пространстве. Как правило процесс

оценки производительности и времени использования ассистивного интерфейса оператором-человеком производится с помощью международного стандарта ISO 9241-9:2000 “Requirements for non-keyboard input devices” концепция по которой работает стандарт опирается на подходы разработанные, ученым с мировым именем, Полом Фиттсом (Paul Morris Fitts) и в дальнейшем получили широкое развитие в работах ученых всего мира [2].

Алгоритм заложенный в законе П. Фиттса представляет из себя последовательность шагов, пройдя которые становится возможным получение качественного и эффективного ЧМИ. На первом этапе испытуемые должны в максимально кратчайшие сроки фиксировать на дисплее объединения целей-объектов, появляющихся в окружности на дисплее. Важным и обязательным условием является четкий порядок среди целей задаваемых программой в автоматическом, после этого оператор-человек шаг за шагом производит выделение объектов находящихся в расположении друг от друга через максимальные интервалы и использует воздействие с помощью ассистивного интерфейса в любом направлении. В случае подтверждения выделения объекта цели на экране монитора через нажатие кнопки, возникает другая цель. Параллельно необходимо рассчитать индекс сложности задачи ID:

$$ID = \log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right), \quad (1)$$

где D — будем понимать прямую проходящую через центры целей, с которыми происходит взаимодействие; W — количественная характеристика диаметрального компонента цели.

Следует обратить внимание, на то, что позиция точки, в которой происходит отметка курсора манипулятора, зависит от количественного показателя расстояния между кликами манипулятора, а также реальных параметров площади целей (области).

Индекс сложности рассчитывается по формуле:

$$ID_e = \log_2\left(\frac{D_e}{W_e} + 1\right). \quad (2)$$

D_e — расстояние между точками кликов двух последних целей; W_e — площадь цели, рассчитываемая по формуле:

$$W_e = 4,133\sigma, \quad (3)$$

где σ — является среднеквадратическим отклонением координат фрагмента выделения манипулятором. Рассчитанные в этом случае значения ID_e отличны от значений ID , и дает возможность точнее и эффективнее вести учет качества прохождения тестовых заданий оператором-человеком [2].

Как правило, на производственных предприятиях под термином ЧМИ понимают набор следующих составляющих:

1. Персонал относящийся к группе диспетчерского состава;
2. Аппаратные средства взаимодействия с производственным процессом;
3. Походы, методы и способы организации информационного обмена между оператором-человеком и системой;
4. Процедуры, используемые для обеспечения возможности контроля и воздействия оператора-человека на производственный процесс.

Основной задачей ЧМИ в технологическом процессе является возможность максимально качественного сочетания возможностей оператора-человека и информационных технологий при выполнении действий по безаварийному и качественному управлению производственной системой.

Процесс разработки ЧМИ должен быть максимально эффективно и качественно организован. Это возможно достичь только в том случае, когда разработчик представил корректный план инженерных решений. Немаловажным моментом в разработки и тестирования ЧМИ является учет возможного человеческого фактора, а также возможность параллельного использования тренажеров или экспериментальных образцов для исследований и экспериментов для объективного оценивания и представления различных вариантов финальных проектов ЧМИ, в таком случае будет возможность минимизировать широкий перечень неверных действий оператора-человека.

Проверка качества и эффективности ЧМИ в обязательном порядке должна проходить параллельно с ходом проектирования ЧМИ.

Для того чтобы реализовать максимально эффективный ЧМИ необходимо придерживаться следующих обязательных принципов:

1. Учитывать человеческий фактор в работе системы как один из основных источников негативного воздействия на работу системы;
2. Обязательное использование передовых принципов, методик и подходов в увязке с фундаментальными подходами;
3. Понятное и объективное представление информации оператору-человеку о состоянии технологического процесса;
4. Проводить структурирование информации используя логическую модель ее обработки;
5. Удобный и полный доступ к информации, через навигационные системы;
6. Логичное хранение и отображение оператору-человеку сообщений представляющих информацию о выходе за границы нормативных показателей параметров системы или отклонения от штатной работы аппаратной и программной части системы.

Процесс взаимодействия пользователь-система основан на ряде правил:

1. Взаимодействие должно быть ориентированно качественно организованную последовательности процедур для возможности корректного ввода команд;
2. Наличие формулировок должно в полной мере соответствовать требованиям предъявляемым оператором-человеком;
3. Минимизация требований к оператору-человеку;
4. Минимизация действий оператора-человека для достижения поставленной задачи;
5. Должны применяться максимально комфортные возможности ввода информации (команд), для обеспечения качественного доступа к требуемой информации;
6. Незамедлительный отклик системы при взаимодействии с оператором-человеком;
7. Доступность руководящей информации для оператора-человека;
8. Квалификация оператора-человека должна соответствовать входным процедурам [3].

Использование качественно разработанного ЧМИ с учетом всех вышеперечисленных требований для реализации ЧМИ, позволит максимально эффективно взаимодействовать оператору-человеку с информационной системой. Бесконтактный ЧМИ даст возможность людям с инвалидностью полноценно интегрироваться в информационное общество и сделать их независимыми от помощи со стороны.

Список литературы

1. Хрусталева В.И. Проектирование человеко-машинных интерфейсов с учетом эргономических аспектов разработки программного обеспечения // Современные наукоемкие технологии. – Пенза: Изд-во ООО ИД «Академия Естествознания», 2019.– №11. – С. 109-112;
2. Карпов А.А. Когнитивные исследования ассистивного многомодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия // Информатика и её применения, 2012. – Т. 6. Вып. 2. – С.77-86;
3. Башлыков А.А. Принципы формирования требований к человеко-машинному интерфейсу для систем диспетчерского контроля и управления трубопроводными системами // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности 3/2014. – С. 3-10.

05.13.11

**С.Д. Шибайкин канд. техн. наук, А.А. Аббакумов канд. техн. наук,
В.В. Никулин канд. техн. наук**

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,
институт электроники и светотехники,
кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи,
Саранск, shibaikinsd@mail.ru, abbakumov_aa@mail.ru, nikulinvv@mail.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНЫХ
МЕДИЦИНСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ
НА ОСНОВЕ 3-D МОДЕЛИ ПОСТРОЕННОЙ ПО УЗ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ**

В работе рассматривается процесс проектирования роботизированного комплекса для высокоточного 3D-введения игл для биопсии опухолей и зондов терапевтических устройств, выполняющих различные медицинские манипуляции (абляция, гипертермия, локальная пункция сосудов, регионарная анестезия). Точность введения обеспечивается компьютерным анализом УЗ-изображений целевого участка ткани в нескольких срезах и построением цифровой 3D-модели участка, привязанной к анатомическим ориентирам и положению пациента на столе. Программная визуализация патологических областей позволит разработать точную схему введения зондов для манипуляций.

Ключевые слова: комплекс, обработка изображений, фильтрация, сегментирование, триангуляция, УЗ-изображение, КТ-изображение, малоинвазивные манипуляции.

Введение. Применение цифровых технологий (разработка программного обеспечения для расчета 3D-модели, расчет «привязки» 3D-модели к анатомическим структурам, разработка алгоритма проведения конкретной манипуляции на основании привязанной 3D-модели) позволяет конструировать оборудование высокоточного введения игл/зондов для биопсии и других медицинских манипуляций, существенно повышающее эффективность диагностики и терапии различных заболеваний, в том числе, и главным образом – онкологических.

Актуальность. Новизна предлагаемого комплекса заключается в:

– разработке нового программного обеспечения, выполняющего высокоточный (до 1 мм) расчет 3D-модели патологического участка ткани на основании компьютерного анализа его УЗ-изображений при одновременном осуществлении привязки модели к анатомическим структурам;

– одновременный координатный расчет оптимальных схем проведения различных манипуляций на основе рассчитанной 3D-модели построенной на основе срезов УЗ-изображений;

– разработка оборудования для механического и роботизированного введения игл для биопсии и зондов для других манипуляций на основании привязанной 3D-модели;

– повышении точности выполнения манипуляций по рассчитанной схеме за счет проведения расчетных процедур и манипуляций при неизменном положении пациента на столе (до 10 раз по сравнению с точностью применяемых методов позиционирования).

Методика и варианты решений. Реализация собственного программного обеспечения позволяет строить 3D-изображения заданной области (мягких тканей) в теле человека на основе ее динамических УЗ-срезов, при этом осуществляется точная координатная привязка 3D-модели к анатомической структуре заданного участка и положению пациента на столе. Использование УЗ-срезов обусловлено следующими достоинствами представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки систем навигации

Тип системы	Достоинства	Недостатки
Ультразвук	Безвредность; Достаточно высокая разрешающая способность; Низкая стоимость; Компактность; Не требует специальных условий;	Неприменима в некоторых анатомических областях; Нестабильное изображение и положение датчика;
Рентген	Высокая разрешающая способность; Нет анатомических ограничений; Хорошая визуализация костных структур; Относительно недорогое обслуживание;	Вред (лучевая нагрузка); Требует специальных условий; Высокая стартовая стоимость;
Магнитный резонанс	Высокая разрешающая способность; Безвредность; Хорошая визуализация мягких тканей; Нет анатомических ограничений;	Требует специальных условий; Высокая стоимость оборудования; Прихотливость в обслуживании;

На основании привязанной 3D-модели целевого участка рассчитываются схемы введения игл для биопсии опухолей и зондов устройств для различных терапевтического манипуляций в соответствии с существующими рекомендациями.

Программный модуль разрабатывается на языке Java (для обеспечения кросс-платформенности). Анализ и сегментирование изображений будет выполняться на основе базовых модулей библиотеки OpenCV. Цветовое пространство импортируемых изображений является CMYK (GRAY). В качестве базовых алгоритмов фильтрации будут использоваться пороговая фильтрация, контуризация(в том числе и пользовательская), стандартные фильтры сглаживания/размытия, оптические потоки[1] (см. рисунок 1). Построение 3D-объекта будет выполняться с помощью триангуляции Делоне [2] на основе облака точек получаемых УЗ или КТ срезом(см. рисунок 2).



Рис. 1 – Пороговая фильтрация УЗ-срезов

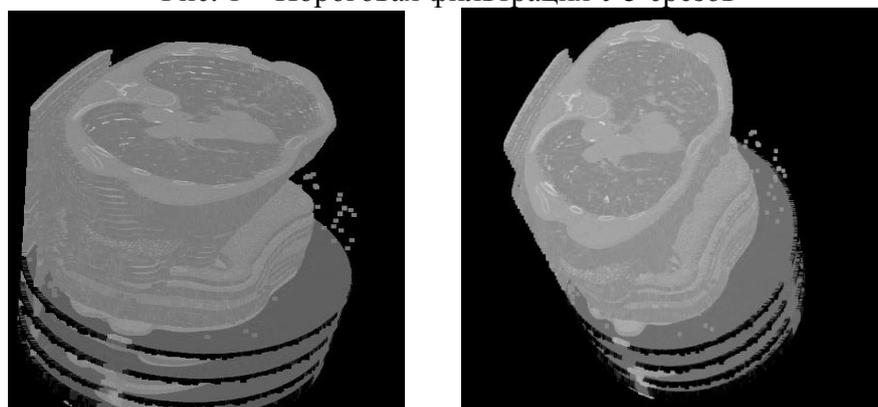


Рис. 2 – Облако точек объекта

Система привязки (см. рисунок 3) будет основана на применении датчика положения ультразвукового сенсора, крепящегося к его рукоятке. Датчик будет реализован на основе трехосевых акселерометра и гироскопа, совмещённых в одном корпусе и программно связанных между собой.

Общая концепция комплекса визуализации и навигации для малоинвазивных медицинских манипуляций состоит из следующих узлов:

– Ультразвуковой сканер с набором сенсоров, позволяющий получать и сохранять 2D-изображения целевой анатомической области в формате DICOM/JPEG/PNG или имеющий другой выходной цифровой порт;

– Датчик положения ультразвукового сенсора, крепящийся к его рукоятке и реализованный на основе трехосевых акселерометра и гироскопа, совмещённых в одном корпусе и программно связанных между собой;

– Программное обеспечение, разработанное для управления системой и сопряжения всех ее узлов;

– Манипулятор для позиционирования инструментов со специальным сайтом для их крепления.

Общая структурная схема системы представлена на рис. 3.

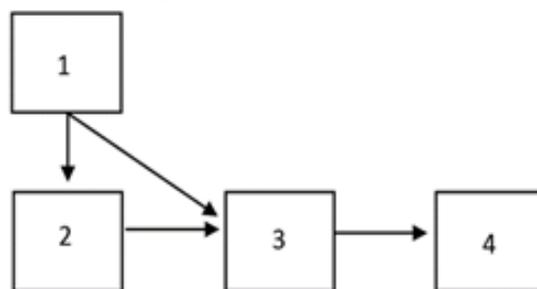


Рис. 3 – Система для создания 3-D пространств с заданной концентрацией лекарственных веществ в организме 1 – узел получения изображения; 2 – узел позиционирования датчика; 3 – узел анализа изображения; 4 – узел управления введением препарата

Программный модуль комплекса будет выполнять следующие функции: Анализ данных, полученных с датчика положения сенсора и сопоставление их с двухмерными изображениями, полученными УЗ-сканера в один и тот же момент времени; Построение 3D-модели целевой анатомической области; Привязка полученной модели к фиксированной координате или стабильному анатомическому ориентиру[3]; Генерация алгоритма для управления манипулятором для требуемого малоинвазивного вмешательства. Аппаратная система привязки будет представлять собой датчик положения ультразвукового сенсора, крепящийся к его рукоятке. Датчик будет реализован на основе трехосевых акселерометра и гироскопа, совмещённых в одном корпусе и программно связанных между собой. В качестве инструментов могут выступать биопсийные иглы и пистолеты, дозаторы и т.п.

Отрасль, развивается очень динамично, в частности, в России рынок медицинских изделий вырос за последние 5 лет в 1,5 раза. Рост рынка сопровождается несколькими тенденциями, двум из которых полностью соответствует предлагаемый проект: рост доли минимально инвазивных инструментов и использование сложного программного обеспечения.

В настоящее время малоинвазивные манипуляции, такие как биопсия опухолей, проведение процедур абляции, и другие как правило выполняются под текущим контролем УЗИ. Контроль производится врачом визуально, его точность зависит от квалификации врача и недостаточна, что в случае с биопсией часто приводит к получению ложноотрицательных результатов и необходимости многократного повторения процедур биопсии. Золотым стандартом высокоточной диагностики в настоящее время считается фузионная техника биопсии (Fusion biopsy), при которой используется наложение данных МРТ и УЗИ. Известно также оборудование, точное позиционирование в котором для проведения процедур происходит под контролем КТ(ПЭТ/КТ).

Во всех этих случаях в силу опасности облучения при процедурах МРТ и КТ визуализация патологического процесса и медицинские манипуляции разделены во времени и выполняются при различном положении пациента на столе, что обуславливает возможность дополнительной погрешности. Кроме того, российского оборудования столь высокого класса на рынке не представлено, а импортные аппараты доступны лишь в нескольких самых крупных клиниках России, при этом их стоимость соответствует премиум-сегменту – в среднем от \$200 тыс.

Разрабатываемый комплекс обладает следующими преимуществами перед конкурентами:

- Точность позиционирования иглы/зонда составляет не более 1 мм;
- Для построения точной пространственной модели участка ткани с патологическим процессом используются данные УЗ-исследования, которое является наиболее безопасным, доступным и дешевым из всех методов визуализации, не имеет специальных ограничений;
- Разрабатываемая система "привязана" к пациенту по времени и его положению, УЗИ-диагностика и медицинские манипуляции происходят последовательно при неизменном положении пациента на столе – этим повышается точность навигации, смещения органов и тканей не происходит;
- Комплекс предполагает возможность подсоединения управляющего узла системы 3D- навигации к различным моделям УЗ-аппаратов, что делает предлагаемую технологию более универсальной, и позволяет клиникам эффективнее использовать уже имеющееся УЗ-оборудование;
- Предполагаемая стоимость системы навигации на порядок меньше стоимости импортного оборудования для малоинвазивных процедур.

Заключение. Необходимость реализации комплекса обусловлена недостаточной чувствительностью и эффективностью применяемых в настоящее время методов введения игл и препаратов в мягкие ткани из-за некорректного анализа КТ и УЗ-изображений, что приводит, с одной стороны, к появлению значительного количества ложноотрицательных результатов диагностики, и необходимости ее повторения, с другой стороны – низкой эффективностью проводимых терапевтических процедур. Появившаяся и утвердившаяся в качестве "золотого стандарта" высокоточная методика фузионной биопсии и терапии (сочетание УЗИ и МРТ) является весьма дорогостоящей процедурой, что существенно ограничивает ее применение.

Комплекс нацелен на создание производства систем 3D навигации для механической и роботизированной биопсии, направленной лекарственной терапии и других медицинских манипуляций, а также разработку и внедрение в клиническую практику доступной и эффективной методики осуществления точных медицинских манипуляций на основе цифрового анализа УЗ-изображений, дополненного привязкой к анатомическим структурам.

Список литературы

1. Шибайкин С.Д. Проблемы построения оптического потока динамических изображений. / Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надежности, устойчивости и эффективности систем. Материалы III международной научно-практической конференции, посвящённой 110-летию со дня рождения академика Н.А. Пилюгина. 2019. С. 81-88.
2. Микаева С.А., Ивлиев С.Н., Шибайкин С.Д. Контроль качества пресс - формы отражателя по цифровой модели кривой светораспределения. // Контроль. Диагностика. 2010. № 9. С. 29 - 33.
3. Пантелеев А.В., Шибайкин С.Д., Никаноркина О.В., Пауткина О.И. Разработка программного приложения для систем внутреннего позиционирования // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №11(101). С. 91-92.

05.13.11

**С.Д. Шибайкин канд. техн. наук, А.И. Егунова канд. ист. наук,
А.А. Аббакумов канд. техн. наук**

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
Институт электроники и светотехники,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Саранск, shibaikinsd@mail.ru, abbakumov_aa@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА И МЕТОДА БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В работе рассматривается сравнение результатов автоматической классификации текстовой и нормативно-справочной информации с помощью градиентного бустинга, нейронной сети и метода ближайших соседей. Для предварительной векторизации и выделения ключевых слов в информации, записанной на естественном языке, будет использоваться лемматизация и мера TF-IDF.

Ключевые слова: *классификация, ИТ-услуга, НСИ, градиентный бустинг, нейронная сеть, метод ближайших соседей, векторизация, ITIL, ITSM.*

Автоматической классификации текстов в настоящее время уделяется большое внимание, так как объем электронных данных в любой организации значительно увеличивается из года в год. Одними из главных направлений в данной области являются обработка документации и классификация нормативно-справочной информации. Под классификацией НСИ будем понимать классификацию информационных систем и ИТ-услуг, используемых в системах мониторинга и бухгалтерского учета.

Для эффективного управления техническим персоналом с целью устранения возникающих инцидентов или восстановления ИТ-сервисов используется технология ITSM. Технология ITSM основана на практических рекомендациях библиотеки ITIL. Библиотека ITIL определяет инцидент как незапланированное прерывание ИТ-службы или сокращение качества предоставления ИТ-услуги. Под инцидентом может пониматься запрос пользователя, связанный со сбоем или ухудшением качества предоставления ИТ-услуги.

Критически важно подходить к вопросу классификации возникающего инцидента. Под классификацией понимается назначение соответствующей категории инцидента для его дальнейшей маршрутизации. Автоматизация процесса классификации инцидента позволит избежать ошибок, связанных с человеческим фактором, сократить растраты ресурсов (например, если решением является перезагрузка или действия, которые пользователь ИТ-услуги может выполнить сам) и избежать некорректной маршрутизации.

Для автоматизации классификации важно учитывать структуру инцидентов. Каждый инцидент состоит из краткого содержания и полного описания инцидента, причем каждый инцидент можно классифицировать по типу (запросы на обслуживание, запросы на устранение инцидента, консультирование), а также на многоуровневые операционные категоризации, категоризации продукта и категоризации продукта решения. Содержание и полное описание инцидента состоят из неструктурированного текста на естественном языке, и именно они являются ключевыми атрибутами для достижения эффективной классификации.

Обучающая выборка, используемая для тестирования и оценки алгоритмов классификации, содержит информацию о 20000 реальных инцидентах, полностью или частично классифицированных. Перед составлением обучающей выборки необходимо извлечь ключевые слова и подготовить мешок слов с использованием меры TF-IDF, которая нормализует частоты слов между описаниями инцидентов и хорошо подходит для общего назначения. Пример описания инцидента выглядит следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Пример описания и классификации инцидента

Краткое описание инцидента	Необходимо разблокировать в АС ВХД тонкий клиент
Полное описание инцидента	Необходимо разблокировать в АС ВХД 8 тонкий клиент Наименование АС: АС ВХД8 Роль пользователя: Пользователь Наименование учетной записи: USERX
Тип инцидента	Устранение неисправности
Операционная категоризация (уровень 1)	Администрирование
Операционная категоризация (уровень 2)	Разблокировка учетной записи
Операционная категоризация (уровень 3)	
Классификация ИТ-услуги (уровень 1)	Информационные системы
Классификация ИТ-услуги (уровень 2)	Административная и внутрихозяйственная деятельность
Классификация ИТ-услуги (уровень 3)	АС ВХД (1С)
Классификация решения (уровень 1)	Информационные системы
Классификация решения (уровень 2)	Административная и внутрихозяйственная деятельность
Классификация решения (уровень 3)	АС ВХД (1С)

Операционная категоризация включает 3 уровня:

- 1 уровень, состоящий из 12 элементов (администрирование, настройка, поддержка, установка/удаление ПО, прочие услуги, устранение неисправности и т.д.);
- 2 уровень, состоящий из 30 элементов (выдача оборудования, перемещение оборудования, техническое обслуживание, создание учетной записи, удаление учетной записи, ремонт ТС и т.д.);
- 3 уровень, состоящий из 10 элементов, причем в некоторых случаях элементы 3-го уровня могут отсутствовать.

Классификация ИТ-услуги первого уровня включает себя 12 элементов (информационные системы, офисное оборудование, системы безопасности, телекоммуникационные системы, транспортные системы и т.д.), второй уровень включает 48 элементов, третий уровень включает 60 элементов, которые также могут отсутствовать. Как правило, внутри организаций, использующих библиотеку ITIL, существует каталог ИТ-сервисов, в котором указано наименование ИТ-услуги и график ее предоставления.

В отличие от нормативно-справочной информации, относящейся к структурированным данным, описание инцидента является частично структурированными данными. Как уже было отмечено, в работе будет использоваться мера TF-IDF для подготовки исходных строк в вектор чисел фиксированной длины. Модель TF-IDF использует информацию о частоте появления слов и отбрасывает всю информацию о порядке слов. Каждому слову, которое не входит в СТОП-лист, будет присваиваться уникальный номер, следовательно, любая строка будет закодирована в вектор фиксированной длины. В СТОП-лист будут занесены слова предлоги, цифры, местоимения, междометия, частицы, имена числительные и т.д. Перед расчетом меры TF-IDF выполняется лемматизация текста для уменьшения количества ключевых слов и приведения их к словарной форме, т.к. ключевое слово «принтер» может быть представлено в виде «принтер», «принтера», «принтере», «принтером», «принтеров», «принтеру». Ключевыми словами являются существительные длиной более 2-х символов, не являющиеся именами собственными (имя, фамилия, отчество, названия городов).

$$idf(text,D) = \log\left(\frac{D}{n}\right)$$

$$tf(text,D_i) = \frac{n}{D_i}$$

$$tfidf() = tf(text,D_i) * idf(text,D),$$

где D – список описаний инцидентов или НСИ; D_i – описание i -го инцидента или НСИ; n – число вхождений ключевого слова.

Таблица 2 – Пример вычисления IDF для ключевых слов для 974 описаний

Ключевое слово	IDF	Число вхождений
Аппарат	3,62	26
ЛВС	3,26	37
Бумага	4,57	10
ВХД	2,63	6
ВКС	4,31	13
Документ	3,38	33
Доступ	2,14	114
Наименование	1,28	269
Принтер	2,81	58
Сеть	2,81	58
ПЭВМ	1,58	199
Установка	2,76	61
Упаковка	5,78	3
Ящик	5,08	6

После анализа исходной информации, содержащей около 1000 записей, было определено, что вектор чисел должен иметь длину 300. Это обусловлено количеством ИТ-сервисов (120 единиц) и 180 дополнительных важных ключевых слов (сегмент, техническое, сопровождение, консультация, вебинар и т.д.). Кроме того, из обучающей выборки были исключены описания инцидентов, которые в принципе невозможно классифицировать, так как они не содержат ключевой информации, например «Выполнить заявку №ВН1234-12-1/1234».

После определения размера вектора для обучающей выборки можно приступить к выполнению процесса обучения нейронной сети, градиентного бустинга и метода ближайших соседей. Каждое ключевое слово имеет свой уникальный идентификатор (номер признака) и обозначается как 0 (в случае отсутствия) или 1 (в случае присутствия). В качестве обучающей выборки используются описания инцидентов, которые выбраны случайным образом и не повторяются для уменьшения весовых значений ключевых признаков. Далее, для классификации ИТ-услуг, выполняется процесс обучения для 1 уровня ($NN = 12$), 2 уровня ($NN = 48$), 3 уровня ($NN = 60$). Именно классификация 1 уровня определяет весь последующий жизненный цикл инцидента и контрольные сроки его исполнения.

