

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№10 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. №10 2020г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2020. – 114 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. Андриков</i> МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СОСТОЯНИЙ	7
<i>В.В. Афанасьев, С.С. Логинов</i> ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СТАБИЛИЗИРУЕМЫХ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ	10
<i>Г.Ф. Ахмедьянова</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ	14
<i>Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин</i> МНОГОУРОВНЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ СИСТЕМЫ	18
<i>К.З. Билятдинов</i> МОДЕЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	22
<i>К.З. Билятдинов</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	25
<i>И.В. Грубрин</i> АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	29
<i>А.В. Мельничук</i> РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО СУДНА	33
<i>С.И. Мунтанилов, В.В. Родин</i> ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ АККРЕДИТАЦИИ И ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ	36

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

<i>Р.Н. Зарипова, Н.Н. Алаева</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ ГЗУ И СИКНС	41
---	----

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

<i>Ю.Д. Кореньков</i> АЛГОРИТМ ИТЕРАТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАММ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ	44
<i>С.Д. Шибайкин, А.А. Аббакумов, А.Д. Плеханова, М.А. Лебедев, В.А. Пинимаскин</i> РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО КОНВЕРТЕРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЗ-ИЗОБРАЖЕНИЙ	51

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

<i>А.И. Акимов, И.А. Акимов, А.А. Мукашев, А.Н. Лацвеев</i> УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОНВЕКТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ, ВХОДЯЩИХ В ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТРЕТЬЕГО РОДА ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ ИХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ	55
---	----

<i>А.Ф. Галимянов, Ф.А. Галимянов</i> ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ	59
<i>Г.М. Гузаиров</i> ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ НА ГРУППЕ ЛОРЕНЦА. ЧАСТЬ II: РАЗЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ НА С ПО ФУНКЦИЯМ КУММЕРА	62
<i>А.Н. Кожевников, Т.В. Бурнышева</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАСЧЕТАХ НА ПРОЧНОСТЬ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ	66
<i>В.В. Корепанов, Р.В. Цветков</i> ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА СИСТЕМЫ «ГРУНТ – ФУНДАМЕНТ – ЗДАНИЕ»	69
<i>И.В. Нестеров, А.Д. Мерзлякова</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МКЭ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МАССИВА ГРУНТА С ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ	73
<i>А.М. Пищухин</i> ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАГРУЗКОЙ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА ВСПЛЕСКА СПРОСА	78
<i>Е.В. Поезжаева, С.Э. Шаклеина, Д.Н. Кучев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА РОБОТА ДЛЯ РЕМОНТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РАБОТ ВНУТРИ СЛОЖНЫХ И ИЗГИБНЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ	82
<i>Ю.Г. Полкунов</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ПРОСЛОЙКАХ КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ	87
<i>Н.А. Федюшкин, Ю.С. Вечканова, Н.П. Плотникова</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUPHON	91
<i>П.С. Чурин, А.Н. Федосова, В.Ю. Помелов</i> АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	96
<i>А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, О.А. Шипилова</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕХАНИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ EXCEL	99

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

<i>Н.Н. Симченко, Е.В. Бурькова</i> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ВАРИАТИВНОЙ ЧАСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ	103
АННОТАЦИИ	107

THE RELEASE MAINTENANCE

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

<i>D.A. Andrikov</i> MATRIX APPROACH FOR VEHICLE STABILITY ESTIMATION FOR TIME SERIES PROCESSING AND SURFACE STATE PREDICTION	7
<i>V.V. Afanasiev, S.S. Loginov</i> COMPLEMENTARY DIAGNOSTICS METHODS OF STABILIZING DISCREET NONLINEAR SYSTEMS	10
<i>G.F. Akhmedyanova</i> AUTOMATION OF A UNIVERSITY TEACHER'S WORKPLACE BASED ON HYBRID INTELLECTUALIZATION	14
<i>G.F. Akhmedyanova, A.M. Pishchukhin</i> MULTI-LEVEL CONTROL TECHNICAL SYSTEM STATE	18
<i>K.Z. Biliatdinov</i> MODEL OF TECHNICAL SYSTEMS MAINTENANCE IN THE OPERATIONAL PROCESS	22
<i>K.Z. Biliatdinov</i> METHOD OF ASSESSMENT OF TECHICAL SYSTEMS' STABILITY	25
<i>I.V.Grubrin</i> ADAPTIVE PROCESSING OF THE ULTRA-WIDE BAND SIGNALS IN THE MULTICHANNELS INFORMATION SYSTEMS	29
<i>A.V. Melnichuk</i> DEVELOPING OF PRODUCTION EXPERT SYSTEM FOR CALCULATION OF AIRCRAFT'S TAKE-OFF AND LANDING CHARACTERISTICS	33
<i>S.I. Muntanilov, V.V. Rodin</i> ORGANIZATIONAL QUESTIONS OF ACCREDITATION AND VERIFICATION OF MEASURING MEASURES OF LIGHT PARAMETERS	36