В работах [1-2] достаточно хорошо описаны алгоритмы классификации (*SVM*, *Hierarchical Classification*, *Perceptron*), применяемые в модели ИТЛ, которые показывают достаточно хорошую точность предсказания. В работе [3] было предложено использовать системы, способные агрегировать различные анализаторы, так как они показывают лучшие результаты, чем системы, созданные на базе классических методов машинного обучения. В качестве универсального метода, не требующего обучения, будет использован метод ближайших соседей KNN. Его применение бывает оправданным в случаях, когда обучение выполняется достаточно долго. Для этого достаточно воспользоваться описаниями последних NN-записей, которые корректно классифицированы, и выполнить их перебор. Дополнительно будем использовать нейронную сеть и градиентный бустинг (XGBoost), параметры обучения которых описаны в таблице 3. Результаты сравнения представлены на рисунке 1.

Таблица 3 – Параметры моделей машинного обучения

Нейронная сеть	Градиентный бустинг	Метод ближайших соседей
4 слоя: – 300 нейронов во входном слое; – 30 нейронов во втором скрытом слое; – 30 нейронов в третьем скрытом слое; – NN нейронов в выходном слое; Активационная функция SIGMOID_SYM; Количество эпох 250; Метод: Обратное распространение ошибки;	max_depth = 10; silent = 1; eta = 0.9; num_class = NN objective = MULTI:SOFTMAX; verbose = 0; num_parallel_tree = 1; subsample = 0.5; round = 120.	Tun: BRUTEFORCE; K = 11.

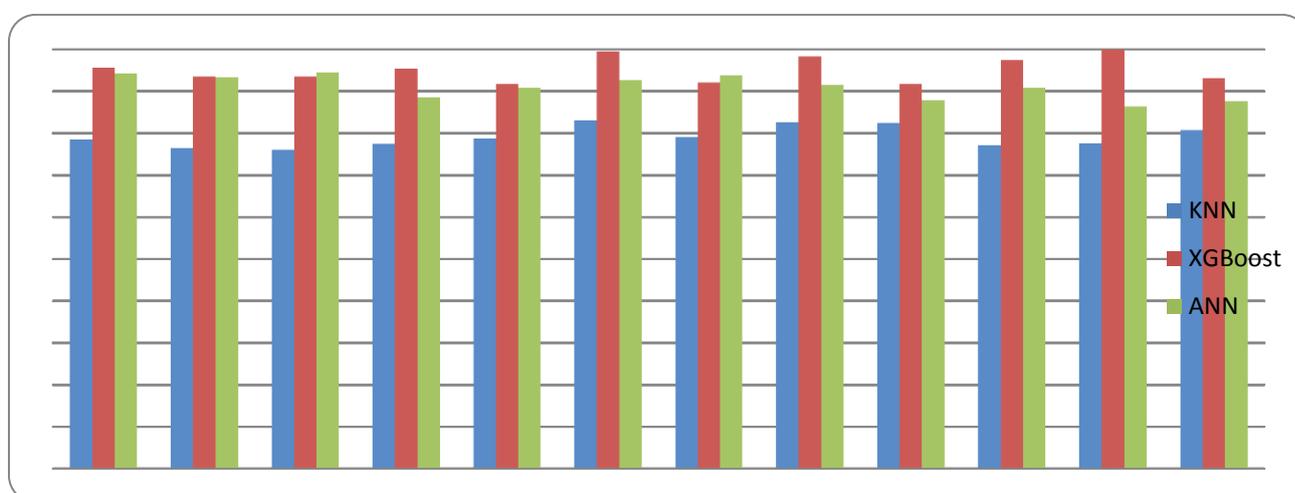


Рис. 1 – Сравнение результатов классификации для различных моделей машинного обучения

Метод ближайших соседей (KNN) показал самые плохие результаты классификации, но не следует забывать, что он не требует предварительного обучения. Неплохие результаты показал градиентный бустинг, который положительно классифицировал 91-99 % инцидентов. Наилучший результат был определен для информационных систем, худший - для систем совместной работы и транспортных систем. По сравнению с градиентным бустингом нейронная сеть показала результат немного хуже: модель положительно классифицировала 86-94 % инцидентов, причем, в некоторых случаях, она более точно определяла классификацию ИТ-услуги 1 уровня. Поэтому необходимо дальнейшее изучение влияния параметров нейронных сетей на качество классификации любых видов текстовой информации. Немаловажным в данном случае является размер обучающей выборки и его влияние на качество классификации.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости более детального рассмотрения применения нейронных сетей для классификации нормативно-справочной информации (НСИ) в направлении варьирования параметров внутренних слоев для улучшения предиктивности. Однако, для более четкого распознавания, необходима предварительная обработка входной информации с использованием отношений, характеризующих отдельные объекты и понятия нормативно-справочной информации с использованием онтологии для упрощения компьютерной обработки.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва" при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации проекта «Разработка программно-технологической платформы на основе автоматизированных алгоритмов машинного обучения онтологической классификации нормативно-справочной информации (в том числе градиентного бустинга, нейронных сетей) с применением облачных технологий» (Соглашение №№ 074-11-2018-027 от 11.07.2018.) в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года №218 "О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства".

Список литературы

1. Less is more in incident categorization Sara Silva, Ricardo Ribeiro, Rúben Pereira / OpenAccess Series in Informatics Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, Dagstuhl Publishing, Germany. 7th Symposium on Languages, Applications and Technologies (SLATE 2018). Article No. 17; pp. 17:1–17:7. DOI: 10.4230/OASICS.SLATE.2018.17
2. Yang Song, A. Sailer and H. Shaikh, "Problem classification method to enhance the ITIL incident and problem," 2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, Long Island, NY, 2009, pp. 295-298. DOI: 10.1109/INM.2009.5188825
3. Сидоров Д.П. Применение методов машинного обучения для анализа текстов при формировании нормативно-справочной информации / Д.П. Сидоров, С.Д. Шибайкин, А.А. Аббакумов. Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – №11. – С. 96-101.

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

05.13.18

¹И.А. Акимов д-р техн. наук, ²А.И. Акимов канд. техн. наук, ¹А.А. Мукашев¹Оренбургский государственный педагогический университет,
кафедра математики и методики преподавания математики,²Филиал Российского Государственного университета нефти и газа
имени И.М. Губкина (НГУ) в г. Оренбурге,
отделение ЭГ и ЕНД,

Оренбург, akimov_ia@mail.ru, arthur.mukasev@gmail.com, akimoff11@mail.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С НЕОДНОРОДНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

В работе рассмотрены решения нелинейных задач стационарной теплопроводности в декартовой и цилиндрической системах координат методом конечного интегрального преобразования.

Ключевые слова: стационарная и нестационарная теплопроводность тел канонической формы, ограниченные и неограниченные тела, однородные и неоднородные граничные условия.

Пространственные температурные поля в производстве многих промышленных изделий под воздействием температуры часто приходится моделировать уравнениями теплопроводности в различных системах координат.

В общем случае, пространственное нестационарное температурное поле может быть описано дифференциальным уравнением Фурье-Кирхгофа. Обычно при моделировании процесса не учитывают переноса тепла диффузионной теплопроводностью ввиду его малости по сравнению с другими составляющими.

Как известно, уравнение Фурье-Кирхгофа имеет вид:

$$c_p \rho \frac{du}{d\tau} = \operatorname{div}(\lambda \nabla u) + Q_V + \frac{dp}{d\tau} + r\Phi_V + S_V, \quad (1)$$

где $U = U(x, y, z, \tau)$ — определяемая температура, как функция от пространственных координат x, y, z и времени τ ; $\frac{du}{d\tau}$ — полная производная температуры в декартовых, цилиндрических и сферических системах координат соответственно

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{\partial u}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial u}{\partial x} + V_y \frac{\partial u}{\partial y} + V_z \frac{\partial u}{\partial z}, \quad (2)$$

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{\partial u}{\partial \tau} + V_r \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + V_z \frac{\partial u}{\partial z}, \quad (3)$$

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{\partial u}{\partial \tau} + V_r \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{V_\psi}{r \sin \varphi} \frac{\partial u}{\partial \psi}, \quad (4)$$

Перенос тепла теплопроводностью в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат имеет вид соответственно

$$\operatorname{div}(\lambda \nabla u) = \frac{\partial \lambda}{\partial x} * \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \lambda}{\partial y} * \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \lambda}{\partial z} * \frac{\partial u}{\partial z} + \lambda \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \quad (5)$$

$$\operatorname{div}(\lambda \nabla u) = \frac{\partial \lambda}{\partial r} * \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \lambda}{\partial \varphi} * \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial \lambda}{\partial z} * \frac{\partial u}{\partial z} + \lambda \left[\frac{1}{r} * \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right], \quad (6)$$

$$\operatorname{div}(\lambda \nabla u) = \frac{\partial \lambda}{\partial r} * \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \lambda}{\partial \varphi} * \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{1}{r^2 \sin^2 \varphi} \frac{\partial \lambda}{\partial \psi} * \frac{\partial u}{\partial \psi} + \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\sin \varphi \frac{\partial u}{\partial \varphi} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \varphi} \frac{\partial^2 u}{\partial \psi^2} \right], \quad (7)$$

Где C_p — удельная теплоемкость; ρ — плотность; τ — время; $\lambda(r)$ — коэффициент теплопроводности; Q_V — суммарная удельная мощность объемных источников тепла; $\frac{dp}{d\tau}$ — работа сил давления; η — коэффициент вязкости; Φ_V — диссипативная функция Фелея; S_V — суммарная удельная работа внешних сил в процессе диффузионного процесса, V_x, V_y, V_z — проекции скорости на оси координат.

Исходя из уравнения Фурье-Кирхгофа можно решать различные типы частных задач.

Рассмотрим аналитические решения нелинейных задач стационарной теплопроводности в прямоугольно-декартовой и цилиндрической системах координат.

В декартовой системе координат для неограниченной пластины температурное поле моделируется следующей задачей теплопроводности:

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda(x) * \frac{du(x)}{dx} \right] = 0, 0 \leq x \leq l; \quad (8)$$

С неоднородными граничными условиями

$$\lambda(0) = \frac{du(0)}{dx} - \alpha_1 [u(0) - u_1] = 0; \quad (9)$$

$$\lambda(l) = \frac{du(l)}{dx} + \alpha_2 [u(l) - u_2] = 0. \quad (10)$$

Здесь $U(x)$ — температурное поле пластины; x — пространственная координата; l — толщина пластины; $\lambda(x)$ — коэффициент теплопроводности пластины как функция координаты; α_1, α_2 — коэффициенты конвективной теплоотдачи; U_1, U_2 — температура окружающей среды вне поверхностей пластины.

В частности, такие задачи приходится решать при остывании на третьем этапе производства многослойных композиционных конструкций, изготавливаемых методом полимеризации в автоклавах. Каждый слой остываемого многослойного изделия имеет свой коэффициент теплопроводности $\lambda(r)$.

Решение задачи (8) – (10) осуществляется методом интегрирования (8):

$$\lambda(x) * \frac{du(x)}{dx} = c, \quad (11)$$

$$\text{или} \quad U(x) = U(0) + C \int_0^x \frac{dx}{\lambda(x)}. \quad (12)$$

Используя граничные условия (9) – (10), находим значения $U(0)$ и C .

Окончательное решение имеет вид

$$U(x) = U_1 + \frac{U_2 - U_1}{\frac{1}{\alpha_1} + \int_0^l \frac{dx}{\lambda(x)} + \frac{1}{\alpha_2}} * \left(\frac{1}{\alpha_1} + \int_0^x \frac{dx}{\lambda(x)} \right), \quad (13)$$

Где $U(x)$ — искомое распределение температуры по толщине пластины (или композита).

Аналогично моделируется поле температур в полой неограниченной цилиндрической системе координат при остывании многослойных композитов в прессформах, изготавливаемых методом полимеризации [1].

Рассмотрим нелинейную задачу стационарной теплопроводности

$$\frac{d}{dr} \left[\lambda(r)r * \frac{dU(r)}{dr} \right] = 0, R_1 \leq r \leq R_2; \tag{14}$$

с неоднородными граничными условиями

$$\lambda(R_1) \frac{dU(R_1)}{dr} - \alpha_1 [U(R_1) - U_1] = 0; \tag{15}$$

$$\lambda(R_2) \frac{dU(R_2)}{dr} + \alpha_2 [U(R_2) - U_2] = 0. \tag{16}$$

См. рис. 1.

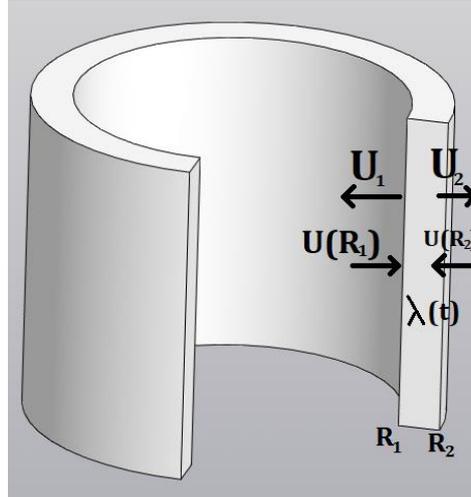


Рис. 1

Здесь $U(r)$ — температура цилиндрического слоя; r — пространственная координата; R_1, R_2 — соответственно внутренний и наружный радиусы полого цилиндра; $\lambda(r)$ — коэффициент теплопроводности цилиндра как функция координаты; α_1, α_2 — коэффициенты конвективной теплоотдачи; U_1, U_2 — температуры окружающей среды вне внешней и внутренней поверхности цилиндра.

Решение нелинейной задачи стационарной теплопроводности осуществляется методом интегрирования

$$\int_{R_1}^r \frac{d}{dr} \left[\lambda(r)r * \frac{dU(r)}{dr} \right] dr = C \tag{17}$$

или
$$U(r) = U(R_1) + C \int_{R_1}^r \frac{dr}{r\lambda(r)}. \tag{18}$$

Используя граничные условия (15) – (16) найдены значения $U(R_1)$ и C .

В результате получено искомое решение в виде

$$U(r) = U_1 + \frac{U_2 - U_1}{\frac{1}{\alpha_1 R_1} + \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r\lambda(r)} + \frac{1}{\alpha_2 R_2}} * \left[\frac{1}{\alpha_1 R_1} + \int_{R_1}^r \frac{dr}{r\lambda(r)} \right]. \tag{19}$$

Методы получения аналитического решения нелинейной задачи стационарной теплопроводности будут использованы для аналитического решения соответствующих нелинейных задач нестационарной теплопроводности

Список литературы

1. Акимов А.И. Задача об охлаждении полого многослойного цилиндрического тела из композиционных материалов от температуры полимеризации до температуры среды // Научно - технический вестник Поволжья, №5, 2015. – с. (108-111).

05.13.18

¹А.И. Акимов канд. техн. наук, ²И.А. Акимов д-р техн. наук, ²А.А. Мукашев¹Филиал Российского Государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина (НГУ) в г. Оренбурге, отделение ЭГ и ЕНД,²Оренбургский государственный педагогический университет, кафедра математики и методики преподавания математики, Оренбург, akimoff11@mail.ru, akimov_ia@mail.ru, arthur.mukasev@gmail.com**АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

В работе представлены методы решения нелинейных задач нестационарной теплопроводности с однородными граничными условиями методом конечного интегрального преобразования.

Ключевые слова: *нестационарная задача, нелинейная задача, однородные граничные условия, конечное интегральное преобразование.*

В производстве композитов методом полимеризации, для определенных температурных полей оказалось удобным представление одной нелинейной задачи нестационарной теплопроводности с нелинейными граничными условиями в виде суммы двух нелинейных задач стационарной и нестационарной теплопроводности соответственно с неоднородными и однородными граничными условиями в силу того, что общее решение исходной задачи сводится к быстросходящимся рядам. В данной работе рассматривается решение нелинейной задачи нестационарной теплопроводности с однородными граничными условиями методом конечного интегрального преобразования.

При таких предположениях постановка задачи следующая. Решить уравнение

$$c\rho \frac{\partial U(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x) \frac{\partial U(x, \tau)}{\partial x} \right], 0 \leq x \leq R, \tau > 0; \quad (1)$$

с начальным условием

$$U(x, 0) = f(x) \quad (2)$$

и однородными граничными условиями

$$\lambda(0) \frac{\partial U(0, \tau)}{\partial x} - \alpha_1 U(0, \tau) = 0; \quad (3)$$

$$\lambda(R) \frac{\partial U(R, \tau)}{\partial x} - \alpha_2 U(R, \tau) = 0. \quad (4)$$

Для решения поставленной задачи использовано конечное интегральное преобразование вида

$$\overline{U(\mu_n, \tau)} = \int_0^R U(x, \tau) W(x, \mu_n) dx, \quad (5)$$

где $\overline{U(\mu_n, \tau)}$ — изображение оригинала $U(x, \tau)$,

$W(x, \mu_n)$ — ядро интегрального преобразования,

весовая функция $\rho = 1$ для декартовой системы координат,

λ — коэффициент теплопроводности материала,

c, ρ — теплоемкость и плотность соответственно,

α_1, α_2 — коэффициенты конвективной теплоотдачи,

τ — время,

$U(x, \tau)$ — температура.

Обратный переход осуществляется по формуле

$$U(x, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\overline{U(\mu_n, \tau)} * W(x, \mu_n)}{M_n}, \tag{6}$$

где
$$M_n = \int_0^R W^2(x, \mu) dx. \tag{7}$$

Ядро интегрального преобразования $W(x, \mu_n)$ является решением (здесь μ — параметр) следующей задачи

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda(x) \frac{dW(x, \mu)}{dx} \right] + \mu^2 W(x, \mu) = 0, \quad 0 \leq x \leq R; \tag{8}$$

С граничными условиями

$$\lambda(0) = \frac{dW(0, \mu)}{dx} - \alpha_1 W(0, \mu) = 0; \tag{9}$$

$$\lambda(R) = \frac{dW(R, \mu)}{dx} + \alpha_2 W(R, \mu) = 0. \tag{10}$$

Предполагая, что коэффициент теплопроводности изменяется по закону $\lambda(x) = kx + b$, получим ядро интегрального преобразования в виде

$$W(x, \mu) = I_0 \left(2 * \frac{\mu}{k} \sqrt{kx + b} \right) + C Y_0 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kx + b} \right); \tag{11}$$

$$\frac{dW(x, \mu)}{dx} = - \frac{\mu}{\sqrt{kx + b}} \left[I_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kx + b} \right) + C Y_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kx + b} \right) \right]. \tag{12}$$

где C и μ определяются из граничных условий (9) – (10):

$$C = \frac{\alpha_1 I_0 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{b} \right) - \frac{\mu}{\sqrt{b}} I_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{b} \right)}{\alpha_2 Y_0 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{b} \right) + \frac{\mu}{\sqrt{b}} Y_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{b} \right)}, \tag{13}$$

μ_n — последовательные положительные корни уравнения

$$\alpha_2 \left[I_0 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kR + b} \right) + C Y_0 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kR + b} \right) \right] - \mu \sqrt{kR + b} \left[I_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kR + b} \right) + C Y_1 \left(2 \frac{\mu}{k} \sqrt{kR + b} \right) \right] = 0 \tag{14}$$

Применяя преобразование (5) к задаче (1) – (4), переходим к изображениям

$$c\rho * \frac{d\overline{U(\mu_n, \tau)}}{d\tau} + \mu_n^2 \overline{U(\mu_n, \tau)} = 0; \tag{15}$$

$$\overline{U(\mu_n, 0)} = \int_0^R f(x) W(x, \mu_n) dx. \tag{16}$$

Решением задачи (15) – (16) является функция

$$\overline{U(\mu_n, \tau)} = \overline{U(\mu_n, 0)} * e^{-\frac{\mu_n^2}{c\rho} \tau}, \tag{17}$$

изображение которой находят по таблице.

Часто приходится решать такую задачу при более сложных условиях, в частности, когда теплопроводность среды, в которой протекает тепловой процесс, может быть представлена как функция температуры.

При таких предположениях постановка задачи имеет более сложный вид

$$c\rho \frac{\partial U(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(U(x, \tau)) \frac{\partial U(x, \tau)}{\partial x} \right]; \quad 0 \leq x \leq R; \quad \tau > 0, \tag{18}$$

с начальным условием

$$U(x, 0) = f(x); \tag{19}$$

и однородными граничными условиями

$$\lambda(U(0, \tau)) \frac{\partial U(0, \tau)}{\partial x} - \alpha_0 U(0, \tau) = 0; \quad (20)$$

$$\lambda(U(R, \tau)) \frac{\partial U(R, \tau)}{\partial x} + \alpha_R U(R, \tau) = 0, \quad (21)$$

где x — пространственная координата,

τ — время,

$U(x, \tau)$ — температурное поле,

$\lambda(U(x, \tau))$ — коэффициент теплопроводности, являющийся функцией температуры,

c, ρ — соответственно теплоемкость и плотность вещества,

α_0, α_R — коэффициенты конвективной теплоотдачи от внешних поверхностей изделия в окружающую среду,

R — координата границы области.

Для решения задачи (18) – (21) применено конечное интегральное преобразование вида

$$\overline{U(\mu_n, \tau)} = \int_0^R U(x, \tau) W(x, \mu_n) dx, \quad (22)$$

где $W(x, \mu)$ — ядро интегрального преобразования,

$\rho = 1$ — весовая функция для декартовой системы координат,

$U(x, \tau)$ — функция температуры (оригинал).

Обратное преобразование имеет вид

$$U(x, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\overline{U(\mu_n, \tau)} W(x, \mu_n)}{M_n}, \quad (23)$$

где компоненты описаны выше.

Ядро интегрального преобразования $W(x, \mu_n)$ является решением задачи, определяемым с точностью до постоянного множителя (здесь μ_n — параметры):

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda(W(x)) \frac{dW(x)}{dx} \right] + \mu^2 W(x) = 0, \quad 0 \leq x \leq R; \quad (24)$$

С однородными граничными условиями

$$\lambda(W(0)) \frac{dW(0)}{dx} - \alpha_0 W(0) = 0; \quad (25)$$

$$\lambda(W(R)) \frac{dW(R)}{dx} + \alpha_R W(R) = 0. \quad (26)$$

Уравнение (24) можно рассматривать как обыкновенное дифференцированное уравнение вида

$$[\lambda(W) * W']' + \mu^2 W = 0, \quad (27)$$

или

$$\lambda(W) * W'' + \lambda'(W)(W')^2 + \mu^2 W = 0. \quad (28)$$

Введя замену

$$S(W) = [W'(x)]^2, \quad (29)$$

Получим из (28)

$$S' + A(W)S + B(W) = 0, \quad (30)$$

где

$$A(W) = 2 \frac{\lambda'(W)}{\lambda(W)}; B(W) = 2 \frac{\mu^2 W}{\lambda(W)}. \quad (31)$$

Решение уравнения (30) имеет вид

$$S(W) = \exp(-D) \left[\eta - \int_{\xi}^W B(W) e^D dW \right], \quad (32)$$

где

$$D(W) = \int_{\xi}^W A(W) dW, S(\xi) = \eta. \quad (33)$$

$$M_n = \int_0^R W^2(x, \mu_n) dx. \quad (34)$$

Тогда исходная задача в изображениях имеет вид

$$c\rho \frac{\partial \overline{U(\mu, \tau)}}{\partial \tau} + \mu^2 \overline{U(\mu, \tau)} = 0, \quad (35)$$

$$\overline{U(\mu_n, 0)} = \int_0^R f(x) \overline{W(x, \mu_n)} dx. \quad (36)$$

Для нахождения оригинала применяют таблицу перехода от изображения в оригинал.

Как известно, решение нелинейных задач нестационарной теплопроводности с нелинейными граничными условиями можно решить не представив решение в виду суммы решений нелинейной задачи стационарной теплопроводности с нелинейными граничными условиями и нелинейной задачи нестационарной теплопроводности с однородными граничными условиями. Но решение такой задачи приводит к трудносходящимся рядам, что удлиняет время на исследование сходимости рядов. Быстросходящиеся ряды более рациональны для решения таких задач.

Список литературы

1. *Акимов А.И.* Задача об охлаждении полого многослойного цилиндрического тела из композиционных материалов от температуры полимеризации до температуры среды // Научно - технический вестник Поволжья, №5, 2015. — с. (108-111).

05.13.18

**Р.М. Галиев канд. техн. наук, Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
Д.К. Шакуров канд. техн. наук, С.Р. Ишинбаев**

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАМЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ В СИСТЕМЕ NX UNIGRAPHICS

В статье рассматриваются конструкция и задачи расчета рам грузового автомобиля. Приведены результаты расчета напряженно-деформированного состояния перфорированной рамы грузового автомобиля методом конечных элементов. На основании данных исследований предложено применение усовершенствованной перфорированной рамы в конструкции автомобиля.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, перфорированная рама, метод конечных элементов, кососимметричное нагружение.

Рама грузового автомобиля служит остовом, куда крепятся кабина, грузовая платформа, двигатель, топливный бак, подвеска, агрегаты трансмиссии и системы управления. Она принимает основные нагрузки, и поэтому должна обладать достаточной жесткостью. Закрепленные на ней агрегаты должны оставаться неизменными [1]. Во время эксплуатации автомобиля рама часто деформируется, появляются трещины. Причины дефекта рамы могут быть: конструктивные, производственные и эксплуатационные. Срок службы рамы должен быть не меньше срока службы самого автомобиля. На сегодняшний день широко применяется при проектировании метод конечных элементов [2, 3]. Такой метод расчета дает возможность определить нагруженность деталей в каждой точке и ускоряет процесс проектирования. Масса рамы грузового автомобиля с кронштейнами в сборе составляет до 10-15 % от снаряженной массы самого автомобиля [4,5]. Автомобильям большой грузоподъемности соответствует верхнее значение. Основное требование к раме - жесткость и прочность при минимальной массе. Под термином жесткости понимается способность сохранять свою форму без остаточной деформации и без недопустимых упругих деформаций при воздействии тех же нагрузок. А под прочностью – способность рамы воспринимать эксплуатационные нагрузки без поломок в целом или ее элементов. По мнению авторов, применение перфорированной рамы отвечает указанным требованиям на грузовых автомобилях по сравнению без перфорации и повышает конкурентоспособность автомобиля. На грузовых автомобилях в основном применяется рама лестничного типа, которая состоит из параллельно расположенных штампованных лонжеронов и соединяющих их поперечин. Задачи расчета заключаются в следующем: симметричное и кососимметричное нагружения.

Симметричное нагружение - это определение напряжений, при движении грузового автомобиля с полной массой по ровной с небольшими неровностями дороги с высокой скоростью, которые будут возникать в конструкции рамы. Кососимметричное нагружение - это вычисление напряжений, которые будут возникать в конструкции рамы (кручение рамы) при движении на небольшой скорости автомобиля с полной массой, когда одно колесо перекачивается через неровности дороги до 30 см. Исследования в области надежности показали, что из-за кососимметричной нагрузки возникают большие напряжения и происходит поломки рамы грузового автомобиля.

Целью исследования является определение расчетным путем жесткости и прочности перфорированной рамы грузового автомобиля, выполненное в CAD/CAM/CAE системе NX Unigraphics.

Для рам грузовых автомобилей применяют малоуглеродистые, среднеуглеродистые и низколегированные стали. Можно, при необходимости, с термообработкой, что повышает жесткость и прочность конструкции рамы [6]. Для выполнения расчетов использована объемная твердотельная модель рамы грузового автомобиля, выполненная в CAD/CAM/CAE системе NX Unigraphics.

Для расчета крутильной жесткости несущую систему подвергаем статическому кососимметричному нагружению.

Удельная угловая жесткость рамы рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{M_{кр}}{f_{\phi}}$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, передаваемый через переднюю нагрузочную балку; f_{ϕ} – угол закручивания рамы на базе автомобиля (взаимный поворот сечений лонжеронов рамы в области передней и задней оси).

Для расчета напряженно-деформированного состояния перфорированной рамы грузового автомобиля методом конечных элементов создается модель и подвергается статическому кососимметричному нагружению, как показана на рисунке 1.

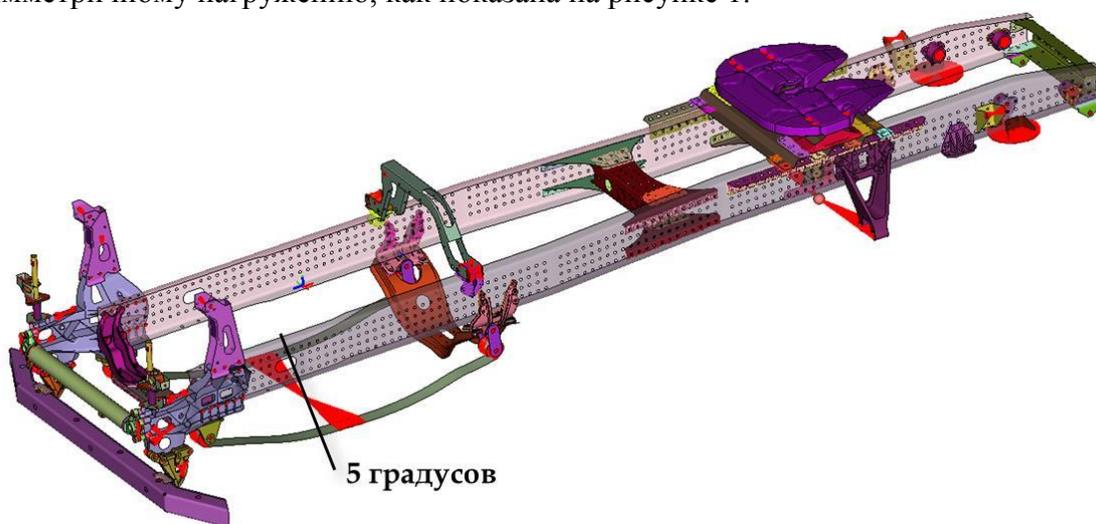


Рис. 1 – Перфорированная рама грузового автомобиля

Рама жестко зафиксирована в точках крепления рычагов задней подвески. Места крепления передних рессор закручены на 5° , именно на такой максимальный угол возникает при кручении рамы с полной массой автомобиля во время кососимметричного нагружения.

Напряженно-деформированное состояние перфорированной рамы грузового автомобиля при кручении на 5° показано на рисунке 2.

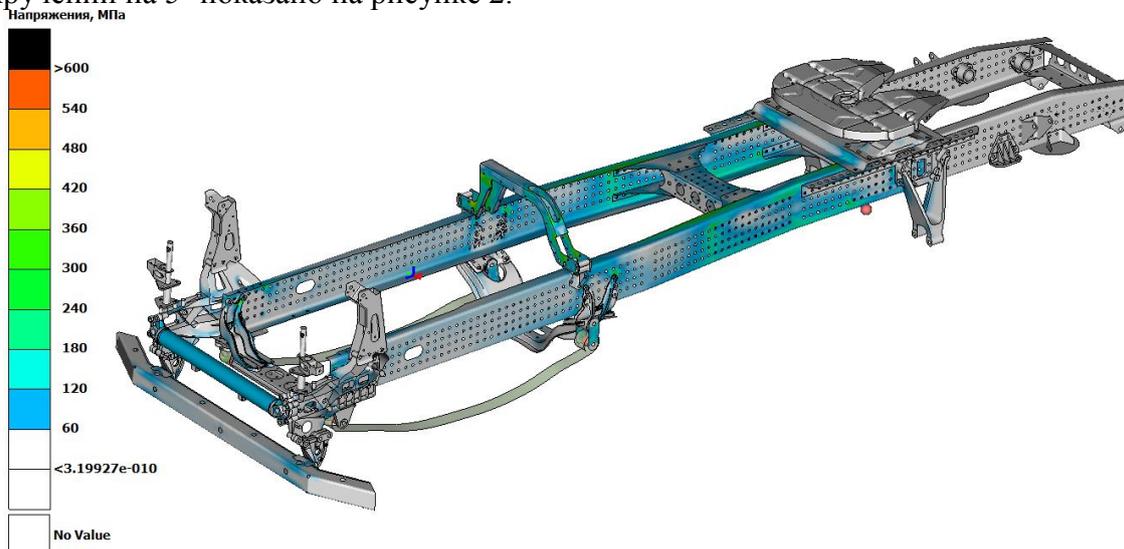


Рис. 2 – Напряженно - деформированное состояние перфорированной рамы

Результаты расчета существующей и перфорированной рамы при модернизации автомобиля, выполненные в CAD/CAM/CAE системе NX Unigraphics, сведены в таблицу.

При правильной постановке задачи, моделирование рамы грузового автомобиля в системе NX Unigraphics, дает возможность более достоверно получить информацию о нагруженности деталей в каждой точке, и расчетным путем определить её прочность.

Расчеты показали, что в наиболее загруженных частях конструкции рамы максимальное напряжение 365 МПа. Как видно по результатам расчета, у перфорированной рамы жесткость рамы выше, а масса ниже. В то же время упрощается процесс крепления навесных элементов к конструкции рамы. Для увеличения жесткости рекомендуется добавить перфорированный кронштейн возле внутренних поперечин.

Таблица – Результаты расчета

№ п/п	Наименование	Жесткость рамы Н·м/градус	Масса силового агрегата, кг	Масса кабины, кг	Высота центра масс кабины, мм	Масса рамы, кг
2	Рама грузового автомобиля	2072,3	1300	1480	1350	776
3	Усовершенствованная перфорированная рама грузового автомобиля	2274,8	1600	1700	1540	714

Для верификации расчетной модели и полученных результатов необходимо провести стендовые и дорожные испытания.

Данная методика, по мнению авторов, позволяет повысить экономическую эффективность усовершенствования конструкции за счёт снижения объемов экспериментальной доводки и получения наиболее рациональных вариантов конструкции.

Список литературы

1. *Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.* Конструирование и расчет автомобиля: учебник для студентов вузов – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
2. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник/ Мяченков В. И., Мальцев В. П., Майборода В. П. и др.; Под общ. ред. В. И Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с.
3. *Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В.* Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. - 504 с.
4. *Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Щукин М.М.* Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля: учебное пособие для вузов – Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1973.- 504 с.
5. *Петров Ф.С.* Обзор конструкций рам грузовых автомобилей / Ф.С.Петров, А.Н. Заикин // Машиностроение. Новые концепции и технологии: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Красноярск, 2019. - С. 305-307.
6. *Утяшев Ф.З., Рааб Г.И., Шибиков В.Г., Ганиев М.М.* Теория и практика деформационных методов формирования нанокристаллической структуры в металлах и сплавах. – Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2017. - 208 с.

05.13.18

Ф.А. Галимянов

Казанский государственный энергетический университет,
кафедра информатики и информационно управляющих систем,
Казань, fanisgalimyanov@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Проведено сравнительное численное моделирование пяти алгоритмов метода обратного распространения ошибки. Были реализованы математические модели алгоритмов, получены численные результаты. Эффективность алгоритмов сравнивалась на задачах классификации Ириса и получения среднеквадратичной ошибки. Для алгоритмов вычислены параметры: точность, отказ. Сделаны выводы относительно модификаций алгоритмов реализации метода обратного распространения ошибки.

Ключевые слова: обратное распространение ошибки, импульс, усиление, локальные минимумы, функция активации, скорость обучения.

Введение

Обратное распространение ошибки (ОРО) – это метод обучения многослойных искусственных нейронных сетей, использующих процедуру контролируемого обучения. Контролируемые алгоритмы – это алгоритмы обучения, базирующиеся на ошибках, которые используют внешний опорный сигнал и генерируют сигнал ошибки, сравнивая опорный сигнал с полученным выходным сигналом. Среднеквадратичная ошибка вычисляется по формуле:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (y - y')^2 \quad (1)$$

где k - число выходных нейронов, y – целевое значение, y' - фактическое выходное значение.

Основываясь на сигнале ошибки, нейронная сеть изменяет вес своего синаптического соединения, чтобы улучшить производительность системы. Коррекция весов происходит согласно минимизации по направлению антиградиента ошибки:

$$\Delta \omega_{j,i}(n) = -\eta \frac{\partial E_{av}}{\partial \omega_{i,j}} \quad (2)$$

где $\omega_{i,j}$ – вес i -й связи j -го нейрона, η – параметр скорости обучения.

В такой системе всегда предполагается, что желаемый ответ известен заранее. Традиционный алгоритм обучения нейронной сети обратного распространения ошибки широко используется при обучении искусственных нейронных сетей различной архитектуры. Нейронная сеть с применением метода ОРО обучается, вычисляя ошибки выходного слоя, после чего происходит поиск ошибок во внутренних слоях.

Постановка задачи

Основные проблемы, которые возникают при обучении нейронной сети методом ОРО – это паралич сети, локальные минимумы и медленная сходимость. Рассмотрим их подробнее ниже.

Локальные минимумы. Алгоритм всегда изменяет веса таким образом, чтобы значение ошибки снижалось. Для этого решение задачи проводится на основе одного из известных методов первого порядка безусловной минимизации. Но значение ошибки может на некоторое время возрастать, образуя локальные минимумы исследуемой поверхности. В этом случае алгоритм «застрянет» в локальном минимуме (потому что направление антиградиента (2) не позволит методу выйти из локальной впадины поверхности), и дальнейшее уменьшение значения ошибки будет остановлено.

Паралич сети. Паралич сети возникает, когда весовые коэффициенты изменяются на очень большие значения во время обучения, что приводит к очень большим или очень малым их значениям [1]. Большие значения весовых коэффициентов приводят к большому значению аргумента функции активации нейрона, а малые – к малым. При использовании сигмоидальных функций активации нейронов такие значения аргумента функции активации выводят ее значение в область «насыщения», где изменение значения аргумента практически не дает изменения значения функции активации.

Получаем ситуацию, в которой большинство нейронов работают при значениях выходного сигнала в области, где производная от функции активации очень мала. Для исключения проблемы предлагаются способы регуляризации [2], управляющие скоростью изменения весовых коэффициентов. Здесь можно перечислить регуляризацию типов L1, L2 [3], dropout [4], ранний останов [5]. Хороший обзор методов регуляризации, используемых для искусственных нейронных сетей различной архитектуры и назначения, приведен в [6].

Медленная сходимость. Многослойная нейронная сеть требует большого количества итераций во время обучения, при каждой итерации необходимо корректировать значение большого числа весовых коэффициентов, прежде чем сеть сойдется. Для исключения такой проблемы разработаны различные способы ускорения работы алгоритма обучения сети, основанные как на использовании более быстрых методов нелинейного программирования, так и на способах регуляризации, рассмотренных выше.

Функция активации. Выбор функций активации может сильно влиять на сложность и производительность нейронных сетей и, играет важную роль в сходимости алгоритмов обучения [7] - [8]. Рассмотрим самый популярный тип функций активации – сигмоидальный:

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha S)} \quad (3)$$

здесь S - индуцированное локальное поле, α – параметр усиления

Параметр усиления. В методе ОРО наклон функции активации напрямую зависит от параметра α , называемого усилением. Для больших значений усиления функция активации приближается к ступенчатой функции.

Скорость обучения. Скорость обучения η может снижать или увеличивать степень изменения весов. Более высокая скорость обучения может сделать сеть нестабильной. Если скорость обучения низкая, время обучения сети увеличивается.

Импульс. Другой возможный способ улучшить скорость сходимости — это добавить некоторый импульс μ к корректирующему выражению. Это может быть достигнуто путем добавления доли предыдущего изменения веса к текущему изменению веса:

$$\Delta\omega_{pq,k}(n+1) = \eta\delta_{q,k}u_{p,j} + \mu\Delta\omega_{pq,k}(n) \quad (4)$$

где $\delta = y(1-y)(y' - y)$, n – номер итерации, $\Delta\omega_{pq,k}$ - величина веса от нейрона p в скрытом слое к нейрону q в выходном слое на шаге n (до коррекции), отметим, что индекс k относится к слою, в котором заканчивается данный вес.

Результаты

Работоспособность этих улучшенных версий алгоритма ОРО была проверена путем имитационного моделирования. Следующие алгоритмы были проанализированы и смоделированы.

- Обычное обратное распространение ошибки (ОРО)
- Обратное распространение ошибки с адаптивным усилением (ОРО-АУ)
- Обратное распространение ошибки с адаптивным усилением, адаптивным импульсом и адаптивной скоростью обучения (ОРО-АУАИАС)
- Обратное распространение ошибки с адаптивным импульсом (ОРО-АИ)
- Обратное распространение ошибки с импульсом и адаптивной скоростью обучения (ОРО-АИСО)

Таблица 1. Сравнение эффективности для задачи классификации Ириса

	ОР	ОР-АУ	ОР-АУАИАС
Точность	91,9	90,3	93,1
Отказы	2	0	0

Таблица 2. Средняя квадратичная ошибка и время обучения сети для ОР-АИ и Л-М

	ОР	ОР-АУ	ОР-АИ
Точность	94,28	91,05	96,60
Отказы	1	1	0

При обнаружении локального минимума сеть выходит из них, путем использования стохастического возмущения. После преодоления локального минимума, чтобы найти лучшее решение в своем пространстве поиска - сеть снова становится активной. Таким образом, проблема локальных минимумов была решена и скорость сходимости нейронной сети обратного распространения была увеличена.

Выводы

Были проведены модификации алгоритмов обратного распространения ошибки для полносвязных нейронных сетей прямого распространения, что улучшила работу алгоритма обучения нейронной сети методом ОРО.

Список литературы

1. *Boris Hanin*, Which neural net architectures give rise to exploding and vanishing gradients, arXiv preprint arXiv:1801.03744, 2018.
2. *Maximilian Baust, Florian Ludwig, Christian Rupprecht, Matthias Kohl, Stefan Braunewell*, Understanding Regularization to Visualize Convolutional Neural Networks, arXiv preprint. arXiv:1805.00071, 2018.
3. *XU ZongBen, ZHANG Hai, WANG Yao, CHANG XiangYu & LIANG Yong*, $L_{1/2}$ regularization, Science China - Information Sciences, June 2010 Vol. 53 No. 6: 1159–1169
4. *Alex Labach, Hojjat Salehinejad, Shahrokh Valaee*, Survey of Dropout Methods for Deep Neural Networks», Neural and Evolutionary Computing, 25 Oct 2019.
5. *Prechelt L., Montavon G., Orr G.B., Müller KR.*, Early Stopping – But When? Neural Networks: Tricks of the Trade. Lecture Notes in Computer Science, vol 7700. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
6. *Jan Kukacka, Vladimir Golkov, and Daniel Cremers*, Regularization for deep learning: A taxonomy. arXiv preprint. arXiv:1710.10686, 2017
7. *Gwang-Hee, K., Jie.-Eon., Y., Sung-Hoon., A., Hun-Hee, C. & Kyung-In, K.*, Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs, Building and Environment, Vol. 39(11), pp. 1333 – 1340, 2004.
8. *White D., Ligomenides G.*, A genetic algorithm for optimizing topology and weights in neural network design, New Trends in Neural Computation. Springer Berlin / Heidelberg, Vol. 686, pp. 322-327, 1993.

05.13.18

¹Е.О. Каракулина, ²Е.В. Спиридонова канд. физ.-мат. наук¹Оренбургский государственный педагогический университет,
физико-математический факультет,
кафедра математики и методики преподавания математики,
Оренбург, elok2004@yandex.ru,²Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики,
Оренбург

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛООБМЕНА В МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ НА ЭТАПЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗОГРЕВА

В данной работе представлены результаты численного решения задачи теплообмена в многослойной композитной конструкции с сотовым наполнителем на этапе предварительного разогрева изделия при его автоклавном формовании.

Ключевые слова: многослойная композитная конструкция, сотовый наполнитель, метод конечных разностей, метод прогонки, автоклав.

Введение. Одним из способов изготовления композитных конструкций является автоклавное формование. Температурный процесс полимеризации при производстве композитов в автоклавах делят на три этапа: I этап – режим предварительного разогрева; II этап – режим стабилизации температуры; III этап – режим охлаждения.

Первый этап характеризуется повышением температуры изделия от температуры среды до температуры полимеризации.

Особенности теплофизических процессов на каждом из этапов изготовления многослойной конструкции обуславливают необходимость использования различных математических моделей.

Постановка задачи. Рассмотрим девятислойную композитную конструкцию с сотовым наполнителем (рисунок 1). Слой сотового наполнителя расположен между двумя и шестью слоями стеклоткани. Согласно технологии производства такой конструкции режим разогрева длится 1,17 часа.

Для изучения теплообменных процессов при изготовлении данной конструкции методом автоклавного формования, будем полагать, что температура в теле изменяется одинаково по всему объему, а ее распределение в каждом слое изделия изотропно. Учитывая эти допущения проведем анализ теплообмена через плоскую бесконечную пластину, состоящую из нескольких пластин с различными теплофизическими характеристиками.

В начальный момент времени значение температуры по всей толщине образца равно температуре среды, подается температура на границах образца $x=0$ и $x=l$. Таким образом, температура будет изменяться только в направлениях перпендикулярных границе пластины.

В данной работе показаны результаты решения краевой задачи теплообмена первого этапа численным методом. Численный расчет был реализован методом конечных разностей на равномерной сетке. Аналитические решения поставленной задачи были показаны в [1].

Так как рассматриваемое тело представляет собой многослойную конструкцию из восьми слоев композиционного материала и одного сотового, то пространственно-временную прямоугольную область $0 < x < l, 0 < t < T$ представим в виде объединения прямоугольных областей, и на каждый слой наложим конечно-разностную сетку с пространственным шагом

$$h = \frac{l}{N-1} \text{ и шагом по времени } \Delta\tau = \frac{T}{m}.$$



Рис. 1 – Схема расположения слоев изделия

Построим конечно разностный аналог для производных в окрестности i -го внутреннего узла сетки каждой области

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{U_i^{n+1} - U_i^n}{\Delta \tau}, \tag{1}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{U_{i+1}^{n+1} - 2U_i^{n+1} + U_{i-1}^{n+1}}{h^2}. \tag{2}$$

Математическая постановка задачи будет иметь вид

$$\frac{\partial U_k(x, \tau)}{\partial \tau} = a_k \frac{\partial^2 U_k(x, \tau)}{\partial x^2} + W_k(x, \tau), x_{k-1}^* < x < x_k^*, \tau > 0, 1 \leq k \leq 9,$$

с начальными условиями

$$U_j(x, 0) = U_0; \tag{3}$$

граничными условиями

$$U_j(0, \tau) = U_j(l, \tau) = U_0 \tag{4}$$

и условиями сопряжения

$$U_j(x_j^*, \tau) = U_{j+1}(x_j^*, \tau); \lambda_j \frac{\partial U_j(x_j^*, \tau)}{\partial x} = \lambda_{j+1} \frac{\partial U_{j+1}(x_j^*, \tau)}{\partial x} \quad j=1, \dots, k, \tag{5}$$

где $U_k(x, \tau)$ – температура k -го слоя изделия, a_k – температуропроводность k -го слоя, W_k – мощность источников теплоты, τ – время, x – пространственная координата, x_k^* – точки на границах слоев.

После аппроксимации частных производных конечными разностями (1)- (2)

исходные уравнения приняли вид

$$\frac{U_i^{n+1} - U_i^n}{\Delta \tau} = a_i \frac{U_{i+1}^{n+1} - 2U_i^{n+1} + U_{i-1}^{n+1}}{h^2} + W_i, \tag{6}$$

где $i=2, \dots, N_1, N_1+1, \dots, N_2, \dots, N_k, \dots, N-1, i=2, \dots, N_1$ – точки разбиения первого слоя, N_1+1, \dots, N_2 – точки разбиения второго слоя, ..., $N_k+1, \dots, N-1$ – точки разбиения последнего слоя.

Таким образом, полученная система линейных алгебраических уравнений была сведена к трехточечным разностным уравнениям

$$A_i \cdot U_{i+1}^{n+1} - B_i \cdot U_i^{n+1} + C_i \cdot U_{i-1}^{n+1} = F_i, \tag{7}$$

где $A_i = C_i = \frac{\lambda_i}{h^2}$, $B_i = \frac{2\lambda_i}{h^2} + \frac{\rho_i c_i}{\Delta \tau}$, $F_i = -\frac{\rho_i c_i}{\Delta \tau} U_i^n$.

Система (7) решается методом прогонки. Применение данного метода для решения поставленной задачи описано в работе [2].

Результаты. Для реализации численного метода разработана программа в объектно-ориентированной среде программирования BorlandDelphi 7.0, которая позволяет определить температурное поле в любой момент времени. На рисунке 2 показаны полученные

зависимости температуры по толщине образца в различные моменты времени. Анализ полученных зависимостей показывает, что изменение температуры по толщине образца неравномерно, разница температуры на границе образца и в точке соединения стеклоткани с сотовым слоем более 5 °С. Нагревание сотого слоя изделия происходит намного медленнее слоев стеклоткани, что приводит к замедлению движения фронта полимеризации.

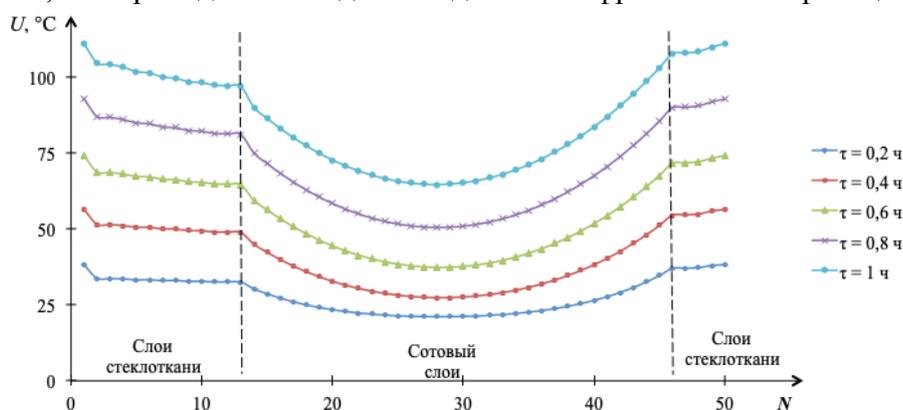


Рис. 2 – Распределение температуры по толщине образца

На рисунке 3 представлены зависимости температуры от времени в различных узлах образца в сравнении с теоретическим графиком. Поясним, что 1-й узел находится на границе материала, 3-й узел – в слое из стеклоткани, 13-й и 46-й узлы – на границе стеклоткани и сотового слоя, 25-й узел – в сотовом слое. Рисунок показывает, что распределение температуры на границе материала и её окрестностях незначительно отличается от экспериментальных значений. Вблизи же контакта с сотовым слоем и в самом сотовом слое эта закономерность нарушается.