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

<i>R.N. Zaripova, N.N. Alaeva</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF WELL PERFORMANCE RESULTS FOR GSU AND SICNS DATA	41
---	----

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

<i>I.D. Korenkov</i> ALGORITHM FOR ITERATIVE TRANFORMATION OF SEMANTIC MODELS DERIVED FROM PROGRAM SOURCES IN MULTIPLE PROGRAMMING LANGUAGES	44
<i>S.D. Shibaykin, A.A. Abbakumov, A.D. Plehanova, M.A. Lebedev, V.A. Pinimaskin</i> DEVELOPMENT OF A TELECOMMUNICATION CONVERTER FOR MEDICAL US-IMAGES	51

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

<i>I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev, A.N. Latsveev</i> REFINING THE VALUES OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER FACTORS INCLUDED IN THE BOUNDARY CONDITIONS OF THE THIRD GENERAL HEAT CONDUCTIVITY PROBLEM BASED ON THEIR INVERSE PROBLEMS	55
<i>A.F. Galimyanov, F.A. Galimyanov</i> THE USE OF STATISTICAL METHODS IN THE STUDY OF THE INFLUENCE OF VARIOUS PARAMETERS ON THE PEDAGOGICAL RESULT	59
<i>G.M. Guzairov</i> FOURIER TRANSFORMATIONS ON THE GROUP $SL(2, C)$ AND DECOMPOSITIONS OF FUNCTIONS ON C BY KUMMER SERIES	62

<i>A.N. Kozhevnikov, T.V. Burnysheva</i> MODELLING AS APPROACH TO ANALYZE POWER TRANSMISSION LINE PYLONS STRENGTH WITH DYNAMIC DEFORMATION CONSIDERATION	66
<i>V.V. Korepanov, R.V. Tsvetkov</i> NUMERICAL EVALUATION OF DYNAMIC RESPONSE OF THE "SOIL FOUNDATION BUILDING" SYSTEM	69
<i>I.V. Nesterov, A.D. Merzliakova</i> FEATURES USING OF ADAPTIVE DISCRETE FEM MODELS WITH NONLINEAR INTERACTION OF THE SOIL WITH ENGINEERING STRUCTURES	73
<i>A.M. Pishchukhin</i> OPTIMAL EQUIPMENT LOAD MANAGEMENT BASED ON DEMAND INSPECTION FORECAST	78
<i>E.V. Poezzhaeva, S.E. Shakleina, D.N. Kuchev</i> SIMULATION OF THE DYNAMICS OF THE ROBOT MANIPULATOR FOR REPAIR AND DIAGNOSTIC WORKS INSIDE DIFFICULT AND BENDED PIPELINES	82
<i>Yu.G Polkunov</i> MATHEMATICAL MODELING OF DEVELOPMENT OF MAIN CRACKS IN INTERLAYERS WITH CONICAL DISK TOOLS	87
<i>N.A. Fedyushkin, Y.S. Vechkanova, N.P. Plotnikova</i> APPLICATION OF DECISION TREE FOR CLASSIFICATION OF REFERENCE INFORMATION IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE	91
<i>P.S. Churin, A.N. Fedosova, V.Yu. Pomelov</i> AERODYNAMIC DAMPING OF LARGE-SPAN BRIDGE STRUCTURES VIBRATIONS	96
<i>A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, O.A. Shipilova</i> MATHEMATICAL MODELING IN MECHANICS USING EXCEL	99

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

<i>N.N. Simchenko, E.V. Burkova</i> FUNCTIONAL MODEL FOR ENSURING THE SECURITY OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR OPTIMIZING THE CONTENT OF THE VARIABLE PART OF EDUCATIONAL PROGRAMS	103
ABSTRACTS	107

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

05.13.01

Д.А. Андриков

Российский университет дружбы народов,
департамент механики и мехатроники,
Москва, andrikov-dman@rudn.ru

**МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНОГО
СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТИ СОСТОЯНИЙ**

В работе описывается как связана блокировка одной или двух пар. Для описания вначале предлагается усовершенствовать программу принятия решений, а именно метод анализа структур. Далее для обработки временных рядов при движении транспортного средства используются странные аттракторы, что дает сформировать управляющее воздействие, которое будет являться эффективно оптимальным решением.

Ключевые слова: транспортное средство, устойчивость, матричный подход, странный аттрактор.

Анализ ситуации

От теоретической информатики систем управления (СУ) используют для контроля состояния и очувствления объектов внешней среды модели и информационно-измерительные средства обработки изображений, методы принятия решений и распознавания подвижных образов, интеллектуальные датчики и сенсоры, принципы адаптивного обучения, машинный анализ массивов данных, модели знаний и др. Вопросы управляемого детерминированного движения ТС рассматриваются в рамках кинематических законов движения и управления. Они основаны на физико-механических законах поступательного, инерционного и вращательного движений подвижных агрегатов, узлов, подсистем. Лицо, принимающее решение (ЛПР), выступает статистом в этом процессе.

Под временным рядом в работе понимают серию числовых величин, характеризующих показатели и факторы возникновения ДОС (линейная скорость, угол поворота руля, сила торможения, плотность потока машин и др.), полученных через регулярные промежутки времени. Основным положением, на котором базируется использование временных рядов для прогнозирования динамично опасных ситуаций (ДОС) является то, что показатели и факторы ДОС. Поэтому основной целью анализа временных рядов показателей и факторов возникновения ДОС будет оценка и определение типового состояния с целью прогноза дальнейшего поведения системы и выработки рациональных управленческих решений по обнаружению ДОС и нейтрализации причин ее возникновения на покрытии в схожих условиях.

В этих условиях представляется перспективным применение и развитие математического аппарата, ориентированного на обработку знаний и учет недетерминированных нестационарных процессов.

Постановка задачи

Одним из критических видов движения и соответственно оценки качества и эффективности управления ТС в динамике изменения внешней среды является движение в условиях торможения. С одной стороны, при торможении по известным кинематическим законам в силу различного сцепления колес с дорожным покрытием возникают краткосрочные, но большие по энергетике моменты вращений, приводящие к неуправляемому движению. С другой стороны, действия оператора до и после торможения носят субъективный характер, как правило не поддающейся накоплению и обработке.

Далее рассматривается метод для бортовой интеллектуальной СУ [1], применяемый для оценки и стабилизации движения ТС, прежде всего в условия торможения. За основу взят информационно-кинематический подход в виде матричного описания ТС. Формируемые коалиционные пары в метасистеме и не всегда подчиняются закону сохранения энергии. В результате бесконечно малые возмущения отдельных характеристик внешней среды или состояния ТС резонансно приводят к неуправляемому движению ТС. В работе на основе матричного подхода формализована модель анализа условий появления взаимодействия «ТС– внешняя среда»

В отличие от стандартной кинематической модели движения ТС предлагается подход вычисления разворачивающего момента силы, матрица $MATRIX_W$ является количественной оценкой управляемости движения ТС. Согласно кинематической схемы (рис. 1) блокируемое колесо ij ($i=1-2, j=1-2$) обязательно входит в два контура вращения – поперечный и продольный контуры [3]. В связи с этим, момент силы вращения M_{ROTATE} предлагается оценивать через отношение произведений моментов в продольной и поперечной осях к силе тяги (1):

$$\begin{aligned} M_{ROTATE} &= F_{CAR} \times \max(R1, R2) \times [\det(MATRIX_W) * MATRIX_K]= \\ &= M_{CAR} V_{CAR} \times \max(R1, R2) \times [\det(MATRIX_W) * MATRIX_K]= \\ &= M_{CAR} \times \max(R1, R2) \times V_{CAR} \times [\det(MATRIX_W) * MATRIX_K] \end{aligned} \quad (1)$$

где, F_{CAR} – сила тяги ТС, $R1, R2$, – плечи вращения ТС в продольной и поперечной осях, $R1=\varphi1(L,D,W)$, $R2=\varphi2(L,D,W)$, M_{CAR} – масса ТС, V_{CAR} –линейная скорость ТС, $\det()$ – собственное число матрицы.