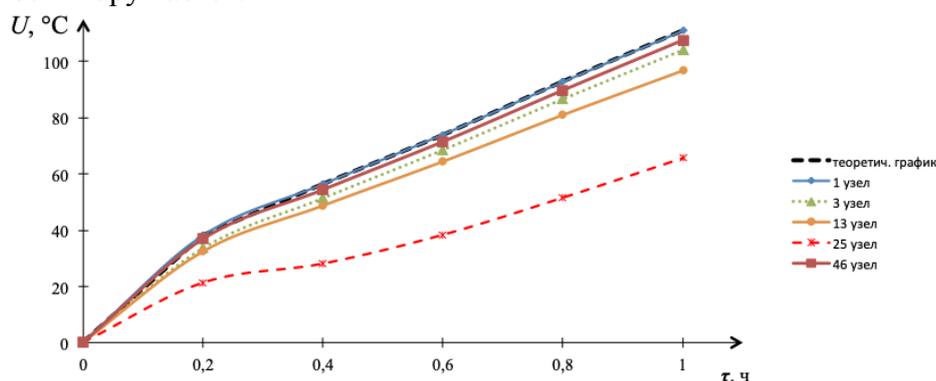


Рис. 3 – Зависимость температуры от времени

Анализ полученных зависимостей показывает, что наличие сотового слоя в конструкции оказывает влияние на теплообменные процессы. Это связано с тем, что тепло-физические характеристики этого слоя отличаются от свойств стеклоткани и нагревание изделия до нужной температуры происходит дольше, чем предполагалось.

Таким образом, в данной работе представлены результаты численного расчета теплообмена в многослойной композитной конструкции с сотовым наполнителем на этапе предварительного разогрева при их изготовлении.

Список литературы

1. *Акимов, И.А., Акимов А.И., Каракулина Е.О.* Исследование разработка математической модели на первом этапе производства некоторых типов композиционных материалов в установках Шольца / *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2016. – № 1. – С. 54-58.
2. *Каракулина, Е.О.* Численный метод решения задачи теплообмена в многослойной композитной конструкции с сотовым наполнителем / *Актуальные вопросы математического образования: состояние, проблемы и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. – Сургут, 27 февраля-02 марта 2019 г. – С. 287-292.
3. *Вержбицкий В.М.* Основы численных методов / – М.: Высшая школа, 2002. – 840 с.

05.13.18

Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, А.Ю. Барыкин канд. техн. наук,
Р.М. Галиев канд. техн. наук, З.А. Аюкин канд. техн. наук

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

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В статье рассмотрена схема изменения технического состояния узлов двигателя по мере увеличения пробега автомобиля с начала эксплуатации. Приведена математическая модель оценки остаточного ресурса двигателя с использованием бортовой системы диагностирования. Представлен подход к установлению взаимосвязи между структурными и диагностическими параметрами.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, ресурс двигателя, бортовое диагностирование, цилиндро-поршневая группа, кривошипно-шатунный механизм.

Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов и узлов является очень актуальной задачей технической эксплуатации автомобилей. Проблема в том, что многие отказы узлов двигателя зависимые, т.е. отказ одного узла приводит к отказу других сопряженных узлов и деталей. Прогнозирование остаточного ресурса узлов позволило бы своевременно устранить неисправности до появления более серьезных последствий. Двигатели транспортных средств в определенной мере оснащены встроенными диагностическими приборами, однако они не позволяют прогнозировать остаточный ресурс узлов. В последние годы исследованиям в области встроенного диагностирования уделяется большое внимание. Подходы к прогнозированию остаточного ресурса агрегатов и узлов автомобиля освещены в работах [1...3].

Техническое состояние агрегатов и узлов определяется структурными параметрами Y , в качестве которых выбираются размеры деталей, зазоры в сопряжениях, люфты. С увеличением наработки структурные параметры изменяются от номинального Y_n до предельного значения Y_p . На рис. 1 представлена схема оценки остаточного ресурса по структурному параметру.

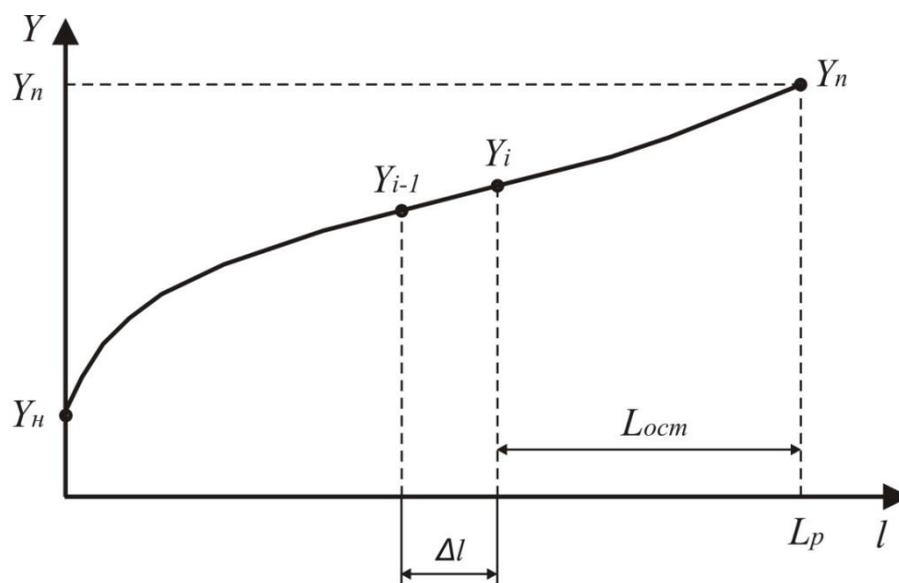


Рис. 1– Схема оценки остаточного ресурса агрегата по структурному параметру

Исходя из данной схемы, остаточный ресурс вычисляется как разность полного ресурса и текущего пробега

$$L_{\text{ост}} = L_p - L_i = (Y_n - Y_i)/\bar{a}, \quad (1)$$

где L_p – полный ресурс агрегата; L_i – текущий пробег, тыс. км; Y_n – предельное значение параметра технического состояния; Y_i – текущее значение параметра технического состояния; \bar{a} – средняя интенсивность изменения структурного параметра в рассматриваемом интервале.

Средняя интенсивность изменения структурного параметра определяется по формуле

$$\bar{a} = (Y_i - Y_{i-1})/\Delta l, \quad (2)$$

где Δl – периодичность измерений структурного параметра, тыс. км; Y_{i-1} – значение структурного параметра при предыдущем измерении.

Трудностью реализации данного подхода на практике является невозможность измерения структурных параметров без разборки двигателя и необходимость достаточно частого контроля. К тому же интенсивность изменения технического состояния не имеет постоянного значения в жизненном цикле агрегата.

Для постоянного контроля параметров технического состояния агрегат необходимо оснащать бортовой системой диагностирования. Остаточный ресурс агрегата при оценке бортовой системой диагностирования определяется, используя зависимость

$$L_{\text{ост}} = (S_n - S_i)/\bar{b}, \quad (3)$$

где S_n – предельное значение диагностического параметра; S_i – текущее значение диагностического параметра; \bar{b} – средняя интенсивность изменения диагностического параметра в рассматриваемом интервале.

Средняя интенсивность изменения диагностического параметра

$$\bar{b} = (S_i - S_{i-1})/\Delta l, \quad (4)$$

где Δl – периодичность измерений диагностического параметра, тыс. км; S_{i-1} – значение диагностического параметра при предыдущем измерении.

Аналогичным образом получаются формулы для тех диагностических параметров, которые снижаются при увеличении пробега с начала эксплуатации

$$L_{\text{ост}} = (S_i - S_n)/\bar{b} \quad (5)$$

$$\bar{b} = (S_{i-1} - S_i)/\Delta l. \quad (6)$$

Возникает задача установления связи между диагностическими и структурными параметрами, т.е.

$$S_n \rightarrow Y_n, \quad S_p \rightarrow Y_p, \quad S_i \rightarrow Y_i.$$

Величина предельных значений диагностического параметра устанавливается проведением исследований с учетом критичности состояния агрегата по безопасности дорожного движения, экологичности или экономичности автомобиля. Как показали результаты исследований, для двигателя КАМАЗ-740.30-260 номинальное значение давления в системе смазки в среднем составляет 0.48 МПа, предельное значение давления (для неисправных двигателей) – 0.18 МПа.

Рассмотрим порядок проведения стендовых испытаний для установления взаимосвязи структурных и диагностических параметров двигателя. Для испытаний подбираются 4 комплекта деталей цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма. Комплекты подбираем с учетом следующих условий: I комплект – детали новые, значения структурных параметров соответствует номинальному; II комплект – детали со структурными параметрами, соответствующие 50% износу; III комплект – детали со структурными параметрами, соответствующие 75% износу; IV комплект – детали со структурными параметрами, соответствующими предельному износу. При этом измеряются следующие структурные параметры: внутренний диаметр гильзы цилиндров, зазор в замке компрессионных и маслосъемных колец, торцовый зазор колец, диаметр шатунных и опорных шеек коленчатого вала, зазор в подшипниках коренных и шатунных шеек.

Измерения диагностических параметров на стенде производятся с каждым комплектом двигателя на разных частотах вращения коленчатого вала. Каждый из диагностических параметров фиксируется не менее 5-ти раз ($m = 5$). Режимы измерений давления масла в системе смазки двигателя представлены на рис. 2.

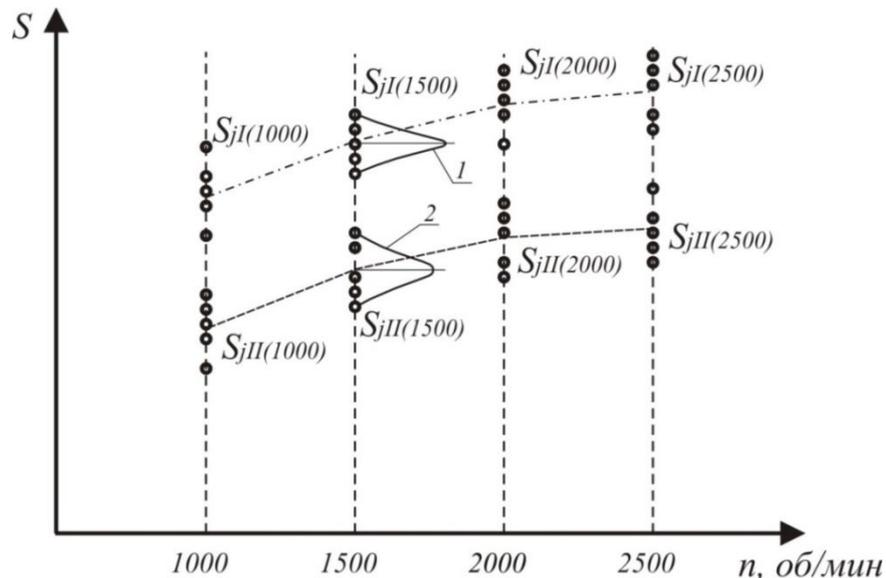


Рис. 2– Режимы измерений давления масла в системе смазки двигателя:

$S_{jI}(n)$, $S_{jII}(n)$ – давление в системе смазки соответственно для I-го и II-го испытуемого комплекта двигателя при частоте вращения коленчатого вала n ; j – количество измерений, $j = \overline{1, m}$; 1, 2 – графики плотности распределения диагностического параметра соответственно для I-го и II-го испытуемого комплекта

Предельное значение диагностического параметра, полученное при стендовых испытаниях, заносится на базу процессора бортовой системы автомобиля. Бортовая система с определенной периодичностью Δt измеряет диагностические параметры S_i . Процессор, на основе зависимостей (3) – (6), оценивает остаточный ресурс агрегата (узла). Если выполняется условие $L_{ост} > L_{min}$ – эксплуатация возможна, где L_{min} – минимальный остаточный пробег, занесенный на базу процессора. Если $L_{ост} = L_{min}$, то должны подаваться звуковой сигнал и включаться световая индикация на панели приборов автомобиля, предупреждающие водителя о необходимости прекращения эксплуатации.

По мнению авторов, решение задачи с применением данного метода позволяет снизить линейные отказы автомобилей (исключить выпуск на линию автомобилей, ресурс которых ограничен); планировать заезд на ближайший сервисный центр для выполнения ремонта при эксплуатации автомобилей с отрывом от основной производственной базы.

Список литературы

1. Макарова И.В., Кулаков А.Т., Мухаметдинов Э.М., Габсалихова Л.М., Васильев А.В. Диагностирование и оперативный контроль остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2018. – № 2. – С. 54–60.
2. Криков А.М., Федоров А.Г., Сидоренко М.Н. Совершенствование прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей / Сборник II Всероссийской научно-практической конференции «Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация». – 2018. – С. 191–195.
3. Барыкин А.Ю., Нуретдинов Д.И., Фролов А.М., Кучев С.М. Исследование взаимосвязи эксплуатационных параметров и ресурса автомобильного двигателя // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 3. – С. 43–45.

05.13.18

А.А. Суходоева канд. техн. наук, И.А. Оборина канд. физ.-мат. наук, Т.С. Суходоева

Пермский военный институт войск национальной гвардии РФ,
кафедра общепрофессиональных дисциплин,
Пермь, sukhodoeva@yandex.ru,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра вычислительной математики и механики,
Пермь, tat.suhodoewa@yandex.ru

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЛАИВАНИЯ КОМПОЗИТА

В работе рассмотрена модель оценки прочности композиционного слоистого материала, занимающая промежуточное положение между макрооднородными и микроструктурными моделями. Большое внимание уделено анализу условий разрушения и живучести конструкций, использованию результатов экспериментального исследования прочностных свойств.

Ключевые слова: композиционные материалы, прочность, трехточечный метод изгиба, расслоение, когезионная зона.

При использовании композиционных материалов требуется учет присущих им специфических особенностей поведения, таких как вероятность присутствия скрытых дефектов, нарушение сплошности по поверхностям раздела слоев.

В работе представлены результаты численного эксперимента по испытанию на прочность слоистого композиционного материала. Расчет проведен в программном комплексе ANSYS. Анизотропия свойств пакета слоев достигалась за счет поворотов систем координат элементов ортотропных монослоев для рассмотренной укладки.

Общая постановка задачи механики деформируемого твердого тела, не выходящая за рамки нелинейной теории упругости, дополнена соотношениями на разрыв между слоями (используется отрыв по нормали к границе) и критерием прочности Хашина. Кроме того, на поверхности контакта выполнены условия контактного взаимодействия, т.е. условия сопряжения по перемещениям (кинематическое условие) и по напряжениям (силовое усилие).

При моделировании поведения композита используются физические соотношения, определяющие расслаивание материала по зоне контакта монослоев. Для каждого ортотропного слоя подобласти $V^{(p)}$ компоненты тензора модулей упругости $C_{ijkl}^{(p)}$ зависят не только от свойств слоя, но и от его ориентации относительно глобальной системы координат. Для этого введена локальная система координат монослоя $Ox_1x_2x_3$. В ней ось Ox_1 совпадает с направлением основы, Ox_2 – утка, Ox_3 – перпендикулярна плоскости слоя. В установленной локальной системе координат компоненты тензора C_{ijkl} определены через технические упругие постоянные слоев. Для преобразования компонент тензора C_{ijkl} из локальной системы координат в глобальную используется формула:

$$C_{i'j'k'l'} = C_{ijkl} \alpha_{i'i} \alpha_{j'j} \alpha_{k'k} \alpha_{l'l},$$

где $\alpha_{i'i}$ – матрица косинусов углов между направлением осей локальной и глобальной систем координат [1].

Моделирование роста расслоений в слоистых композитах основывается на технике модели материала когезионной зоны (CZM). Данный метод напрямую вводит механизм разрушения. Он состоит из определяющего соотношения между тягой T , действующей на

границе раздела, и соответствующим межфазным расстоянием δ (скачок перемещения по границе раздела) [2]. Связь между нормальным напряжением T_n и зазором между поверхностями δ_n может быть выражена как:

$$T_n = K_n \delta_n (1 - D_n),$$

где $K_n = \frac{T_n^{\max}}{\delta_n^*}$ – нормальная жесткость; T_n^{\max} – максимальное нормальное напряжение; δ_n^* – зазор при максимальном нормальном напряжении; δ_n^c – зазор после завершения расклеивания; δ_n^{\max} – максимальное значение зазора, достигнутое за все время расчета $\max \delta_n(\tau')$, где $0 \leq \tau' \leq \tau$; D_n – параметр повреждения определяется как:

$$D_n = \begin{cases} 0 & \delta_n^{\max} \leq \delta_n^* \\ \left(\frac{\delta_n^{\max} - \delta_n^*}{\delta_n^{\max}} \right) \left(\frac{\delta_n^c}{\delta_n^c - \delta_n^*} \right) & \delta_n^* < \delta_n^{\max} \leq \delta_n^c \\ 1 & \delta_n^{\max} > \delta_n^c \end{cases}$$

Использование встроенных в программный комплекс ANSYS интерфейсных элементов на границе раздела слоев позволяет проводить исследование зарождения расслаивания и его рост без создания новой конечно-элементной сетки.

Для демонстрации модели расчета расслоения композитного материала был поставлен численный эксперимент испытания на трехточечный изгиб балки, который позволяет определить прочность, жесткость и характеристики нагрузки композита с полимерной матрицей, армированного непрерывным волокном. Суть метода заключается в равномерном нагружении двухопорной балки прямоугольного сечения, схема соответствует зарубежному стандарту испытания на прочность ASTM D 7264/D 7264M. Эксперимент продолжается до разрушения на одной из внешних поверхностей или пока деформация не достигнет предельного значения.

Геометрия образцов позволяет ограничить поперечную сдвиговую деформацию, таким образом, разрушающими напряжениями являются нормальные напряжения изгиба. Считается, что разрушением на растянутой поверхности является трещина, на сжатой поверхности – вспучивание, т.е. расслаивание с последующим защемлением, что предшествует разрушению слоя.

В соответствии со стандартом, построена геометрическая модель, содержащая образец композитного материала, имеющего 21 слой однонаправленного углепластика с укладкой (-45/90/45/0). Ввиду симметричности геометрии расчет проводился на половине модели по схеме, представленной на рис. 1. Нагрузка прикладывалась в несколько итераций, каждый шаг проверялся по критерию Хашина на достижение разрушения. При разрушении отдельных элементов модели учитывалась деградация свойств материала [2].

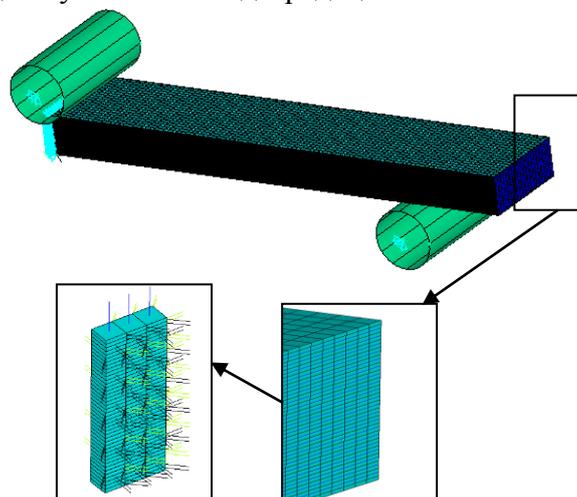


Рис. 1 – Конечно-элементная модель балки для испытания на трехточечный изгиб

На рис. 2 обозначены зоны первых расслоений на картине нормальных напряжений. Увеличение межслойных напряжений на границе раздела приводит к прогрессирующему росту дефекта. После нарушения целостности материала интерфейсные элементы приобретают толщину, но контактное взаимодействие между слоями не пропадает. Модель позволяет анализировать эффект расслаивания в качестве причины трещинообразования, потери несущей способности до последующего разрушения.

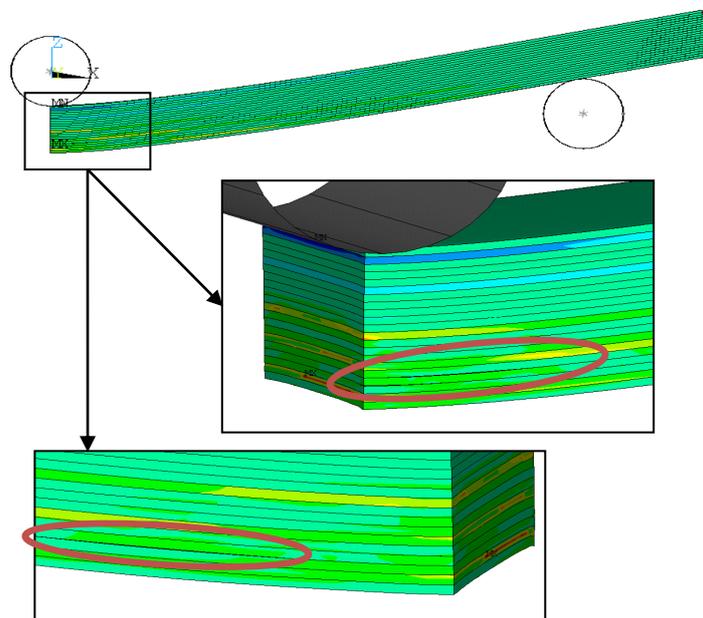


Рис. 2 – Распределение нормальных напряжений вдоль оси балки

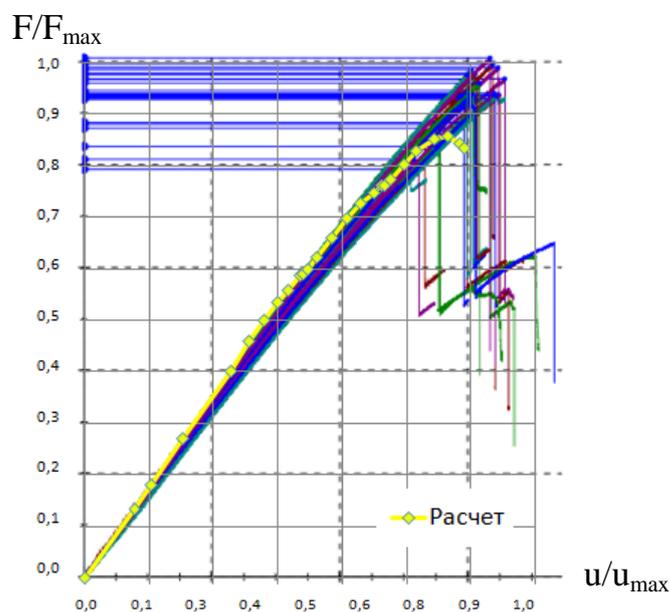


Рис. 3 – Экспериментальная диаграмма изгиба партии образцов с наложенной расчетной кривой

Для оценки результатов численного расчета балки представлены результаты его сравнения с экспериментом. На рис. 3 приведены зависимости изгибающих усилий от перемещений для ряда подобных испытаний в безразмерных величинах, на график наложена расчетная кривая. Сопоставление экспериментальных данных с результатом расчета подтверждает целесообразность используемых моделей когезионной зоны и критериев разрушения для оценки прочности слоистых композиционных материалов.

Численные методы исследования нелинейных задач позволяют проследить за эволюцией напряженного состояния на различных этапах нагружения, что труднодостижимо, а иногда и невозможно для натуральных экспериментов.

Список литературы

1. *Алфутов Н.А.* Расчёт многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов / Н.А. Алфутов, П.А. Зиновьев, Б.Г. Попов. – М.: Машиностроение, 1984. – 264 с.
2. *Суходоева Т.С., Сметанников О.Ю.* Численный расчет разрушения образца из композиционного материала в пакете ANSYS // Математика и междисциплинарные исследования – 19: сб.ст. Всерос. Конф. (Пермь, 15-18 мая, 2019 г.). – Пермь, 2019. – С.372-375.