Другой подход к оценке устойчивости ТС связан с описанием движения ТС через аппарат нестационарных процессов. Для описания таких «сложных» систем эффективным математическим аппаратом является теория катастроф и динамического хаоса, а соответствующий инструмент – странные аттракторы. Странный аттрактор – это некоторая область фазового пространства динамической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности. Оригинальный подход к представлению, оценке и визуализации временных рядов изменения угловых скоростей колес является их аппроксимация математическими моделями странных аттракторов (рис 1.)

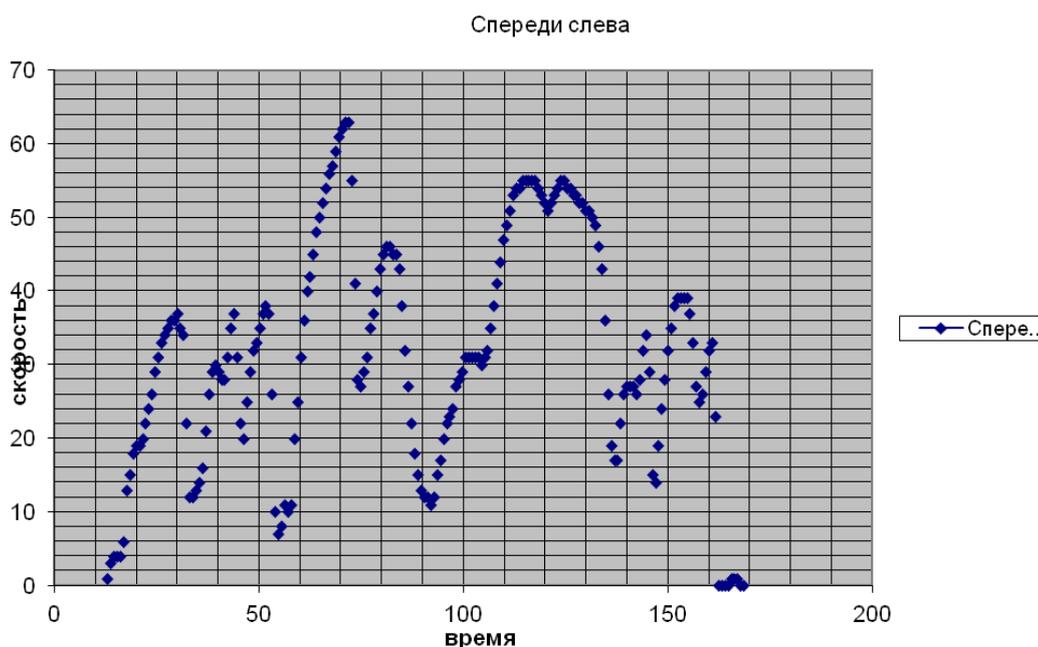


Рис. 1 – Описание временного ряда изменения угловой скорости

Обработка всех участков временных рядов (рис.1) не имеет успешной аппроксимации. Напротив, данная траектория является одной из уникальных траекторий в фазовом пространстве, генерируемом аттрактором.

Результаты модели работы

Рассмотрение кинематических схем и уравнений показало, что используемый расчетно-аналитический подход [4] достаточно сложен или ограничен в прогнозировании движения ТС при экстренном торможении.

На основе технических средств измерения угловой скорости вводится отдельная функция оценки уменьшения скорости колеса. Эта функция имеет ступенчатый вид, привязываемый к отсчетам времени быстрого изменения скорости $dw(t)$ одного колеса. Для сравнения теоретических и практических оценок задаются два варианта этой функции (рис. 2).