05.13.18

¹Н.С. Хитерхеева канд. техн. наук, ²П.А. Болоев д-р техн. наук¹Октёмский филиал Якутской Государственной сельскохозяйственной академии,²Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова,

kite69@yandex.ru

**ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ
ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ**

Работа посвящена построению теоретической модели дизельного двигателя. Для исследования использован метод регрессионного анализа. Отклонение теоретических данных от экспериментальных составило 3-9%. Теоретическая модель позволяет оценить влияние многих параметров на мощность дизельного двигателя. Установлена взаимосвязь параметров дизельного двигателя, которая позволяет оценить качественную сторону влияния этих параметров на мощность двигателя. Доказана правомерность принятых допущений при составлении теоретической модели, что дает возможность моделирования поведения дизельного двигателя при изменении его основных характеристик при эксплуатации.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, математическое моделирование, мощность, крутящий момент, динамические характеристики.*

Введение. Моделирование процесса работы дизельного двигателя, влияние на его мощность различных показателей имеют большое практическое значение. Оптимизация параметров работы любого двигателя внутреннего сгорания всегда является актуальной во всем мире задачей. Получение максимальных мощностей при желательном уменьшении подачи топлива, проблемы в двигателе при переходе на альтернативное топливо и т.д. решаемые в настоящее время проблемы, стоящие перед всем мировым научным сообществом в области теории ДВС.

Цель исследований разработка принципов математического моделирования работы дизельного двигателя на неуставившихся режимах

Научная новизна исследований заключается, в том, что на основе теоретической модели работы двигателя был поставлен полный факторный эксперимент. Данный эксперимент представлен тремя уравнениями: уравнение двигателя, уравнение топливного насоса и уравнение регулятора угловой скорости коленвала. Составлена модель эксперимента, получены уравнения регрессии. Коэффициенты в этих уравнениях были получены на основе экспериментальных данных.

Материал и методы исследований. Для вывода уравнения двигателя использовано основное уравнение динамики в соответствии с принципом Даламбера:

$$M_k = M_c \pm J_g \frac{dw}{dt}, \quad (1)$$

где M_k - крутящий момент двигателя на неуставившемся режиме, Нм;

M_c - момент сопротивления, Нм;

J_g - приведенный к валу момент инерции всех движущихся масс двигателя, Нмс²;

w - угловая скорость вращения вала, 1/с;

t - время, с.

Перейдя от моментов к их изменениям, можно записать:

$$\Delta M_k = \Delta M_c \pm J_g \frac{dw}{dt}. \quad (2)$$

Известно, что крутящий момент двигателя M_k является функцией угловой скорости коленвала, положения рейки топливного насоса и давления наддува воздуха:

$$M_k = f(w, h_p, p_k) \quad (3)$$

Разложив эту функциональную зависимость в ряд Тейлора и ограничившись первыми степенями переменных, запишем:

$$\Delta M_k = \left(\frac{\partial M_k}{\partial w}\right) x + \left(\frac{\partial M_k}{\partial h_p}\right) y + \left(\frac{\partial M_k}{\partial p_k}\right) z, \quad (4)$$

где $x=\Delta w$, $y=\Delta h_p$, $z = \Delta p_k$.

На основании выражений (2) и (3) получим

$$-J_g \frac{dx}{dt} + A_1 x + A_2 y + A_3 z = \Delta M_c(t), \quad (5)$$

где $A_1 = \frac{\partial M_k}{\partial w}$; $A_2 = \frac{\partial M_k}{\partial h_p}$; $A_3 = \frac{\partial M_k}{\partial p_k}$.

Уравнение (5) является уравнением движения коленвала двигателя.

Уравнение топливного насоса имеет вид [1]:

$$T_{A2}^2 \frac{d^2 q}{dt^2} + T_{A1} \frac{dq}{dt} + k_q = \chi + \theta_\varphi \varphi, \quad (6)$$

где T_{A2} - постоянная времени топливного насоса, характеризующая его инерционность;

T_{A1} - постоянная времени торможения, характеризующая силы гидравлического сопротивления;

k_q - коэффициент самовыравнивания топливного насоса;

θ_φ - коэффициент усиления по угловой скорости кулачкового вала насоса.

Уравнение регулятора, составленное на основе теории автоматического регулирования [1], имеет вид:

$$\mu \frac{d^2 z}{dt^2} + \nu \frac{dz}{dt} + E + F_r \pm f_{ст} = A w_p^2, \quad (7)$$

где μ - приведенная к муфте масса подвижных частей регулятора и топливного насоса;

ν - коэффициент вязкого трения регулятора;

z - положение муфты регулятора;

E - приведенная к муфте сила пружины регулятора;

$f_{ст}$ - сила сухого трения;

F_r - сила гидравлического трения;

$A w_p^2$ - поддерживающая сила грузов регулятора.

Система уравнений в безразмерных координатах работы двигателя на неустановившихся режимах имеет вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} T \frac{d\varphi}{dt} + k\varphi &= q + \theta_{1\rho} - \theta_2 \alpha_g \\ T_p^2 \frac{d^2 \eta}{dt^2} + T_k \frac{d\eta}{dt} + \delta_z \eta &= \varphi - \theta_p \alpha_p \\ T_{A2}^2 \frac{d^2 q}{dt^2} + T_{A1} \frac{dq}{dt} + k_q q &= x + \theta_\varphi \varphi \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Результаты. При анализе динамических характеристик дизельного двигателя в условиях эксплуатации надо учитывать взаимосвязь основных параметров, влияющих на выходные показатели ДВС. Основными параметрами выбраны изменения цикловых подач топлива и воздуха, момент сопротивления на входе в двигатель и частота вращения коленчатого вала.

На основе теоретической модели работы двигателя нами был поставлен полный факторный эксперимент. Составлена модель эксперимента, получены уравнения регрессии. Коэффициенты в этих уравнениях были получены на основе экспериментальных данных.

Динамические характеристики мощности двигателя в эксплуатации, на основе аппроксимации экспериментальных данных, имеют следующий вид:

$$N_e = 290,841 - 0,777 \cdot 10^4 n_g - 0,25 \cdot 10^7 M_c - 0,163 \cdot 10^{12} q_{цт} + 0,251 \cdot 10^{13} q_{цв} - 0,346 \cdot 10^9 n_g^2 + 0,298 \cdot 10^6 M_c^2 + 0,377 \cdot 10^{17} q_{цт}^2 - 0,133 \cdot 10^{15} q_{цв}^2 + 0,139 \cdot 10^8 n_g M_c + 0,593 \cdot 10^3 n_g q_{цт} + 0,21 \cdot 10^{13} n_g q_{цв} - 0,224 \cdot 10^{15} M_c q_{цт} + 0,769 \cdot 10^{13} M_c q_{цв} + 0,377 \cdot 10^{16} q_{цт} q_{цв},$$

где M_c - момент сопротивления, Нм;

n_g - частота вращения коленвала двигателя, мин⁻¹;

$q_{цт}$ - цикловая подача топлива, мг/цикл;

$q_{цв}$ - цикловая подача воздуха, мг/цикл.

Заключение. Полученные данные указывают на тесную взаимосвязь параметров у дизельного двигателя, позволяет оценить качественную сторону влияния этих параметров на мощность двигателя.

Расчетные значения этих показателей при доверительной вероятности 0.95 имеют отклонения от экспериментальных данных на 3-9% в зависимости от изменяемых параметров. Это подтверждает правомерность принятых допущений при составлении теоретической модели и дает возможность моделирования поведения дизельного двигателя при изменении его основных характеристик во время эксплуатации.

Список литературы

1. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания / Крутов В.И. - М.: Машиностроение, 1979. – 615 с.
2. Болоев П.А. Повышение эффективности использования трактора в составе сельскохозяйственного МТА путем стабилизации цикловой подачи топлива: дис. канд.тех.наук. - Челябинск, 1984. – 169 с.

05.13.18

**С.Э. Шаклеина канд. техн. наук, Е.Н. Тимашева,
И.Ф. Киссельман канд. техн. наук, Д.Н. Кучев**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Березниковский филиал,
кафедра Технологии и механизации производств,
Березники, tmp@bf.pstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА СО ВЗВЕШЕННЫМ ТРАНСПОРТИРУЕМЫМ СЛОЕМ

В статье приведены результаты исследования среднего времени пребывания материала в сушильном аппарате, а также результаты по определению его прочностных характеристик.

Ключевые слова: *аппарат с взвешенным транспортируемым слоем, среднее время пребывания, прочность аппарата.*

Одним из главных направлений экономики Верхнекамского промышленного региона является добыча, переработка калийных и магниевых солей, реализацию которых осуществляют калийные предприятия ПАО «Уралкалий» и ООО «ЕвроХим – Усольский калийный комбинат».

При производстве калийных удобрений завершающей стадией является процесс сушки, который в значительной степени определяет качество готового продукта. В настоящее время в качестве сушильных аппаратов в основном используются сушилки псевдоожиженного слоя, барабанные и пневматические трубы-сушилки.

Из-за высоких температур процесс сушки при многотоннажном производстве является одним из самых энергоемких во всей технологической цепи производства хлорида калия. В энергетическом плане процесс сушки может быть оптимизирован за счет внедрения аппарата, конструктивно отличающегося от существующих сушилок. Такой аппарат должен исключить недостатки существующих сушилок, но и обладать их основными достоинствами.

Для приближения к этой цели создан сушильный аппарат с взвешенным транспортируемым слоем (АВТС) [1].

По сравнению с пневматическими трубами данный аппарат имеет компактные габаритные размеры и меньшие скорости теплоносителя, способствующие менее интенсивному истиранию материала и снижению его уносу из аппарата вместе с теплоносителем. В АВТС (в отличие от сушильных аппаратов с псевдоожиженным слоем) реализуется более активный гидродинамический режим, достигается одинаковое время пребывания всех частиц материала, но одновременно отсутствует его перегрев, приводящий к образованию спекшихся агломератов [3].

С точки зрения гидродинамики взвешенно-транспортируемый слой характеризуется с одной стороны восходящим движением всей массы материала, что не осуществимо в сушилках с кипящим слоем, а с другой стороны, продольно-поперечным перемешиванием, отсутствующим в трубах-сушилках. Стабильность работы аппарата взвешенно-транспортируемого слоя обеспечивается тем, что поступление влажного материала, подаваемого на опорно-распределительную решетку, приводит к вытеснению из верхней части рабочей камеры эквивалентного количества высушенного материала [1, 3].

Хлорид калия относится к кристаллическим материалам, которые подвержены растрескиванию и измельчению при длительном контакте с высокотемпературным теплоносителем. Поэтому для получения продукта заданного качества необходимо, чтобы среднее время пребывания материала в аппарате было достаточным для достижения требуемой влажности и не превышало этого значения.

Целью исследований являлось определение среднего времени пребывания материала в аппарате с использованием кривой отклика на импульсное возмущение индикатора. В качестве индикатора применяли речной песок со средним диаметром частиц $d_ч=0,35$ мм и насыпной плотностью $\rho=2200$ кг/м³. Эксперимент показал, что во всем исследуемом диапазоне скоростей теплоносителя числа Рейнольдса Re , определенные для хлорида калия и песка, имели одинаковые значения.

На рис.1 представлена кривая отклика при импульсной подаче индикатора в рабочую камеру АВТС. Время пребывания индикатора составило 5, 7, 10, 15 с. Смесь соли и песка, оставшаяся в сушильной камере, смешивалась с водой, затем разделялась на рассол и песок, а после этого взвешивалась.

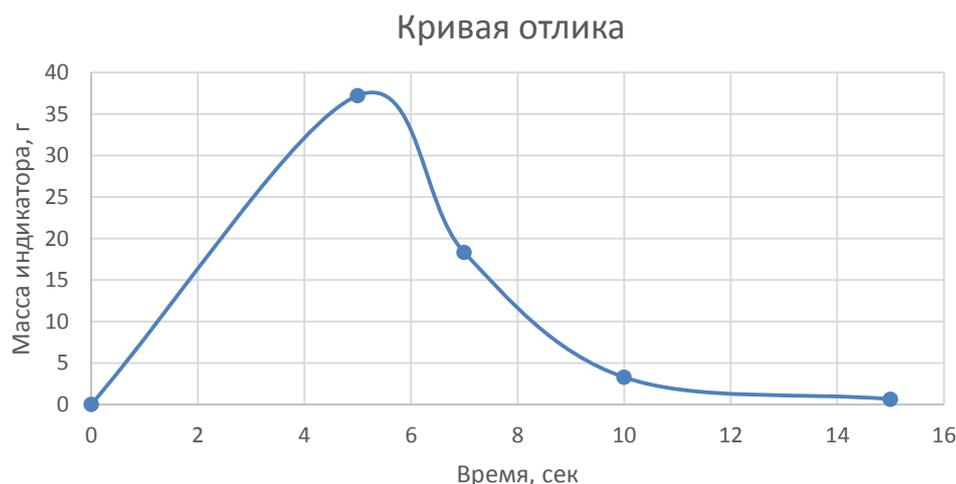


Рис. 1 – Кривая отклика на импульсное возмущение

Высота рабочей камеры в аппарате была в два раза больше её диаметра. Скорости теплоносителя составляли 0,7-0,9 от скорости витания частиц ($v_{вит}$). В исследованиях использовались перфорированные газораспределительные решётки с круглыми отверстиями диаметром 3 мм, живое сечение которых составляло 10, 15, 20%. Данные значения применяются при сушке калийных удобрений в аппаратах с псевдоожиженным слоем. Нагрузка по материалу для АВТС составляла 175, 225, 275 кг/ч [2, 3].

Среднее время пребывания потока материала в рабочей камере аппарата определялось зависимостью

$$\hat{\tau} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C(t_i) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где i – текущий номер опыта;

$C(t_i)$ – экспериментальная зависимость концентрации индикатора на выходе потока из рабочей камеры АВТС от времени t_i , с⁻¹;

t_i – время нахождения материала в рабочей камере, с;

Δt – интервал времени между двумя ближайшими измерениями, с.

Расчёт дисперсии среднего времени пребывания осуществлялся с использованием формулы нулевого момента и второго безразмерного момента

$$M_0 = \sum_{i=1}^n C(t_i) \cdot \Delta t, \quad (2)$$

$$M_2 = \hat{\tau}^2 \cdot \sum_{i=1}^n \theta^2 \cdot C\theta_i \cdot \frac{\Delta t}{\hat{\tau}}, \quad (3)$$

где θ , $C\theta_i$ – безразмерное время, безразмерная концентрация C -кривой.

Дисперсия безразмерной C -кривой определялась по формуле

$$\sigma_{\theta}^2 = \frac{M_2}{\hat{\tau}^2} - 1. \quad (4)$$

В результате математической обработки экспериментальных данных было установлено, что среднее время пребывания материала в рабочей камере лежит в интервале (5,79-7,90) с. Это превышает значение среднего времени пребывания материала для пневматических трубно-сушилок (1,0-2,0) с. Но это время для АВТС значительно меньше, чем в сушилках с псевдооживленным слоем (100-120) с. Дисперсия среднего времени пребывания материала в аппарате находится в пределах (0,036-0,12), что указывает на его малое отклонение. Использование скорости оживляющего агента в пределах $(0,7-0,9) \cdot v_{\text{вит}}$ позволяет проводить равномерную сушку в АВТС в более активном гидродинамическом режиме по сравнению с сушильным аппаратом псевдооживленного слоя, в котором скорость оживляющего агента не превышает значения $0,3 \cdot v_{\text{вит}}$, а скорость теплоносителя в пневматических трубах-сушилках находится в пределах $(1,6-2,5) \cdot v_{\text{вит}}$. Выбранный интервал скорости оживляющего агента позволяет получить примерно одинаковое время пребывания всех частиц материала в АВТС, которое будет достаточным для получения продукта заданного качества и требуемой влажности. При этом устраняются недостатки существующих ныне аналогов, используемых для сушки хлористого калия, что влечёт за собой снижение экономических затрат. В конструкции сушилок для хлорида калия наиболее опасным узлом с точки зрения обеспечения прочности и устойчивости является сепарационная камера. Достаточно высокие значения температуры теплоносителя (до 200°C), и вакуум (до 1000 Па) в рабочей камере определяют одинаковую значимость гидродинамических и прочностных характеристик аппарата.

При определении оптимальных геометрических размеров камеры выполнен прочностной анализ конструкции, использованы численные методы программы APM Structure3D.

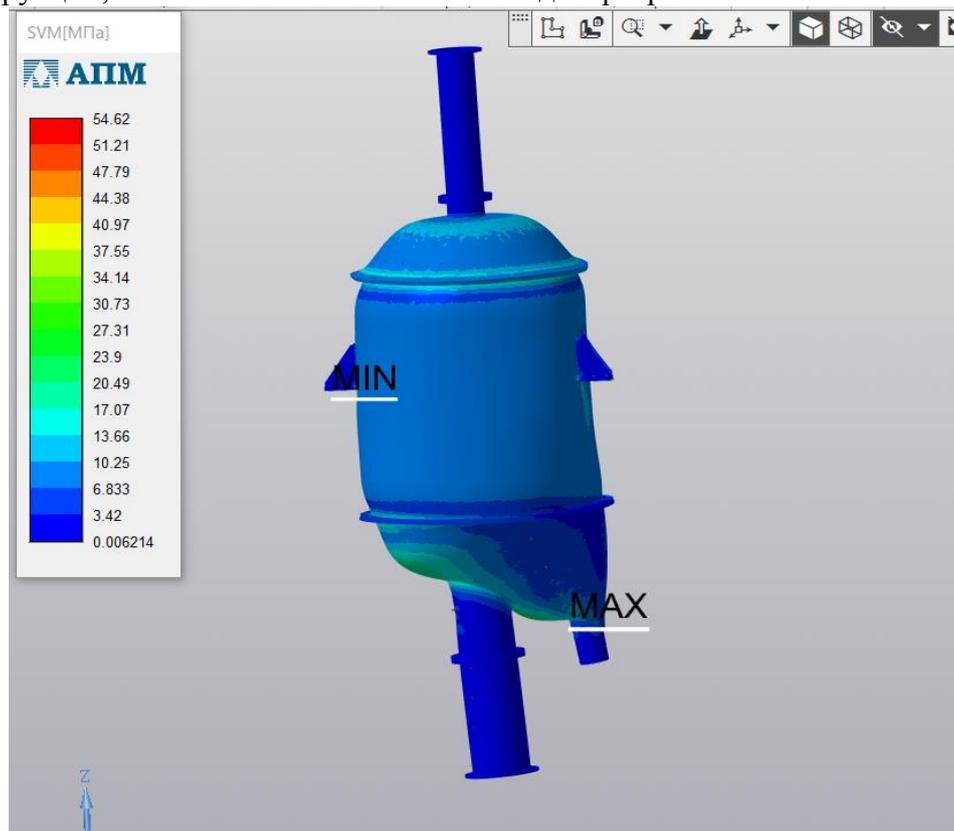


Рис. 2 – Карта напряжений

На основе проведенных расчетов определена толщина стенки аппарата, подобраны фланцевые соединения, а также опорные лапы [4]. На рис. 2 представлена карта напряжений конструкции. Максимальное напряжение, равное 54,62 МПа, приходится на коническое днище, но не превышает допустимых напряжений.

Согласно карте перемещений (рис.3) максимальные деформации конструкции составляют 0,093 мм и также находятся в пределах допустимых значений.

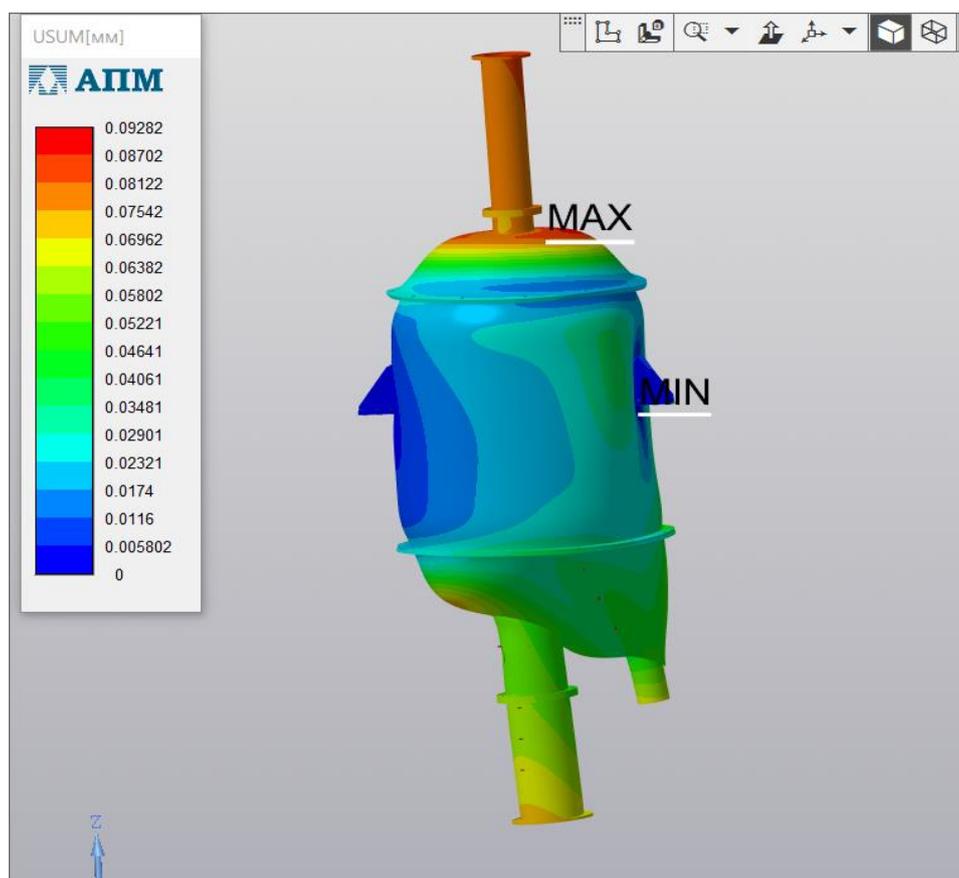


Рис.3 – Карта перемещений

Проведенные исследования позволили выявить, что процесс сушки хлорида калия в аппарате АВТС происходит более равномерно, без критических состояний высушиваемого материала, что повысит качество целевого продукта. Уменьшение времени сушки при одновременном снижении скорости теплоносителя существенно снижает энергетические, т.е. экономические затраты на проведение процесса. Результаты эксперимента и выполненные прочностные расчеты аппарата позволят технологически и конструктивно усовершенствовать рассматриваемый аппарат.

Результаты исследований гидродинамических и прочностных характеристик могут быть использованы при проектировании и внедрении АВТС в калийной отрасли.

Список литературы

1. Пат. № 2529763 РФ, МПК F 26B 17/10. Способ сушки дисперсного материала во взвешенно-транспортируемом слое и установка для его осуществления / И.Е. Тимофеев, Е.А. Шестаков, А.А. Селивёрстов и др. №2013136317/06; заявл. 01.08.2013.
2. Исследование и расчет газораспределительных решеток для аппаратов со взвешенным транспортируемым слоем зернистых материалов / Шестаков Е.А., Загидуллин С.Х., Тимашева Е.Н. // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 5. С. 97-101.
3. Применение аппарата с взвешенным транспортируемым слоем в качестве сушилки для хлорида калия / Шестаков Е.А., Загидуллин С.Х., Тимашева Е.Н., Шестаков С.А. // Материалы международной научно-практической конференции : в 2 частях. Научный центр "Диспут". 2016. С. 79-80.
4. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): Учебное пособие // М.: Альфа-М, 2008. С. 663-670.

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

05.13.19

**И.Ю. Попов, Д.А. Заколдаев канд. техн. наук,
К.А. Пшеничный канд. геол.-минерал. наук**Национальный исследовательский университет ИТМО,
факультет безопасности информационных технологий,
ilyaropov27@gmail.com, d.zakoldaev@mail.ru, cpshenichny@yandex.ru**ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕВЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АТАК ТИПА
«ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ»
НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА**

В статье описывается метод детектирования сетевых распределенных атак типа «отказ в обслуживании», основанный на алгоритме машинного обучения с учителем – градиентном бустинге. Для реализации алгоритма машинного обучения используется программная библиотека LightGBM. Приводится сравнение результатов детектирования с другими алгоритмами машинного обучения.

Ключевые слова: *информационная безопасность, градиентный бустинг, машинное обучение, детектирование сетевых атак, сетевые распределенные атаки.*

Современное состояние компьютерных наук позволяет решить проблему недоступности принимающего узла компьютерной сети вследствие сетевых атак типа «отказ в обслуживании» за счет использования машинного обучения [1]. Алгоритмы машинного обучения являются оптимальным инструментом для детектирования вредоносного сетевого трафика на основе поведенческих характеристик [2]. В тоже время, алгоритмы, построенные на основе признаков вредоносного сетевого трафика, оказываются малоэффективны в задачах классификации вредоносного трафика из-за большой вариативности атрибутов входящих сетевых пакетов. Для исправления ошибок классификатора необходимо, чтобы алгоритм имел возможность учиться на собственных ошибках и строить финальную модель с минимальной вероятностью ошибок предсказаний результата. Как известно из математической статистики, одним из перспективных методов для решения данной проблемы является градиентный бустинг [3].

**Детектирования сетевых атак типа «отказ в обслуживании» на основе алгоритма
градиентного бустинга**

Градиентный бустинг представляет собой алгоритм машинного обучения, предназначенный для задач классификации, регрессии и ранжирования [4]. С помощью данного алгоритма можно преобразовать слабый обучающий алгоритм в сильный алгоритм путем снижения ошибки обучения и тем самым получить высокую точность классификации объектов по заданным признакам.

Алгоритм градиентного бустинга может быть использован для детектирования сетевых атак типа «отказ в обслуживании» посредством применения бинарной классификации. Целевой переменной является факт наличия атаки. Обобщенный алгоритм представлен на рис. 1.

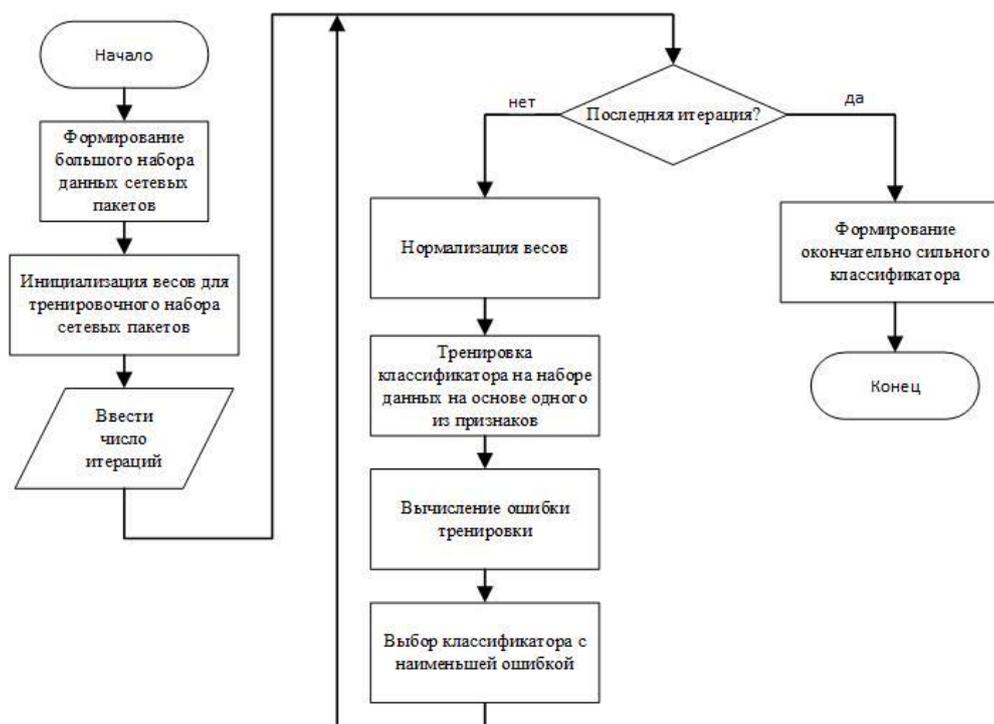


Рис 1. Обобщенный алгоритм градиентного бустинга

Формирование данных для тестирования алгоритма

В работе [5] описан подход к формированию набора тестовых данных. Собранный набор данных имеет 2160668 собранных пакетов сетевого трафика для последующего тестирования классификатора. Необходимые атрибуты и метаданные необходимые для классификатора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метаданные пакета для формирования тестового набора данных

№	Метаданные пакета		№	Метаданные пакета	
1	out_ads	IP-исходящий	11	pkt_in	чексумма входящая
2	in_ads	IP-входящий	12	pkt_out	чексумма исходящая
3	out_mac	MAC-исходящий	13	pkt_delay_node	разница чексуммы
4	in_mac	MAC-входящий	14	byte_rate	количество байт в секунду
5	pkt_type	тип пакета	15	pkt_rate	количество пакетов в секунду
6	pkt_size	размер пакета	16	avg_size	средний размер пакетов
7	FID	идентификатор формата кадра	17	pkt_t_send	время отправления пакета
8	sqn_number	порядковый номер пакета	18	pkt_t_rsd	время приема пакета
9	num_pkt	количество пакетов	19	first	время отправления первого пакета
10	num_byte	количество байт	20	last	время отправления последнего пакета

Как известно, в 2017 году командой Майкрософта была представлена программная библиотека алгоритма машинного обучения, использующая градиентный бустинг – LightGBM. Данная разработка показала преимущество в скорости работы, чем у конкурентов с такой же заданной точностью [6]. Как следствие, данная библиотека является оптимальным для применения в задаче классификации сетевого трафика.

В качестве изменяемых параметров для классификации сетевых пакетов были выбраны значения, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры для обучения классификатора

Параметры для оптимизации	Диапазон оптимальных параметров	Оптимальные параметры
Количество итераций <code>n_estimators</code>	[10, 150]	50
Скорость обучения <code>learning_rate</code>	[0.005, 1]	0.2
Высота обучающего дерева <code>max_depth</code>	[1, 10]	7
Количество листьев <code>min_child_samples</code>	[5,50]	30

Результаты работы классификатора

Результат испытаний на полученном наборе данных представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Оценки точности

Метрика оценки	Полученное значение
Точность	98.4%
ROC-кривая	96%
Среднеквадратичная ошибка	0.017

На рис.2 представлено сравнение с другими алгоритмами машинного обучения на сформированном наборе данных.

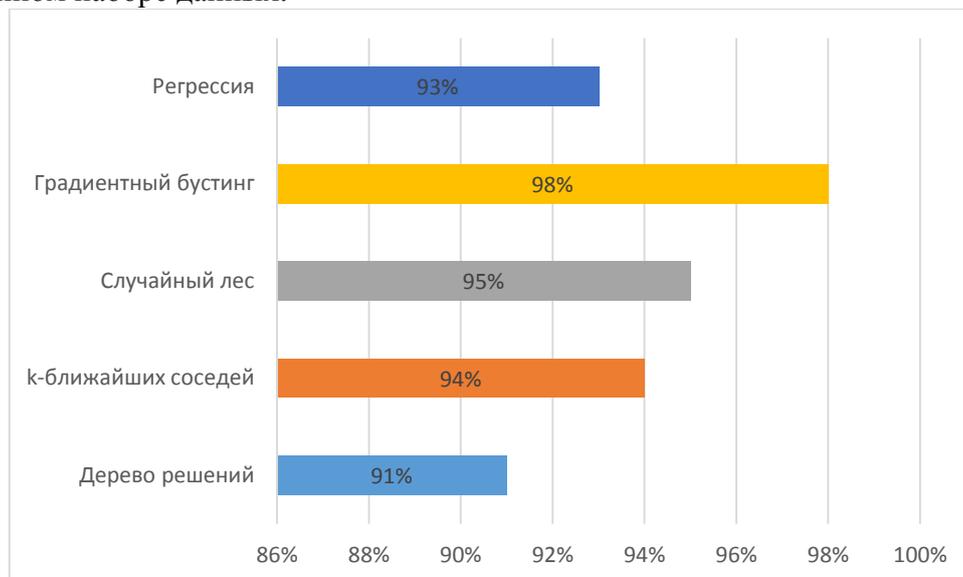
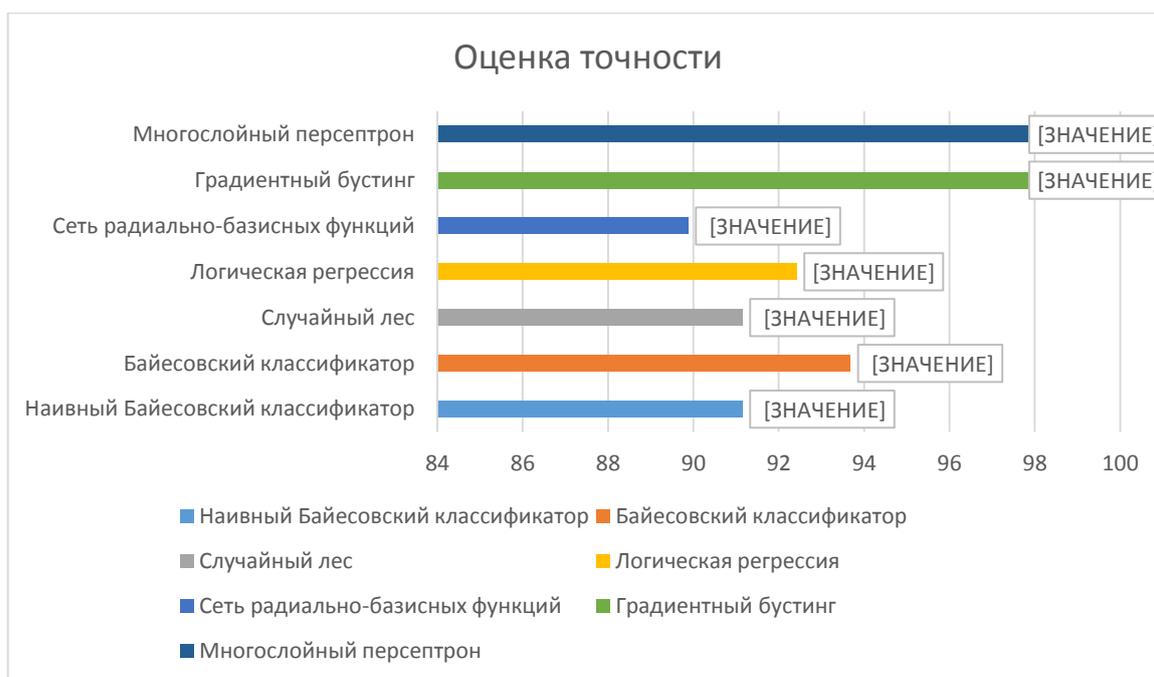


Рис. 2 – Оценка точности классификации с использованием различных алгоритмов машинного обучения

Для верификации полученных результатов взят набор данных [7], полученный зарубежными учеными и содержащий такие атаки как Smurf, UDP-flood, SIDDOS, HTTP-flood. На рис. 3 представлено сравнение результатов оценки точности классификации вредоносного трафика с применением различных алгоритмов машинного обучения, полученными другими учеными на данном наборе данных.



Вывод

Для противодействия сетевым распределенным атакам типа «отказ в обслуживании» требуются новые подходы к детектированию сетевых атак на принимающем узле компьютерной сети. В статье представлен метод классификации сетевых распределенных атак типа «отказ в обслуживании» на основе алгоритма машинного обучения градиентном бустинге. Исследование показывает, что использование данной технологии позволяет детектировать сетевых атак типа «отказ в обслуживании» с точностью 98% на сформированном наборе данных. На верифицированном наборе данных алгоритм позволяет достигать точности 98.7%, при этом ничуть не уступая оценки точности классификации многослойного персептрона.

Список литературы

1. Chiba Z., Abghour N., Moussaid K., El Omri A., Rida M. A novel architecture combined with optimal parameters for back propagation neural networks applied to anomaly network intrusion detection // *Computers & Security*. 2018. V. 75. P. 36–58. doi: 10.1016/j.cose.2018.01.023
2. Harrington P. *Machine learning in action*. – Manning Publications Co., 2012.
3. Friedman J.H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine // *Annals of statistics*. – 2001. – С. 1189-1232.
4. Schapire R.E. The boosting approach to machine learning: An overview // *Nonlinear estimation and classification*. – Springer, New York, NY, 2003. – С. 149-171.
5. Попов И.Ю., Карманов А.Г., Карманова Н.А., Пиховкин Н.Л. Детектирование сетевых распределенных атак на основе алгоритмов машинного обучения // *Информация и космос* - 2018. - № 4. - С. 73-80.
6. Ke G. et al. Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree // *Advances in neural information processing systems*. – 2017. – С. 3146-3154.
7. Alkasassbeh M. et al. Detecting distributed denial of service attacks using data mining techniques // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. – 2016. – Т. 7. – №. 1. – С. 436-445.

05.13.19

¹А.С. Филатов канд. с-х. наук, ¹Дь.А. Соколов, ²В.В. Черкашин, ²Т.А. Петрова¹Якутская государственная сельскохозяйственная академия,
²Арктический государственный институт культуры и искусств**СОЗДАНИЕ WEB-САЙТА БИБЛИОТЕКИ
КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Сегодня создать свой сайт означает для библиотеки реализовать одну из задач автоматизации – объединить традиционное книжное содержание библиотечной деятельности и высокую степень владения современными программными средствами, телекоммуникационными технологиями.

Ключевые слова: база данных, веб-приложение, информационная система, эффективный инструмент, подсистема, единое пространство, функционирование системы, обработка информации, система, язык программирования.

Начать работу по созданию библиотечного сайта нужно с планирования. Для этого приказом по библиотеке создается рабочая группа, которая разработает структуру будущего сайта. В группу должны войти наиболее творческие представители библиографического отдела, отдела информационных технологий, отделов обслуживания (если таковые представлены в структуре библиотеки). Рабочая группа действует постоянно, т.е. будет продолжать свою работу и после создания первой версии сайта. Первым шагом на пути к созданию сайта является определение целей. Правильно и четко поставленная цель позволяет превратить сайт в эффективный инструмент, направленный на достижение целей его создателей [1-3]. Далее идет стадия проектирования, которая описывает функционирование разрабатываемой информационной системы в общем виде [1,5]. В реализации проекта мы производим выборку языка программирования. В табл. 1 представлены распространенные языки программирования [4]. Решением многих проблем при создании сайта является использование специализированного программного обеспечения для создания и ведения сайта (движков и конструкторов).

Таблица 1- Языки программирования

№п/п		
1	HTML (HyperTextMarkupLanguage)	язык гипертекстовой разметки. Используется для создания веб-страниц. Язык HTML интерпретируется браузером и отображается в виде документа, в удобной для взора человека форме. Именно с помощью HTML вы можете наблюдать интерфейс веб-страницы сайта и пользоваться им. В пятой версии языка HTML добавлено множество новых синтаксических особенностей.
2	PHP (HyperTextPreprocessor)	скриптовый (сценарный) язык программирования для разработки веб-приложений. Сценарный, т.е. высокоуровневый язык сценариев – кратких описаний действий, выполняемых системой. Сценарий — это программа, которая работает уже с готовыми программными компонентами. В настоящее время PHP поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров и является одним из лидеров среди языков, применяющихся для создания динамических веб-сайтов. Этому способствует

		<p>наличие большого набора встроенных средств для разработки веб-приложений[3]. Из них:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Автоматическое извлечение GET и POST-запросов, а также переменных окружения веб-сервера в предопределенные массивы; • Взаимодействие с большим количеством различных СУБД (MySQL, PostgreSQL, Oracle, MS SQL Server, Sybase, ODBC и другие); • Автоматизированная отправка HTTP-заголовков; • Работа с HTTP-авторизацией, и работа с куки и сессиями; • работа с локальными и удалёнными файлами, сокетами; • обработка файлов, загружаемых на сервер; • работа с XForms[4].
3	SQL (StructuredQueryLanguage	«Язык структурированных запросов») – формальный непроцедурный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в произвольной реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных.
4	CSS (CascadingStyleSheets – «Каскадные таблицы стилей»)	формальный язык описания внешнего вида, это то, как HTML представлен. Точно также как HTML описывает контент, CSS определяет то, как документ выглядит. Преимущественно используется как средство описания, оформления внешнего вида веб-страницы, написанных с помощью языков разметки HTML и XHTML.
5	JavaScript	<p>объектно-ориентированный сценарный язык программирования. Изначально создавался для того, чтобы сделать веб-страницы «живыми». Программы на этом языке называются скриптами. В браузере они напрямую подключаются к HTML и, как только веб-страница загружается – тут же выполняются. Синтаксис языка схож с СИ, но по сравнению с ним имеет коренные отличия:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Объекты с возможностью интроспекции (интроспекция - возможность определить тип и структуру объекта во время выполнения программы); • Функции как объекты первого класса, т.е. элементы, которые могут быть переданы как параметры, возвращены из функции, присвоены переменной; • Автоматическое приведение типов; • Автоматическая сборка мусора; • Анонимные функции – особый вид функций, которые объявляются в месте использования и не получают уникального идентификатора для доступа к ним.

Для реализации серверной части в качестве сервера был выбран бесплатный хостинг beget.ru, который предоставляет услуги размещения и администрирования данных на своем сервере. Beget был выбран потому, что он поддерживает скриптовый язык php, имеет свободную реляционную СУБД MySQL, предоставляет для хранения данных место на диске в объеме 2GB, 100GB трафика, предоставляет систему администрирования баз данных при помощи инструмента phpMyAdmin, не устанавливает на сайт рекламные баннеры. Версия СУБД, предоставляемая сервером – MySQL 5.1, а версия поддерживаемой php – 5.2, 5.3, 5.4. В табл.2 приведены характеристики серверной части.

Таблица 2 -Характеристики серверной части

Адрес сайта на сервере	http://www.mybaza.xyz
IP-адрес веб-сайта	31.170.164.64
Имя сервера	server1.hostinger.ru
FTP IP	31.170.164.64
FTP пользователь	u738189446
Папка для загрузки файлов	public_html
FTP-порт	21
Рекомендуемые FTP клиенты	SmartFTP или FileZilla
POP3/IMAP Сервер	mx1.hostinger.ru
SMTP Сервер	mx1.hostinger.ru

Серверная часть была разработана в СУБД phpMyAdmin на языке SQL. Структура базы данных на сервере представлена на рис. 1.

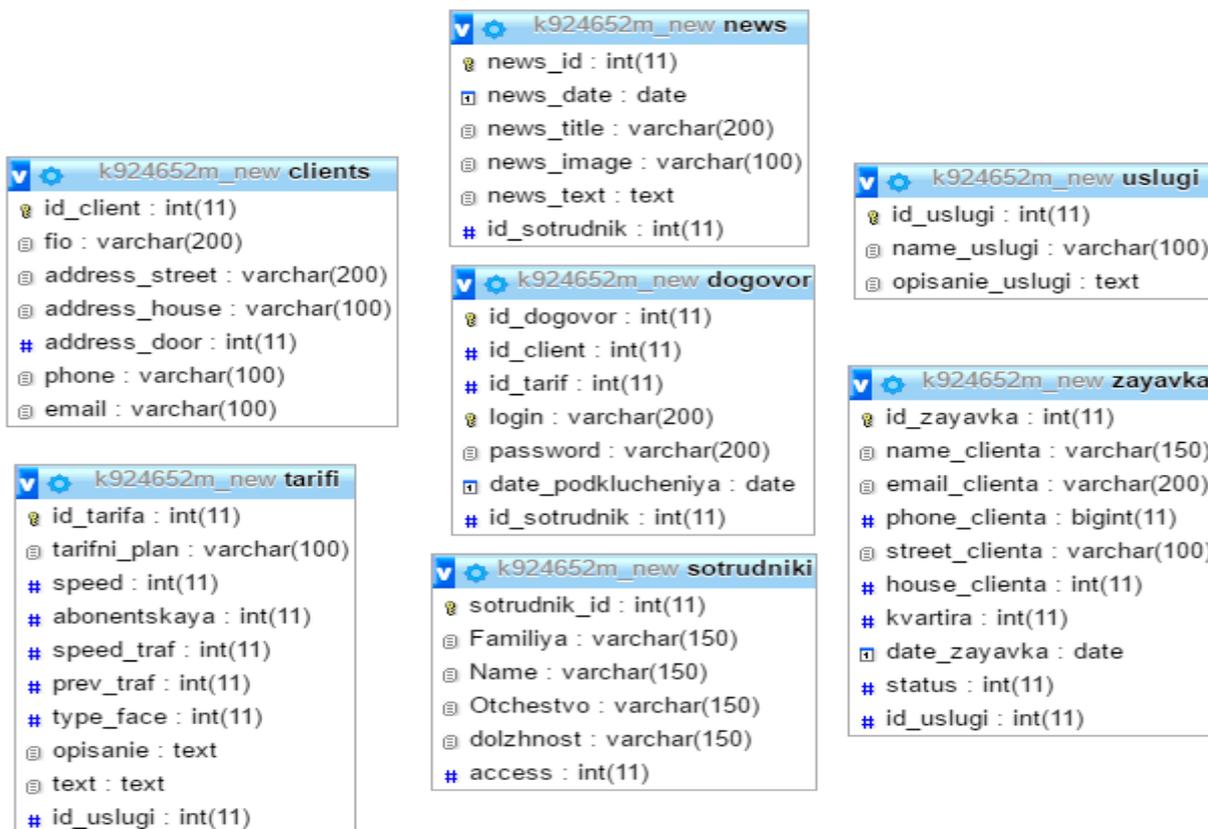


Рис. 1. Структура базы данных

Заключительным этапом является разработка веб-сайта. Веб-сайт – совокупность логически связанных между собой веб-страниц. Обычно веб-сайт в Интернете представляет собой массив связанных данных, имеющий уникальный адрес и воспринимаемый пользователем как единое целое. Веб-сайты называются так, потому что доступ к ним происходит по протоколу HTTP[1-4]. В итоге в рамках занятия решены следующие задачи:

1. Проведён обзор существующих веб-сайтов, связанных с предметной областью выпускной квалификационной работы;
2. Выполнено техническое задание;
3. Разработана концептуальная модель;
4. Разработана логическая модель данных;
5. Выполнена программная реализация.

Готовый программный продукт даст возможность предоставить клиенту подать заявку на подключение услуг связи, а также дает возможность диспетчеру принимать заявки на подключение, обрабатывать их, оформлять договор и сформировывать отчеты по заявкам за период времени[2-6]. Таким образом, в рамках изучения дисциплины студентом осваиваются профессиональные навыки. Веб-сайт является основной формой предоставления информации во Всемирной Паутине. Сегодня практически все значимые общественные институты обзавелись в Сети собственными представительствами. С их помощью целые организации и отдельные граждане не только обозначают свое присутствие в сети Интернет, но и пытаются реализовать в виртуальной вселенной изначально присущие им функции.

Список литературы

1. *Гендина, Н.И.* Использование формализованных методов при подготовке текста для веб-сайтов учреждений культуры [Текст] / Н.И. Гендина, Н.И. Колкова, О.И. Алдохина // Научные и технические библиотеки.-2008.-№3.-С. 29-35.
2. *Гендина, Н.И.* Лингвистические средства проектирования контента веб-сайтов [Текст] / Н.И. Гендина // Научные и технические библиотеки.-2008.- №3.-С. 5-14.
3. *Ден Сидерхолм*, - CSS3 для веб-дизайнеров, - Питер, 2012, -294 с.;
4. *Колиснеченко, Д.Н.* – PHP и MySQL. Разработка Web-приложений, — СПб.: БХВ-Петербург, 2013 г. – 543 с.;
5. *Рабданова, В.В., Елтунова, И.Б., Кокиева, Г.Е.* Разработка электронного журнала вуза/ В.В. Рабданова // сб. трудов конференции. Язык: русский Год издания: 2018
6. *Скляр, Д., Трахтенберг, А.* «PHP. Рецепты программирования», — СПб.: Питер, 2015 г. — 784 с.;

05.13.19

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов д-р техн. наук, В.А. Минаев д-р техн. наук

АО «Объединенная ракетно-космическая корпорация» -
«НИИ – космического приборостроения»,
Москва, smich-kr@mail.ru,
НЧОУ ВО «КИИЗ»,
Краснодар, kiiz@rambler.ru,
МГТУ имени Н.Э.Баумана,
Москва, mlva@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ ГУВД СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В данной работе разработан метод моделирования обработки информации в автоматизированных комплексах скрытого управления (АКСУ) Главного управления внутренних дел (ГУВД) субъектов РФ на базе математического аппарата системы массового обслуживания (СМО) смешанного типа [1], который в отличие от известного подхода упрощает выбор оптимальной структуры типового программно-моделирующего комплекса (ПМК) АКСУ [2-5], что повышает оперативность передачи закрытой информации.

Ключевые слова: *программно-моделирующий комплекс, главное управление внутренних дел, автоматизированные комплексы скрытого управления.*

При переходе к инновационным принципам управления ОВД на базе внедрения автоматизированных комплексов скрытого управления ГУВД возникает необходимость обеспечения высокой оперативности передачи информации [6,7]. Под оперативностью передачи в работе понимается вероятность обработки поступающей информации при заданной плотности входящего потока сообщений.

В известных работах [2,3] аналогичная задача решается с точки зрения критерия времени обработки информации, которое должно не превышать заданного. Недостатком такой модели является невозможность определения вероятности обработки информации при заданной плотности потока заявок [1,2]. По известным выражениям сложно при проектировании автоматизированных методов обработки информации непосредственно выбирать структуру программно моделирующего комплекса с оптимальными параметрами. Осуществление оптимизации по известным моделям усложняется тем, что потребуется проводить многократные расчетные итерации для каждого варианта структуры программно моделирующего комплекса до тех пор, пока при выбранном варианте структуры ПМК время обработки не окажется равным или ниже заданного. Даже при достижении такого результата не гарантируется обеспечение оптимальности структуры при резком возрастании плотности потока сообщений [2].

Гораздо проще можно оптимизировать структуру ПМК, рассчитав вероятности обработки информации, при заданной плотности потока сообщений [1].

Тогда для надежной передачи информации важными критериями становятся:

- вероятность обработки информации;
- вероятность обработки «n» сообщений, при нахождении в очереди «S» сообщений.

Поэтому имеет смысл рассмотреть не чистую систему массового обслуживания (СМО) с ожиданиями, как это было в известных работах [2,3], а СМО смешанного типа [1].

Рассмотрим ПМК автоматизированного комплекса скрытого управления ГУВД субъекта РФ, состоящего из «n» рабочих мест.