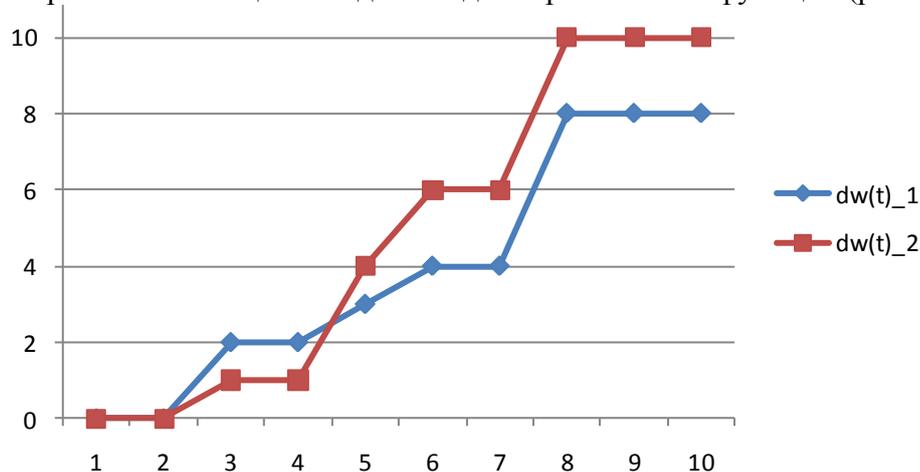


Рис. 2 – Ступенчатый вид функции $dw(t)$

В работе для описания взаимных влияний колес, оператора [5] и оценки последствий блокировки вводится матрица 4x4 соотношения угловых скоростей пар колес в их абсолютной нумерации в ТС.

$$MATRIX_W = \begin{pmatrix} - & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & - & w_{23} & w_{24} \\ w_{31} & w_{32} & - & w_{34} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & - \end{pmatrix} \quad (2)$$

Данная матрица (2) имеет некоторую аналогию с методом анализа иерархий, применяемого для экспертного оценивания объектов. В соответствии с методом анализа иерархий матрица соотношения скоростей обладает свойством индексной симметрии элементов, что позволяет учитывать взаимные диагональные влияния элементов

Заключение

С позиции общей теории систем в работе неуправляемое движение ТС предлагается описывать на основе матричного подхода и достаточно близкого аппарата анализа иерархий. Кроме того, в случае статистической неопределенности поведение ТС при торможении может описываться в рамках теории катастроф. Наиболее подходящим инструментом выступает модели странных аттракторов, проходящие по некоторой траектории и никогда больше в нее попадающие. Знание параметров странного аттрактора позволит в рамках определенной области понять каким, может быть курс ТС, и каким он точно никогда не будет.

Список литературы

1. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
2. Geoffrey Landis, Rodger Dyson, Steven Oleson, Anthony Colozza, Joseph Warner Paul Schmitz. Venus Rover Design Study AIAA Space 2011 Conference & Exposition AIAA 2011-7268
3. Jamie Wilson, Alex Hartl, Andre Mazzoleni and Fred DeJarnette. Dynamics Modeling of a Mars Tumbleweed Rover Session: APA-3: Wind Driven Rovers for Mars Exploration AIAA 2006-71
4. Никульчев Е.В. Идентификация динамических систем на основе симметрий реконструированных аттракторов. М.: МГУП, 2007. - 162 с.
5. Гзовский М., Милешкин К. Водитель свободен // За рулём. 2013. № 8. – С. 42-46

05.13.01

В.В. Афанасьев д-р техн. наук, С.С. Логинов д-р техн. наук

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева,
институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра электронных и квантовых средств передачи информации,
Казань, nsdx@yandex.ru, sslogin@mail.ru

ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СТАБИЛИЗИРУЕМЫХ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены особенности диагностики стабилизируемых дискретно-нелинейных динамических систем с регулярной и хаотической динамикой по порождаемым ими сигналам, на основе методов обобщенных представлений нелинейными осцилляторами, геометрических представлений и обобщенного спектрального анализа сигналов.

Ключевые слова: *дискретно-нелинейная система, диагностика, динамический хаос, осциллятор, стабилизация.*

Дискретно-нелинейные системы с динамическим хаосом широко используются в моделировании динамики процессов в многомодовых радиоэлектронных системах передачи и обработки информации [1]. Управляющие стабилизирующие воздействия на параметры дискретно-нелинейных систем обеспечивают требуемый (регулярный или стохастичный) режим их функционирования [2]. Важной задачей, выдвигаемой требованиями практики, является обеспечение оперативной диагностики стабилизируемых систем по порождаемым ими многомерным сигналам.

Цель работы – анализ и развитие взаимодополняющих методов диагностики дискретно-нелинейных систем с динамическим хаосом, стабилизируемых управляющими воздействиями на их параметры.

Качественная диагностика диагностируемых дискретно-нелинейных систем, состоящих из N подсистем, основана на представлении каждой из подсистем в виде обобщенных осцилляторов: $\ddot{X}_i + D_i \dot{X}_i + M_i X_i = W_i$,

где X_i – динамическая переменная i -й подсистемы; D_i, M_i – определяемые параметрами нелинейной системы константы, W_i – нелинейная функция, зависящая от переменных X_i , $i = 1, 2, \dots, N$ [3].