Пусть на вход поступает входящий поток сообщений с плотностью λ . Число мест в очереди « m ». Среднее время ожидания сообщения в очереди $\bar{t}_{ож} = \frac{1}{\nu}$, где ν интенсивность покидания заявки из очереди. Среднее время обработки информации $\bar{t}_{об} = \frac{1}{\mu}$, где μ - производительность рабочего места. Определим вероятности состояний системы и найдем вероятность $P_{обс}$ того, что информация будет обработана.

Размеченный граф состояний такой системы изображен на рис.1.

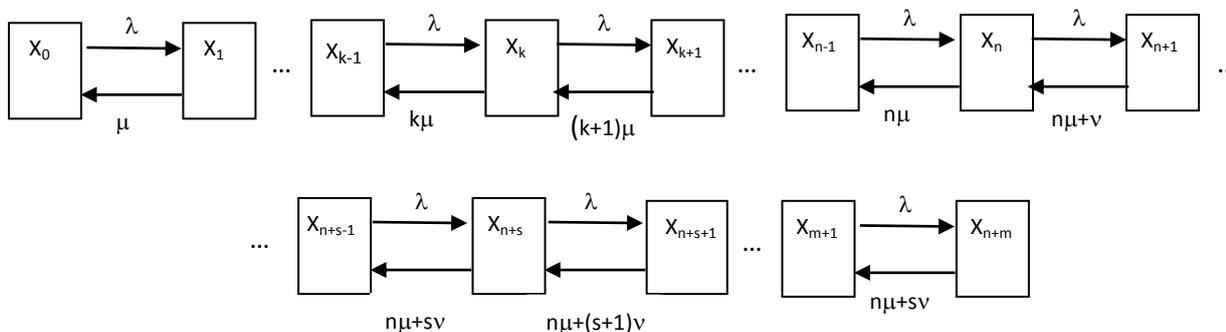


Рис. 1. Размеченный граф состояний ПМК

Условные обозначения на рис: x_k - обозначает k сообщений ($0 \leq k \leq n$), которые все попадают на обслуживание, очередь отсутствует; x_{k+s} - k каналов заняты и в очереди находятся s сообщений ($1 \leq s \leq m$).

Граф состояний рис 1 легко описывается системой дифференциальных уравнений для вероятностей состояний $P_k(t)$ [1]:

$$P_k = \frac{\alpha^k}{k!} \bigg/ \left(\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \frac{\alpha^s}{\prod_{i=1}^s (n+i\beta)} \right), \quad (0 \leq k \leq n) \tag{1}$$

$$P_{n+s} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^s}{\prod_{i=1}^s (n+i\beta)}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^N}{n!} \sum_{i=1}^s (n+i\beta)}, \quad (1 \leq s \leq m) \tag{2}$$

где: $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$, $\beta = \frac{\nu}{\mu}$.

Выражения (1) и (2) получены при начальных условиях $P_0(0) = 1$; $P_k(0) = 0$; ($k > 0, n > 0$) и когда $t \rightarrow \infty$.

Указанные выражения легко преобразуются к виду удобному для расчетов:

$$P_k = \frac{P(k, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \frac{R(m + \delta, \gamma) - R(\delta, \gamma)}{P(\delta, \gamma)}}, \quad (0 \leq k \leq n), \tag{3}$$

$$P_{n+s} = \frac{P(n, \alpha) \frac{P(s + \delta, \gamma)}{P(\delta, \gamma)}}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \frac{R(m + \delta, \gamma) - R(\delta, \gamma)}{P(\delta, \gamma)}}, \quad (1 \leq s \leq m). \quad (4)$$

Тогда очевидно вероятность обслуживания сообщения будет равна отношению усредненного количества сообщений λ_0 , за единицу времени, к плотности общего потока сообщений λ :

$$P_{\text{обс}} = \frac{\lambda_0}{\lambda}. \quad (5)$$

Величина λ_0 определяется из соотношения: $\lambda_0 = \bar{k} \cdot \mu$,

где: \bar{k} - усредненное количество операторов, занятых в обработке сообщений:

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^n kP_k + n \sum_{s=1}^m P_{n+s}.$$

Если $\delta = \frac{n}{\beta} = \frac{n\mu}{\nu}$ - целое число, то:

$$\bar{k} = \frac{\alpha R(n-1, \alpha) + nP(n, \alpha) \frac{R(m + \delta, \gamma) - R(\delta, \gamma)}{P(\delta, \gamma)}}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \frac{R(m + \delta, \gamma) - R(\delta, \gamma)}{P(\delta, \gamma)}}. \quad (6)$$

Если δ не целое число, то вычисление можно провести для двух ближайших к величине δ целых чисел и произвести между ними линейную интерполяцию. Такой прием дает удовлетворительные по точности результаты [1].

При неограниченной длине очереди ($m \rightarrow \infty$), формулы упрощаются с учетом того, что: $\lim_{m \rightarrow \infty} R(m + \delta, \gamma) = 1$.

Если сообщения в очереди остаются до начала обслуживания, тогда $\nu = 0$, а значит и $\beta = 0$, то можно записать:

$$P_k = \frac{P(k, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \chi \cdot \frac{1 - \chi^m}{1 - \chi}}, \quad (7)$$

$$P_{n+s} = \frac{P(n, \alpha) \cdot \chi^s}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \chi \cdot \frac{1 - \chi^m}{1 - \chi}}, \quad (8)$$

а вероятность обработки (обслуживания) информации:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{n+m} = 1 - \frac{P(n, \alpha) \cdot \chi^m}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \chi \cdot \frac{1 - \chi^m}{1 - \chi}}, \quad (9)$$

где: $\chi = \frac{\alpha}{n} = \frac{\lambda}{n\mu}$.

В системе с неограниченным числом мест в очереди ($m \rightarrow \infty$) и $\nu = 0$ стационарный режим может существовать только при $\chi < 1$ [1].

Выводы: Полученные выражения (1)-(9) легко программируются на ЭВМ, позволяя, в отличие от известных методов, оценить оперативность прохождения информации в ПМК сразу в целом, а не по этапам обработки информации. Это упрощает выбор оптимальной структуры ПМК без проведения многократных расчетных итераций, что повышает вероятность обработки поступающих сообщений и оперативность функционирования автоматизированного комплекса скрытого управления ГУВД.

Список литературы

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей : учебник / Е.С.Вентцель. — 11-е изд., стер. — М.: КНОРУС, 2010.— 664 с
2. *Крупенин А.В.* Математическая модель автоматизированного комплекса обработки конфиденциальной информации в системе скрытого управления органов внутренних дел // Труды II Всероссийской научн.-практ. конф. - Краснодар, КУ МВД РФ, 2006. С.29-35.
3. *Герасименко В.А.* Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. В 2-х кн. – М.: Энергоиздат, 1994. – 302 с.
4. *Завгородний В.И.* Комплексная защита информации в компьютерных системах. – М.: Логос, ПБОЮЛ Егоров Н.А., 2001. – 264 с.
5. *Малюк А.А., Пазизин С.В., Погожий Н.С.* Введение в защиту информации в автоматизированных системах . – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. С. 147.
6. *Домарев В.В.* Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – К.: ДиаСофт, 2002. С. 688.
7. *Щеглов А.Ю.* Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. М.: Наука и техника, 2004. С. 384.

05.13.19

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов д-р техн. наук, В.А. Минаев д-р техн. наук

АО «Объединенная ракетно-космическая корпорация» -
«НИИ – космического приборостроения»,
Москва, smich-kr@mail.ru,
НЧОУ ВО «КИИЗ»,
Краснодар, kiiz@rambler.ru,
МГТУ имени Н.Э.Баумана,
Москва, mlva@yandex.ru

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ СВЯЗИ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ ОВД ПРИ ВЕДЕНИИ КОНТРТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

В работе разрабатывается на уровне структурных схем способ резервирования каналов корпоративной сети органов внутренних дел (ОВД), обеспечивающий непрерывность связи при ведении контртеррористических операций.

Ключевые слова: *контртеррористическая операция, резервный канал связи, устройство автоматической коммутации каналов.*

Введение

При ведении контртеррористических операций предъявляются жесткие требования к непрерывности связи между центральным и подчиненными локальными сетями в условиях активных преднамеренных помех со стороны криминальных структур. Это обусловлено тем, что даже кратковременный выход из строя канала может привести к срыву управления, что недопустимо в ходе выполнении контртеррористических операций ОВД [1,2,3]. В работе рассмотрен способ резервирования каналов корпоративной сети ОВД с автоматическим переключением на резервный канал связи при ухудшении качества основного канала связи ниже заданной нормы.

Резервирование каналов для передачи информации наряду с непрерывностью связи позволяет также повысить коэффициент готовности системы передачи информации. Эффективность резервирования каналов связи повышается, когда будет осуществляться автоматически. В корпоративных сетях ОВД передача управляющей информации осуществляется через аппаратуру с решающей обратной связью (РОС), поэтому предполагается, что оба канала (основной и резервный) дуплексные и могут быть оборудованы устройствами автоматической коммутации каналов (УАКК).

В УАКК необходимо использовать кодовый принцип контроля, при котором в случае достижения порогового количества обнаруженных ошибок делается вывод о непригодности данного канала. Для переключения на резервный канал необходимо решить две принципиальные задачи: установить границу пропускной способности канала, когда канал считается неработоспособным; определить длительность временного интервала прерываний связи, чтобы суждение о пригодности канала было обоснованным.

По данным МКТТ дискретный канал считается неисправным при пропадании его на 300 мсек и более [4,5,6]. По данным отечественной и зарубежной литературы канал считается пригодным для передачи данных, если средняя норма ошибок по импульсам не превышает $5 \cdot 10^{-3}$ или $5 \cdot 10^{-2}$ [5]. Показателем качества канала может служить также число ошибочных комбинаций или число запросов в единицу времени [4]. При среднем качестве канала $P = 5 \cdot 10^{-3}$ потери времени на переспросы не превышают 9%. При этом за 4,5 мин. будет не более 100 запросов при скорости передачи 1200 бод [4,5]. При $P = 5 \cdot 10^{-2}$ (для радиоканалов) потери времени на переспросы составят примерно 22% [4,5]. Из этого можно сделать вывод, что при скорости передачи информации в канале равной 75 бод, за 4,5 мин будет не более 70 запросов.

Исходя из этих соотношений, легко устанавливается емкость счетных схем. Автоматическое переключение может осуществляться либо по приему и передаче одновременно, либо порознь. Последняя программа является более гибкой, так как позволяет осуществить четыре варианта: передача и прием по первому каналу; передача по первому каналу, прием по второму каналу; передача по второму каналу, прием по первому каналу; передача и прием по второму каналу.

Система РОС, позволяет определить в каком направлении канал имеет худшее качество. Это возможно вследствие того, что в аппаратуре РОС блокировка, например, комплекта А, при искажениях в канале от Б к А, происходит по сигналу с анализатора признака соответствия (АПС), а при искажениях в канале от А к Б по сигналу с дешифратора комбинации "Запрос".

Общая программа работы устройства, обеспечивающего автоматическое переключение, может быть выполнена следующим образом: если число запросов и ошибок по отношению к объему принятой информации за время анализа превышает заданную норму, то выдается предварительный сигнал "С1" о необходимости переключения; если блокировка приемника осуществляется примерно с одинаковой частотой как от сигналов АПС, так и от сигналов с дешифратора комбинации «Запрос» (ДШКЗ), то выдается исполнительный сигнал "С2", об одновременном переходе на резервный канал как на передаче, так и на приеме; если блокировка приемника осуществляется чаще по сигналам АПС, нежели по сигналам с ДШКЗ, то выдается исполнительная команда "С3" на отбраковку канала приема; если блокировка приемника осуществляется чаще по сигналам с ДШКЗ, то выдается исполнительный сигнал "С4" о переключении на резервный канал в цепи передачи; если число запросов или ошибок подряд превышают заданную норму, то непосредственно выдаются исполнительные сигналы С4 или С3 соответственно.

Ниже дана реализация данной программы работы УАКК аппаратно. В соответствии с разработанной выше программой работы структурная схема УАКК представлена на рис. 1 (а,б). В УАКК предусмотрены три основные части.

Контрольно-решающее устройство (КРУ), см. рис. 1 а, состоящее из: счетчика запросов и ошибок; схемы сравнения числа ошибок и запросов; счетчика запросов подряд; схемы сброса счетчика запросов подряд; счетчика ошибок подряд; схемы сброса счетчика ошибок подряд; реле времени.

Устройство формирования сигналов коммутации состоящее из схем "И" и "ИЛИ".

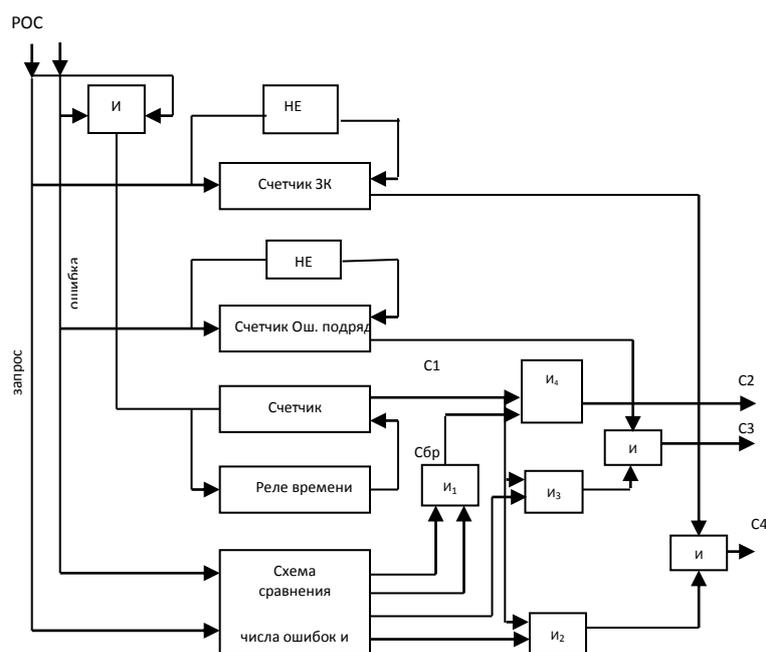


Рис. 1 (а) Структурная схема УАКК

Исполнительное устройство, обеспечивающее непосредственное переключение каналов, см. рис. 1 б.

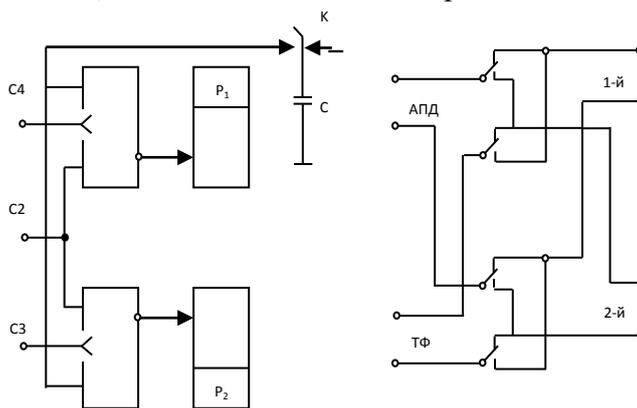


Рис. 1 (б) Устройство формирования сигналов коммутации

Кратко остановимся на предназначениях, указанных выше узлов. Счетчик запросов и ошибок предназначен для образования предварительного сигнала "С1", устанавливающего порог, по достижении которого делается заключение об ухудшении качества канала. Схема сравнения числа ошибок и запросов служит для определения канала, который необходимо переключить. Реле времени определяет временной интервал, в течение которого производится анализ качества канала. Оно сбрасывает две последние схемы в исходное состояние, если за время анализа на счетчик поступило сигналов с ДШКЗ и АПС, меньше заданного. Счетчики запросов и ошибок подряд срабатывают в случаях пропадания каналов на время, большее 300 мсек. Схемы сброса счетчиков осуществляют сброс, если запросы и ошибки не следуют подряд. Устройство формирования сигналов коммутации объединяет логику работы перечисленных выше узлов. Исполнительное устройство, показанное на рисунке 1 (б), предназначено для переключения каналов и состоит из двух триггеров, двух реле и четырех сигнальных лампочек. Триггер первый и реле P1 воздействуют на канал передачи, а триггер второй и реле P2 на канал приема.

По структурной схеме легко понять принцип работы УАКК. Импульсы с ДШКЗ поступают одновременно на счетчик запросов подряд, схему сброса этого счетчика, счетчик запросов и ошибок и схему сравнения числа ошибок и запросов. Канал передачи анализируется по числу комбинаций "запрос", пришедших с противоположной станции. Канал приема анализируется по числу комбинаций, принятых с ошибками. При поступлении подряд запросных комбинаций счетчик запросов (ошибок) подряд заканчивает счет и выдает сигнал через схему ИЛИ на триггер первый (второй). В результате происходит переключение канала передачи (приема) на резервный канал. Из рассмотренного ясно, что данное переключение произойдет только при полном пропадании канала. Счетчик запросов и ошибок и схема сравнения числа запросов и ошибок производят общий подсчет и сравнение по количеству числа запросов и ошибок. При удовлетворительном канале счетчик запросов и ошибок и схема сравнения числа ошибок и запросов сбрасываются в исходное состояние по сигналам от реле времени. При ухудшении качества каналов ниже нормы, счетчик запросов и ошибок досчитывает до конца и выдает сигнал о необходимости переключения на резервный канал, открывая схемы "И" в устройстве коммутации. При равенстве количества ошибок и запросов, выдается сигнал на их переключения каналов передачи и приема; если число запросов значительно превышают число ошибок, выдается сигнал о переключении на резервный, канала передачи; если число ошибок значительно превышают число запросов, выдается сигнал о переключении на резервный, канала приема. Эти сигналы формируется схемой сравнения и проходят на исполнительную часть через схемы "И" или "ИЛИ".

Таким образом, разработанный способ резервирования каналов с автоматическим переключением по разработанной программе работы позволит обеспечить непрерывность связи и повышает коэффициент готовности системы передачи сообщений в ходе ведения контртеррористических операций.

Список литературы

1. POSITIVE RESEARCH 2016 / Сборник исследований по практической безопасности - <http://www.ptsecurity.ru>, официальный сайт компании POSITIVE TECHNOLOGIES
2. *Нестеров С.А.* Информационная безопасность и защита информации: Учебное пособие / С.А. Нестеров. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 126 с.
3. *Соколов А.В.* Шпионские штучки. Новое и лучшее. / А.В.Соколов. — СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000.— 256 с.
4. *Финк Л.М.* Теория передачи дискретных сообщений: Учебник / Л.М.Финк - М.: Советское радио, 1970.
5. Системы связи: Учебное пособие / под общей редакцией С.И. Макаренко, В.И.Сапожников, Г.И.Захаренко, В.Е.Федосеев. – Воронеж: Издание ВАИУ, 2011 – 287 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

Д.А. Безуглов, Ю.Д. Безуглов, В.И. Юхнов
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ГРУППОВЫХ МЕР
ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ОСНОВАННЫЙ НА
МАРКОВСКИХ МОДЕЛЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ
Ключевые слова: эволюция основной погрешности, групповая
мера единицы величины, автономная поверка.

В работе впервые в качестве модели эволюции основной погрешности групповой меры единицы величины принят приближенный к винеровскому процесс. Предложен новый способ воспроизведения частоты групповой мерой в условиях полной автономности с минимизацией методической погрешности измерений. На базе созданного научно-методического аппарата разработаны новые схемотехнические и конструктивные решения по созданию структур высокоточных устройств оценки действительного значения единицы величины цифровой и аналоговой групповой меры.

Л.А. Галиуллин, Е.В. Зубков, А.Н. Илюхин,
А.Х. Тазмеев, Ш.Ш. Хузятов
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВЕБ-
ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: автоматизация, информация, сеть, веб.
Проведено моделирование автоматизированной информационной системы на базе веб-технологий. Проведено проектирование АИС на базе веб-технологий с использованием методологии UML. На основе проведенного моделирования и проектирования была разработана АИС, на которую было получено свидетельство о регистрации программы ЭВМ.

Д.С. Горбатенко
БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА, ИСПОЛЪЗУЕМОГО В РЕЖИМЕ
ЛЕГКОВОГО ТАКСИ

Ключевые слова: перевозочные услуги, легковое такси,
дорожно-транспортное происшествие, нарушения правил
дорожного движения, профилактика аварийности.
В статье рассматривается проблематика обеспечения безопасности движения при оказании таксомоторных перевозочных услуг. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий как с участием, так и по вине водителей такси. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности.

С.А. Даденков, Е.Л. Кон
СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧИ
И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЯХ СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ
Ключевые слова: LonWorks, Fieldbus, вероятностные и
временные характеристики, передача и обработка данных,
проектирование, сенсорные сети.

В работе предложены способы обеспечения заданных вероятностных и временных характеристик передачи и обработки данных в информационно-управляющих сетях, частности сети LonWorks. Предложен алгоритм выбора способа и рекомендации по его реализации, в зависимости от проектируемых характеристик, параметров и режима функционирования сети.

С.А. Даденков, Е.Л. Кон
АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЕЙ С ЗАДАНЫМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ
ДАННЫХ

Ключевые слова: LonWorks, Fieldbus, вероятностные и
временные характеристики, передача и обработка данных,

D.A. Bezuglov, Yu.D. Bezuglov, V.I. Yukhnov
MATHEMATICAL APPARATUS FOR GROUP MEASURES
OF UNITS OF PHYSICAL QUANTITIES BASED ON
MARKOV MODELS OF RANDOM PROCESSES

Keywords: evolution of the basic error, group measure of a unit
of magnitude, autonomous verification.

For the first time, a Wiener-like process was used as a model for the evolution of the basic error of a group measure of a unit of magnitude. A new method for reproducing the frequency of a group measure in full autonomy with minimizing the methodological error of measurements is proposed. On the basis of the created scientific and methodological apparatus, new circuitry and design solutions have been developed to create structures for high-precision devices for evaluating the actual value of a unit of a digital and analog group measure.

L.A. Galiullin, E.V. Zubkov, A.N. Pliukhin, A.H. Tazmееv,
S.S. Khuzyatov
MODELING OF AN AUTOMATED INFORMATION
SYSTEM ON THE BASIS OF WEB TECHNOLOGIES

Keywords: automation, information, network, web.
The modeling of an automated information system based on web technologies was carried out. The design of AIS based on web technologies using the UML methodology. Based on the modeling and design, an AIS was developed, for which a certificate of registration of a computer program was received.

D.S. Gorbatenko
SAFETY OF OPERATION OF VEHICLE VEHICLES USED
IN PASSENGER TAXI MODE

Keywords: transportation services, passenger taxi, traffic
accident, traffic violations, accident prevention.
The article discusses the problems of ensuring traffic safety in the provision of taxi transportation services. The analysis of the main causes of traffic accidents was carried out both with the participation and the fault of taxi drivers. Accident prevention measures are proposed and theoretically justified.

S.A. Dadenkov, E.L. Kon
METHODS OF PROVIDING CHARACTERISTICS OF
TRANSMISSION AND DATA PROCESSING IN
INFORMATION-MANAGING NETWORKS WITH RANDOM
ACCESS

Keywords: Probabilistic and temporal characteristics, data
transmission and processing, design, sensor networks.
The paper suggests methods to provide the specified probabilistic and temporal characteristics of data transmission and processing in information-control networks, in particular, the LonWorks network. An algorithm is proposed for choosing a method and recommendations for its implementation, depending on the designed characteristics, parameters, and network operation mode.

S.A. Dadenkov, E.L. Kon
ALGORITHM FOR DESIGNING INFORMATION-
MANAGING NETWORKS WITH THE PRESENT
CHARACTERISTICS OF DATA TRANSFER AND
PROCESSING

Keywords: Probabilistic and temporal characteristics, data
transmission and processing, design, sensor networks.

проектирование, сенсорные сети.

В работе предложен алгоритм проектирования информационно-управляющих сетей с заданными вероятностными и временными характеристиками сбора, передачи и обработки данных. Новизной алгоритма является комбинирование аналитической и имитационной моделей функционирования сети для снижения вычислительной сложности и повышения точности оценки характеристик, а также способы и рекомендации достижения требуемых показателей функционирования.

Ж.Г. Могилюк

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: здания и сооружения, техническое состояние, мониторинг параметров безопасности, надежность результатов мониторинга.

В статье рассмотрены потенциальные возможности по надежности различных физических принципов обследования технического состояния строительных конструкций. Показано, что принципиальные преимущества динамического метода натурного исследования физического износа материалов строительных конструкций по надежности соответствуют нормативным требованиям по допустимым рискам прогрессирующего обрушения зданий и сооружений порядка 10^{-5} ÷ 10^{-6} в год.

Е.С. Юдт, А.П. Буйносов

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ РЕДУКТОРОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ключевые слова: электровоз, тяга, узел, деталь, отказ, редуктор, зубчатая передача, надежность, повышение, способ.

Приводится анализ причин отказов узлов и деталей грузовых электровозов, допущенных на инфраструктуре ОАО «РЖД». Определены основные узлы и элементы механической части грузовых электровозов, подверженные отказам, причины их возникновения. Определены основные направления по повышению надежности тяговой зубчатой передачи.

С.М. Климов, Дь.А. Соколов, Ю.Ж. Дондоков АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРИКЕТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ

Ключевые слова: пеллеты, куриный помёт, утилизация, птицеводческие хозяйства, экологичность, переработка куриного навоза, экологичная опасность, технология переработки, изготовление и пеллетов.

Современные птицефабрики являются производителями большого количества отходов. К основным отходам, представляющим большую опасность для экологии является птичий помет. В статье рассматриваются вопросы утилизации птичьего помета. Появляется возможность использования отходов для производства тепла и удобрений на собственные нужды, и продажи сторонним потребителям, реализации населению и организациям пеллетов собственного производства.

А.Р. Фардеев, Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

Ключевые слова: ветронасосная установка, технологический процесс, система циркуляции жидкости, внешний момент, воздушный поток, сила давления ветра.

В данной статье рассмотрена работа ветронасосной установки, используемой в технологическом процессе циркуляции жидкости, при скорости ветра, превышающей максимально допустимое значение. Предложена система автоматического уменьшения мощности установки методом ограничения воздушного потока. Проведён анализ работы

The paper suggests ways to provide the specified probabilistic and temporal characteristics of data transmission and processing in information-control networks, in particular, the LonWorks network. An algorithm is proposed for choosing a design method and recommendations for its implementation, depending on the designed characteristics, parameters, and network operation mode.

Zh.G. Mogiljuk

PHYSICAL PRINCIPLES OF DYNAMIC SURVEYS OF CONSTRUCTION OBJECTS TECHNICAL CONDITION

Keywords: buildings and structures, technical condition, monitoring of safety parameters, reliability of monitoring results. The article considers the results of a comparative analysis of the results reliability of various physical principles using of the buildings and structures technical condition inspection . It is shown that the principal advantages of the dynamic method of full-scale study of building materials physical wear are several orders of magnitude higher than the possibilities of static methods, including geodesic, and the reliability meets the regulatory requirements for the permissible risks of progressive collapse of buildings and structures of the order of 10^{-5} ÷ 10^{-6} per year.

E.S. Yudt, A.P. Buinosov

METHOD FOR INCREASING THE RELIABILITY OF ELECTRIC TRUCK TRACTION REDUCERS

Keywords: electric locomotive, traction, assembly, component, failure, gear, gear, reliability, increase, method.

The summary: The analysis of the causes of failures of components and parts of freight electric locomotives allowed on the infrastructure of JSC Russian Railways. The main components and elements of the mechanical part of freight electric locomotives that are susceptible to failure, the causes of their occurrence are identified. The main directions for improving the reliability of the traction gear transmission.

S.M. Klimov, D.A. Sokolov, U.Sh. Dondokov АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БРИКЕТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ

Keywords: pellets, chicken droppings, utilization, poultry farms, environmental friendliness, processing of chicken manure, environmental hazard, processing technology, production of pellets.

Modern poultry farms produce large amounts of waste. The main waste that poses a great danger to the environment is bird droppings. The article deals with the utilization of bird droppings. there is the possibility of using waste for the production of heat and fertilizers for own needs, and selling it to outside consumers, selling the pellets of own production to the population and organizations.

A.R. Fardeev, L.A. Feoktistova, T.V. Rzaeva АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

Keywords: wind pump installation, technological process, fluid circulation system, external moment, air flow, wind pressure force.

This article discusses the operation of a wind pump installation used in the technological process of fluid circulation at a wind speed exceeding the maximum allowable value. A system for automatically reducing the installation capacity by the method of restricting air flow is proposed. The analysis of the wind pump installation operation, provided that the external moment applied to the rotor of the wind turbine is preserved, as well as the

ветронасосной установки, при условии сохранения внешнего момента, приложенного к ротору ветродвигателя, а также анализ работы системы при изменении скорости ветра. Использование разработанной системы автоматического уменьшения мощности ветронасосной установки позволяет регулировать воздушный поток на ходу с целью сохранения силы давления ветра на лопасти ветродвигателя.

Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева, А.Р. Фардеев, С.М. Егорова
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ЛЕКЦИЙ ПО
ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ В СРЕДЕ POWER POINT

Ключевые слова: Начертательная геометрия, инженерная графика, графические дисциплины, информационные технологии, мультимедийная презентация, интерактивность. В статье представлен опыт разработки и внедрения в учебный процесс мультимедийного курса лекций по графическим дисциплинам на примере приложения Power Point программы MS Office. Показаны достоинства и недостатки применения современных информационных технологий в образовании. Аргументируется необходимость оптимального сочетания традиционных и мультимедийных технологий.

А.П. Буйносов, А.Т. Шарапов
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ключевые слова: электровоз, геометрия, зубчатая передача, элемент, расчет, совершенствование.

Приводится усовершенствованная методика геометрического расчета элементов зубчатой передачи тягового подвижного состава. В предложенной авторами методике учитывается вписывание зубчатого колеса в габарит и геометрические параметры эвольвентного зацепления зубьев пары «зубчатое колесо–шестерня».

А.Б. Сорокин, Л.М. Железняк
АВТОМАТИЧЕСКАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗМЕТКА
ТЕКСТА

Ключевые слова: компьютерная лингвистика, частеречная разметка, автоматическая обработка документов, русский язык, обработка текстов на естественном языке.

Рассматриваются вопросы построения систем классификации и кластеризации текстовых данных, на основе автоматической морфологической разметки русскоязычных текстов. Обсуждены возможные применения результатов анализа.

В.И. Хрусталева, А.С. Демедюк
УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ К ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫМ
ИНТЕРФЕЙСАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БЕСКОНТАКТНЫХ
АССИСТИВНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: человеко-машинные интерфейсы, ассистивный пользовательский интерфейс, закон П. Фиттса. Рассматривается вопрос использования бесконтактных ассистивных систем при проектировании человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) для людей с ограниченными возможностями здоровья. Приведен перечень требований для разработки ЧМИ, опираясь на которые возможна реализация качественного и эффективного ЧМИ, ориентированного не только на бытовые нужды, но и полноценное взаимодействие с технологическим процессом на предприятии.

С.Д. Шибайкин, А.А. Аббакумов, В.В. Никулин
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ ДЛЯ
МАЛОИНВАЗИВНЫХ МЕДИЦИНСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ
НА ОСНОВЕ 3-D МОДЕЛИ ПОСТРОЕННОЙ ПО УЗ-
ИЗОБРАЖЕНИЮ

Ключевые слова: комплекс, обработка изображений, фильтрация, сегментирование, триангуляция, УЗ-изображение, КТ-изображение, малоинвазивные манипуляции. В работе рассматривается процесс проектирования

analysis of the system operation when the wind speed changes is carried out. Using the developed system to automatically reduce the power of the wind pump installation allows you to adjust the air flow on the go in order to maintain the pressure force of the wind on the wind turbine blades.

L.A. Feoktistova, T.V. Rzaeva, A.R. Fardeev, S.M. Egorova
EXPERIENCE OF USING MULTIMEDIA LECTURES ON
ENGINEERING GRAPHICS IN THE ENVIRONMENT
POWER POINT

Keywords and phrases: Descriptive geometry, engineering graphics, graphic disciplines, information technology, multimedia presentation, interactivity.

The article presents the experience of developing and implementing a multimedia course of lectures on graphic disciplines in the educational process using the Power Point application of the MS Office program as an example. The advantages and disadvantages of using modern information technologies in education are shown. The necessity of the optimal combination of traditional and multimedia technologies is argued.

A.P. Buinosov, A.T. Sharapov
IMPROVEMENT OF GEOMETRIC CALCULATION OF
GEAR ELECTRIC CARGO TRANSMISSION

Keywords: electric locomotive, geometry, gear, element, calculation, improvement.

An improved technique for geometric calculation of gear elements of traction rolling stock is given. The technique proposed by the authors takes into account the fit of the gear into the size and geometric parameters of the involute gear engagement of the teeth of the “gear – pinion” pair.

A.B. Sorokin, L.M. Zheleznyak
AUTOMATIC MORPHOLOGICAL TEXT MARKING

Keywords: computer linguistics, part-time markup, automatic document processing, Russian language, natural language text processing.

The problems of building classification systems and clustering of text data based on automatic morphological markup of Russian-language texts are considered. Possible applications of the analysis results are discussed.

V.I. Khrustaleva, A.S. Demedyuk
TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS FOR
HUMAN-MACHINE INTERFACES IN THE DEVELOPMENT
OF CONTACTLESS ASSISTIVE SYSTEMS

Keywords: human-machine interfaces, assistive user interface, p. Fitts law.

We consider the use of contactless passive systems in the design of the human-machine interface (HMI) for people with disabilities. The list of requirements for the development of PMI, based on which it is possible to implement high-quality and effective PMI, focused not only on household needs, but also full interaction with the technological process at the enterprise.

S.D. Shibaykin, A.A. Abbakumov, V.V. Nikulin
VISUALIZATION AND NAVIGATION SYSTEM
SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MINIMALLY INVASIVE
MEDICAL MANIPULATIONS BASED ON 3-D MODEL
CONSTRUCTED BY ULTRASOUND IMAGES

Keywords: complex, image processing, filtering, segmentation, triangulation, ultrasound image, CT image, minimally invasive manipulations.

The paper considers the design process of a robotic complex for high-precision 3D-needle insertion for biopsy of tumors and

роботизированного комплекса для высокоточного 3D-введения игл для биопсии опухолей и зондов терапевтических устройств, выполняющих различные медицинские манипуляции (абляция, гипертермия, локальная пункция сосудов, регионарная анестезия). Точность введения обеспечивается компьютерным анализом УЗ-изображений целевого участка ткани в нескольких срезах и построением цифровой 3D-модели участка, привязанной к анатомическим ориентирам и положению пациента на столе. Программная визуализация патологических областей позволит разработать точную схему введения зондов для манипуляций.

С.Д. Шибайкин, А.И. Егунова, А.А. Аббакумов
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ,
ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА И МЕТОДА БЛИЖАЙШИХ
СОСЕДЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НОРМАТИВНО-
СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: классификация, ИТ-услуга, НСИ, градиентный бустинг, нейронная сеть, метод ближайших соседей, векторизация, ITIL, ITSM.

В работе рассматривается сравнение результатов автоматической классификации текстовой и нормативно-справочной информации с помощью градиентного бустинга, нейронной сети и метода ближайших соседей. Для предварительной векторизации и выделения ключевых слов в информации, записанной на естественном языке, будет использоваться лемматизация и мера TF-IDF.

И.А. Акимов, А.И. Акимов, А.А. Мукашев
АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ
ЗАДАЧ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С
НЕОДНОРОДНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Ключевые слова: стационарная и нестационарная теплопроводность тел канонической формы, ограниченные и неограниченные тела, однородные и неоднородные граничные условия.

В работе рассмотрены решения нелинейных задач стационарной теплопроводности в декартовой и цилиндрической системах координат методом конечного интегрального преобразования.

А.И. Акимов, И.А. Акимов, А.А. Мукашев
АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ
ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Ключевые слова: нестационарная задача, нелинейная задача, однородные граничные условия, конечное интегральное преобразование.

В работе представлены методы решения нелинейных задач нестационарной теплопроводности с однородными граничными условиями методом конечного интегрального преобразования.

Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, Д.К. Шакуров, С.Р. Ишинбаев
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАМЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ В
СИСТЕМЕ NX UNIGRAPHICS

Ключевые слова: грузовой автомобиль, перфорированная рама, метод конечных элементов, кососимметричное нагружение.

В статье рассматриваются конструкция и задачи расчета рам грузового автомобиля. Приведены результаты расчета напряженно-деформированного состояния перфорированной рамы грузового автомобиля методом конечных элементов. На основании данных исследований предложено применение усовершенствованной перфорированной рамы в конструкции автомобиля.

Ф.А. Галимянов
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ
РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОБРАТНОГО
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

probes of therapeutic devices performing various medical procedures (ablation, hyperthermia, local vascular puncture, regional anesthesia). The accuracy of the introduction is provided by computer analysis of ultrasound images of the target tissue site in several sections and the construction of a digital 3D model of the site, tied to the anatomical landmarks and the position of the patient on the table. Software visualization of pathological areas will allow to develop an accurate scheme for introducing probes for manipulation.

S.D. Shibaykin, A.I. Egunova, A.A. Abbakumov
ANALYSIS OF APPLICATION OF NEURAL NETWORKS,
GRADIENT BOOSTING AND THE METHOD OF NEAREST
NEIGHBORS FOR CLASSIFICATION OF REGULATORY
REFERENCE INFORMATION

Keywords: classification, IT service, NRI, gradient boosting, neural network, nearest neighbors method, vectorization, ITIL, ITSM.

The paper considers a comparison of the results of automatic classification of textual and normative reference information using gradient boosting, a neural network, and the nearest neighbor method. For preliminary vectorization and selection of keywords in information recorded in a natural language, lemmatization and the TF-IDF measure will be used.

I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev
ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING NONLINEAR
PROBLEMS OF STATIONARY HEAT CONDUCTION WITH
INHOMOGENEOUS BOUNDARY CONDITIONS

Keywords: stationary and non-stationary thermal conductivity of canonical bodies, bounded and unlimited bodies, homogeneous and inhomogeneous boundary conditions.

The paper considers the solutions of nonlinear problems of stationary heat conduction in Cartesian and cylindrical coordinate systems by the method of finite integral transformation.

I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev
ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING NONLINEAR
PROBLEMS OF UNSTEADY HEAT CONDUCTION WITH
HOMOGENEOUS BOUNDARY CONDITIONS BY THE
METHOD OF FINITE INTEGRAL TRANSFORMS

Keywords: non-stationary problem, non-linear problem, homogeneous boundary conditions, finite integral transformation.

The paper presents methods for solving nonlinear problems of unsteady heat conduction with homogeneous boundary conditions by the method of finite integral transformation.

R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, D.K. Shakurov, S.R. Ishinbaev
MODELING A TRUCK FRAME IN THE NX UNIGRAPHICS
SYSTEM

Keywords: truck, perforated frame, finite element method, axisymmetric loading.

The article discusses the construction and tasks of calculating the frames of a truck. The results of calculating the stress-strain state of the perforated frame of a truck by the finite element method are presented. Based on these studies, the use of an improved perforated frame in the design of the car is proposed.

F.A. Galimyanov
COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR
IMPLEMENTING THE BACK-PROPAGATION METHOD
FOR TRAINING NEURAL NETWORKS
Keywords: error back propagation, impulse, gain, local minima,

Ключевые слова: обратное распространение ошибки, импульс, усиление, локальные минимумы, функция активации, скорость обучения.

Проведено сравнительное численное моделирование пяти алгоритмов метода обратного распространения ошибки. Были реализованы математические модели алгоритмов, получены численные результаты. Эффективность алгоритмов сравнивалась на задачах классификации Ириса и получения среднеквадратичной ошибки. Для алгоритмов вычислены параметры: точность, отказ. Сделаны выводы относительно модификаций алгоритмов реализации метода обратного распространения ошибки.

Е.О. Каракулина, Е.В. Спиридонова
**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛООБМЕНА В
 МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ С
 СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ НА ЭТАПЕ
 ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗОГРЕВА**

Ключевые слова: многослойная композитная конструкция, сотовый наполнитель, метод конечных разностей, метод прогонки, автоклав.

В данной работе представлены результаты численного решения задачи теплообмена в многослойной композитной конструкции с сотовым наполнителем на этапе предварительного разогрева изделия при его автоклавном формовании.

Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, З.А. Аюкин
**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ
 ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АВТОМОБИЛЬНОГО
 ДВИГАТЕЛЯ**

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, ресурс двигателя, бортовое диагностирование, цилиндро-поршневая группа, кривошипно-шатунный механизм.

В статье рассмотрена схема изменения технического состояния узлов двигателя по мере увеличения пробега автомобиля с начала эксплуатации. Приведена математическая модель оценки остаточного ресурса двигателя с использованием бортовой системы диагностирования. Представлен подход к установлению взаимосвязи между структурными и диагностическими параметрами.

А.А. Суходоева, И.А. Оборина, Т.С. Суходоева
**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЛАИВАНИЯ
 КОМПОЗИТА**

Ключевые слова: композиционные материалы, прочность, трехточечный метод изгиба, расслоение, когезионная зона.

В работе рассмотрена модель оценки прочности композиционного слоистого материала, занимающая промежуточное положение между макрооднородными и микроструктурными моделями. Большое внимание уделено анализу условий разрушения и живучести конструкций, использованию результатов экспериментального исследования прочностных свойств.

Н.С. Хитерхеева, П.А. Болоев
**ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
 РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА
 НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ**

Ключевые слова: дизельный двигатель, математическое моделирование, мощность, крутящий момент, динамические характеристики.

Работа посвящена построению теоретической модели дизельного двигателя. Для исследования использован метод регрессионного анализа. Отклонение теоретических данных от экспериментальных составил 3-9%. Теоретическая модель позволяет оценить влияние многих параметров на мощность дизельного двигателя. Установлена взаимосвязь параметров дизельного двигателя, которая позволяет оценить качественную сторону влияния этих параметров на мощность двигателя. Доказана правомерность принятых

activation function, artificial neuron network learning.

A comparative numerical simulation of the five algorithms of the back-propagation method of error is carried out. Mathematical models of the algorithms were implemented, and numerical results were obtained. The efficiency of the algorithms was compared on the problems of Iris classification and obtaining the standard error. For the algorithms the parameters are calculated: accuracy, failure. Conclusions are drawn regarding modifications of the implementation of the algorithms for the back-propagation method of the error.

Е.О. Karakulina, E.V. Spiridonova
**NUMERICAL SOLUTION OF THE HEAT EXCHANGE
 PROBLEM IN A MULTI-LAYER COMPOSITE STRUCTURE
 WITH CELLULAR FILLER AT THE PRE-HEATING STAGE**

Keywords: multilayer composite construction, honeycomb core, finite difference method, sweep method, autoclave.

This paper presents the results of a numerical solution of the heat transfer problem in a multilayer composite structure with a honeycomb core at the stage of preliminary heating of the product during its autoclave molding.

D.I. Nuretdinov, A.Yu. Barykin, R.M. Galiyev, Z.A. Ajukin
**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR
 EVALUATING THE RESIDUAL RESOURCE OF A CAR
 ENGINE**

Keywords: internal combustion engine, engine life, on-Board diagnostics, cylinder-piston group, crank mechanism.

The article discusses a scheme for changing the technical condition of engine components as the vehicle mileage increases from the beginning of operation. A mathematical model for estimating the residual life of an engine using an onboard diagnostic system is presented. An approach to establishing the relationship between structural and diagnostic parameters is presented.

А.А. Sukhodoeva, I.A. Oborina, T.S. Sukhodoeva
NUMERICAL STUDY OF COMPOSITE DELAMINATION
Keywords: composite materials, durability, method of three-point bending, delamination, cohesive zone.

This paper considers a model for evaluating the strength of a composite layered material that occupies an intermediate position between macro-heterogeneous and microstructural models. Much attention is paid to the analysis of fracture conditions and survivability of structures, using the results of an experimental study of strength properties.

N.S. Khiterheeva, P.A. Boloev
**PRINCIPLES OF MATHEMATICAL MODELING OF DIESEL
 ENGINE OPERATION IN TRANSIENT MODES**

Keywords: diesel engine, mathematical modeling, power, torque, dynamic characteristics.

The work is devoted to the construction of a theoretical model of a diesel engine. For research, the method of regression analysis was used. The deviation of theoretical data from experimental data was 3-9%. The theoretical model allows us to estimate the influence of many parameters on the power of a diesel engine. The relationship between the parameters of a diesel engine is established, which allows us to assess the qualitative side of the influence of these parameters on engine power. The validity of the assumptions made in the preparation of the theoretical model is proved, which makes it possible to simulate the behavior of a diesel engine when its basic characteristics change during

допущений при составлении теоретической модели, что дает возможность моделирования поведения дизельного двигателя при изменении его основных характеристик при эксплуатации.

С.Э. Шаглеина, Е.Н. Тимашева, И.Ф. Киссельман, Д.Н. Кучев
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА СО
ВЗВЕШЕННЫМ ТРАНСПОРТИРУЕМЫМ СЛОЕМ

Ключевые слова: аппарат с взвешенным транспортируемым слоем, среднее время пребывания, прочность аппарата.

В статье приведены результаты исследования среднего времени пребывания материала в сушильном аппарате, а также результаты по определению его прочностных характеристик.

И.Ю. Попов, Д.А. Заколдаев, К.А. Пшеничный
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕВЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АТАК
ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ» НА ОСНОВЕ
АЛГОРИТМА ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА

Ключевые слова: информационная безопасность, градиентный бустинг, машинное обучения, детектирование сетевых атак, сетевые распределенные атаки.

В статье описывается метод детектирования сетевых распределенных атак типа «отказ в обслуживании», основанный на алгоритме машинного обучения с учителем – градиентном бустинге. Для реализации алгоритма машинного обучения используется программная библиотека LightGBM. Приводится сравнение результатов детектирования с другими алгоритмами машинного обучения.

А.С. Филатов, Д.А. Соколов, В.В. Черкашин, Т.А. Петрова
СОЗДАНИЕ WEB-САЙТА БИБЛИОТЕКИ КАК
ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Ключевые слова: база данных, веб-приложение, информационная система, эффективный инструмент, подсистема, единое пространство, функционирование системы, обработка информации, система, язык программирования.

Сегодня создать свой сайт означает для библиотеки реализовать одну из задач автоматизации – объединить традиционное книжное содержание библиотечной деятельности и высокую степень владения современными программными средствами, телекоммуникационными технологиями.

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
КОМПЛЕКСА СКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ ГУВД
СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: программно-моделирующий комплекс, главное управление внутренних дел, автоматизированные комплексы скрытого управления.

В данной работе разработан метод моделирования обработки информации в автоматизированных комплексах скрытого управления (АКСУ) Главного управления внутренних дел (ГУВД) субъектов РФ на базе математического аппарата системы массового обслуживания (СМО) смешанного типа [1], который в отличие от известного подхода упрощает выбор оптимальной структуры типового программно-моделирующего комплекса (ПМК) АКСУ [2-5], что повышает оперативность передачи закрытой информации.

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев
СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ СВЯЗИ В
КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ ОВД ПРИ ВЕДЕНИИ
КОНТРТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Ключевые слова: контртеррористическая операция, резервный канал связи, устройство автоматической коммутации каналов.

В работе разрабатывается на уровне структурных схем способ резервирования каналов корпоративной сети органов внутренних дел (ОВД), обеспечивающий непрерывность связи при ведении контртеррористических операций.

operation.

S.E. Shagleina, E.N. Timasheva, I.F. Kisselman, D.N. Kuchev
RESEARCH OF HYDRODYNAMICS AND
DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS IN
THE MACHINE WITH A WEIGHTED TRANSPORTED
LAYER

Keywords: dryer with a suspended transported layer, average residence time, apparatus strength.

The article presents the results of a study of the average residence time of the material in the apparatus, and also indicates the strength characteristics for the design conditions.

I.U. Popov, D.A. Zakoldaev, C.A. Pshenichny
DETECTION OF NETWORK DISTRIBUTED ATTACKS
BASED ON THE GRADIENT BOOSTING ALGORITHM
Keywords: IT security, gradient boosting, machine learning, detection of network attacks, network distributed attacks.

The article describes a method of detecting distributed denial of service network attacks based on the machine learning algorithm with a teacher - gradient boosting. LightGBM software library used to implement machine-learning algorithm. Presents a comparison of detection results with other machine learning algorithms.

A.S. Filatov, D.A. Sokolov, V.V. Cherkashin, T.A. Petrova
CREATION OF A LIBRARY WEB SITE AS AN
INSTRUMENT FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC
COMPETENCIES

Keywords: database, web application, information system, effective tool, subsystem, common space, system functioning, information processing, system, programming language.

Today, creating your own website means for the library to realize one of the tasks of automation - to combine the traditional book content of library activities and a high degree of knowledge of modern software, telecommunication technologies.

S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev
MODELING THE WORK OF THE AUTOMATED COMPLEX
OF HIDDEN MANAGEMENT OF THE GUVD OF THE
SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION

Keywords: software-modeling complex, main department of internal affairs, automated complexes of hidden control.

In this work, we developed a method for modeling information processing in automated hidden management systems (ACSU) of the Main Department of Internal Affairs (GUVD) of the constituent entities of the Russian Federation based on the mathematical apparatus of a mass service system (QS) of a mixed type [1], which, unlike the known approach, simplifies the choice of optimal structure of a typical software-modeling complex (PMC) AKSU [2-5], which increases the speed of transfer of classified information.

S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev
METHOD FOR MAKING CONTINUITY OF
COMMUNICATION IN CORPORATE ATS NETWORKS
DURING CONTRERRORORIST OPERATIONS

Keywords: counter-terrorist operation, backup communication channel, automatic channel switching device.

In the work, a method for reserving channels of the corporate network of internal affairs bodies (ATS) is developed at the level of structural schemes, which ensures the continuity of communications during counter-terrorism operations.

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

№2 2020

Направления:

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

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

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

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

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

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

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 20.02.2020 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 20.02.2020
9,4 усл.печ.л. 11,3 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 2530.

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»