Представление обобщенным осциллятором позволяет определить для каждой из $i = 1, 2, \dots, N$ подсистем обобщенные свободные члены $GM_i = M_i - W_i / X_i$ и диссипативные члены $GD_i = D_i - W_i / \dot{X}_i$. Установлено, что анализ динамики обобщенных членов GD_i и GM_i открывает новые возможности в оценке риска хаотизации диагностируемых систем. Для динамической системы Лоренца с параметрами r, σ, b , и 3-мя подсистемами, соответствующими системным переменными X, Y, Z , дифференциальные уравнения для осциллирующей компоненты обобщенного свободного члена переменной X определяются в виде:

$$\dot{\eta} + b\eta = (0.5 - \sigma/b)X^2, \quad \dot{\eta} + b\eta = \sigma(1 - 2\sigma/b)Z,$$

позволяющем аналитически определить условия роста амплитуды пульсаций компоненты η , характерного для возникновения хаотического режима колебаний в дискретно-нелинейной системе Лоренца при внешних управляющих воздействиях. Контроль динамики η во времени делает возможной оценку риска стохастизации в диагностируемой дискретно-нелинейной системе при наличии стабилизирующих воздействий на параметры системы.

Важной составляющей рассматриваемого диагностического набора служит метод геометрических представлений, основанный на синтезе дифференциальных уравнений сравнения:

$$\partial[F_1(\vec{X}, \vec{Q})]/\partial t = -F_2(\vec{X}, \vec{Q}),$$

где $\vec{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ – вектор фазовых переменных анализируемой системы, $\vec{Q} = (q_1, q_2, \dots, q_m)$ – вектор параметров системы.

При диагностике поведения системы, по изменению знака F_1 определяют характер движения изображающей точки динамической системы в фазовом пространстве в направлении, нормальном к поверхности F_2 . Диагностику дискретно-нелинейной системы Лоренца, при наличии стабилизирующих управляющих воздействий на параметры системы, предлагается выполнять методом геометрических представлений с определением оценочных функций $F_{1,2}$ в виде взвешенной линейной комбинации нелинейных дифференциальных уравнений диагностируемой системы:

$$\begin{aligned} & \partial [k_1 X^2 + k_2 Y^2 + k_3 Z^2 / 2 + k_4 X + k_5 Y + k_6 Z + k_7] / \partial t = \\ & - \sigma k_1 X^2 + k_2 Y^2 + b k_3 Z^2 - XYZ k_3 - k_2 - XY \sigma k_1 + r k_2 + k_6 + k_5 XZ + \\ & X \sigma k_4 - k_5 r + Y k_5 - \sigma k_4 + k_6 b Z, \end{aligned}$$

где $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$ – задаваемый при диагностике набор коэффициентов. Варьируя наборы этих коэффициентов возможно определить границы объема фазового пространства, в котором происходит асимптотическое движение фазовых траекторий стабилизируемой дискретно-нелинейной системы Лоренца при возникновении хаотизации. Показано, что при выборе $k_1 = r/\sigma, k_2 = k_3 = -1$, оценочные функции принимают вид $F_1(X, Y, Z) = X^2 r/\sigma - Y^2 - Z^2, F_2(X, Y, Z) = X^2 r - Y^2 - bZ^2$, соответствующий конкретным типам поверхностей в трехмерном пространстве системных переменных X, Y, Z .

Поверхности имеют вид двуполостных гиперболоидов при $F_{1,2} > 0$, вид конусов второго порядка - при $F_{1,2} = 0$, а при $F_{1,2} < 0$ – вид однополостных гиперболоидов. По характеру движения изображающей точки динамической системы в фазовом пространстве для поверхностей этого вида, возможно определение аналитических условий возникновения в стабилизируемой дискретно-нелинейной системе Лоренца хаотизации, с последовательными во времени сменами знаков системных переменных Y и X , при каждом переходе между различными состояниями неустойчивого равновесия в диагностируемой системе.

Для получения количественной меры риска стохастичности дискретно-нелинейных систем, служит составляющая рассматриваемого диагностического набора, основанная на проведении обобщенного спектрального анализа сигналов исследуемых систем с разложением по оптимальному негармоническому базису функций Карунена-Лоэва. Разлит метод разложения сигналов диагностируемых систем в обобщенный ряд Фурье по

негармоническому базису дробных степеней времени $\{t^{\alpha_k}; k = \overline{1, n}\}$ с использованием аппарата дифференцирования D^{α_i} и интегрирования $D^{-\alpha_i}$ дробного порядка [2]:

$$D^{\alpha_i}\{X_i(t)\} = C_i a_i + D^{\alpha_i}\left\{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n a_k t^{\alpha_k} + g(t)\right\} D^{-\alpha_i}\{D^{\alpha_i}\left\{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n a_k t^{\alpha_k} + g(t)\right\}\} = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n a_k t^{\alpha_k} + \tilde{g}_i(t)$$

Предлагаемый обобщенный спектральный анализ сигналов диагностируемых систем выполняется по параллельной и последовательной схемам на основе режекторных звеньев, содержащих устройства интегрирования $D^{-\alpha_i}$ и дифференцирования D^{α_i} дробного порядка. Техническая реализация устройств D^{α_i} и $D^{-\alpha_i}$ дробного порядка $0 < \alpha_i < 1$, необходимых для оценки риска хаотизации исследуемых систем по дробно-степенным спектрам сигналов систем, основана на рекурсивных и нерекурсивных цифровых фильтрах, синтезируемыми при помощи билинейного Z-преобразования, а также на двухполосниках, синтезируемых по схемам Кауэра на базе разложений в цепные дроби неполной гамма функции $\Gamma(\alpha, x)$ и степенной функции $1 + x^\alpha$.

На основе интегро-дифференцирования дробного порядка, сигналы $X_i(t)$, формируемые диагностируемыми стабилизируемыми дискретно-нелинейными динамическими системами, могут быть представлены в виде разложений в ряд:

$$X_i(t + \Delta t) = X_i(t) + \sum_{n=1}^N a_n \Delta t^{n\alpha} + R_{N+1} \Delta t^\alpha$$

где погрешность разложения оценивается остаточным членом ряда $R_{N+1} \Delta t^\alpha$, $a_n = D^{n\alpha} M t / \Pi n\alpha$, $\Pi n\alpha$ – π -функция. Избирательное подавление дробно-степенных составляющих сигналов служит основой для построения дробно-степенных спектров, анализируемых при диагностике систем с хаотической динамикой совместно со стандартными гармоническими спектрами сигналов. Селективное режектирование в $X_i(t)$ дробно-степенных составляющих сигналов, генерируемых при развитии процессов хаотизации, выполняется режекторными фильтрами, синтезируемыми на основе принципа двухканальности теории инвариантности [4]. Режекторные фильтры позволяют избирательно выделить в сигналах исследуемых стабилизируемых управляемых дискретно-нелинейных систем составляющие, связанные с развитием процессов хаотизации. Предлагаемый обобщенный спектральный анализ сигналов диагностируемых систем на основе селективной режекции дробно-степенных составляющих, обеспечивает численную оценку риска хаотизации нелинейных систем с динамическим хаосом по изменению параметров и характеристик получаемых многомерных дробно-степенных спектров сигналов $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, N$.

Таким образом, взаимодополняющие методы диагностики стабилизируемых дискретно-нелинейных систем с динамическим хаосом, основанные на применении обобщенных представлений нелинейными осцилляторами, геометрических представлений нелинейных динамических систем, и обобщенного спектрального анализа сигналов при помощи интегро-дифференцирования дробного порядка, служат эффективным средством оперативной диагностики стабилизируемых дискретно-нелинейных систем с регулярной и хаотической динамикой по многомерным сигналам, формируемым диагностируемыми системами.

Список литературы

1. *Дмитриев А.С., Панас А.И.* Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. - 252с.
2. *Афанасьев В.В., Логинов С.С.* Диагностика управляемых радиоэлектронных систем Чуа с динамическим хаосом на основе обобщенного спектрального анализа сигналов // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. №10. – С. 7-9.
3. *Афанасьев В.В., Польский Ю.Е.* Методы анализа, диагностики и управления поведением нелинейных устройств и систем с фрактальными процессами и хаотической динамикой: Монография. Казань: Изд-во Казанск. гос. тех. ун-та, 2004. – 219 с.
4. *Марданишин Э.Р., Афанасьев В.В.* Селективное режектирование псевдо-случайных сигналов схемы Чуа в системах конфиденциальной передачи информации. // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. №11. – С.224-226.

05.13.01

Г.Ф. Ахмедьянова канд. педагог. наук

Оренбургский государственный университет,
аэрокосмический институт,
кафедра управления и информатики в технических системах,
Оренбург, ahmedyanova@bk.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ

Главным в образовательном процессе является обучающийся – человек, являющийся здесь, выражаясь языком системного анализа, слабоформализуемой и плохоструктурированной системой. С другой стороны, невозможно, с целью получения объективности, многократно оценить педагогические средства в процессе их создания на одних и тех же людях, в одинаковых условиях, на одном и том же материале дисциплины для получения репрезентативной статистики, если образовательный процесс один раз уже прошел. В этих условиях перспективно применение систем искусственного интеллекта. В связи с большим разнообразием видов преподавательской деятельности, обширным набором решаемых интеллектуальных задач и необходимостью подключения огромного накопленного преподавательского опыта, возникает необходимость гибкого переключения интеллектуальных технологий, то есть синтеза гибридной системы. Поэтому деятельность преподавателя необходимо разбить на области, для каждой из которых наилучшим образом подойдет та или иная технология искусственного интеллекта, а переключения осуществлять на основе метасистемного принципа.

Ключевые слова: гибридная интеллектуальная система, виды преподавательской деятельности, экспертные системы, решатели интеллектуальных задач, нейронная сеть, метасистема.

Несмотря на то, что структура преподавательского труда довольно четко очерчена, он является сложным объектом для автоматизации. Происходит это из-за того, что главным в образовательном процессе является обучающийся – человек (выражаясь языком системного анализа слабоформализуемая и плохоструктурированная система). С другой стороны, невозможно, с целью получения объективности, многократно оценить педагогические средства в процессе их создания на одних и тех же людях, в одинаковых условиях, на одном и том же материале дисциплины для получения репрезентативной статистики, если образовательный процесс один раз уже прошел [1]. Понятно, что в этих условиях может быть перспективно применение систем искусственного интеллекта.

Если взглянуть на историю зарождения и развития искусственного интеллекта, можно уловить тенденцию поиска оптимального соотношения рационального и иррационального в методах решения интеллектуальных задач. С переходом от простых калькуляторов [1], к перцептронам [2,3], от них к решателям интеллектуальных задач [4,5]. а затем к экспертным системам [6], сразу становится понятным, что преуспеть в решении этого вопроса можно на пути создания гибридных систем [7].

Однако, эффективность применения гибридных систем искусственного интеллекта проистекает не из их универсальности, а напротив из адекватной решаемой задаче смены инструментов. Поэтому деятельность преподавателя необходимо разбить на области, для каждой из которых наилучшим образом подойдет та или иная технология искусственного интеллекта.

В данном контексте предлагается из деятельности преподавателя выделить шесть ее видов: лекционная, организационная, методическая, научно-исследовательская, квалификационная, заявочная работы. Проведем системный анализ каждого из этих видов деятельности с целью выявления адекватного интеллектуального инструмента.

Каждый преподаватель читает лекции по выбранным дисциплинам. В настоящий момент лекции читаются с помощью различных технических средств и с показом подготовленных заранее презентаций. Подготовить хорошую презентацию можно с помощью экспертно-советующей системы.

Преподаватель организует проведение лабораторных работ, практических занятий и контролирует самостоятельную работу студентов. Для этого необходимо разрабатывать лабораторные комплексы (очень часто виртуальные) [8], составлять наборы практических задач и задач для самостоятельного решения по различной тематике выбранной дисциплины. Здесь так же необходима специальная экспертная система (ЭС) с правилами выбора вопросов, требующих практического умения в их разрешении.

Методическая работа обеспечивает студентов специальными материалами, помогающими ему осваивать дисциплину, либо проводить самоконтроль имеющихся знаний. Грамотно выстроить логику изложения материала, направить изложение на развитие необходимых компетенций [9], можно применяя идеологию решателей интеллектуальных задач (РИЗ). Выделив основные аксиомы в дисциплине, можно свести ее основные теоретические результаты к различным интеллектуальным доказательствам, исключив дублирование и логические провалы в методических материалах.

Научное исследование связано с анализом большого объема научно-технической и патентной литературы, написанием монографий, статей в журналах, докладов на конференциях (МП, ИПС). Здесь будут полезны системы машинного перевода с их морфологическим, синтаксическим и семантическим анализом и информационно-поисковые системы с семантическим поиском. Для чего и поисковый запрос и найденный документ необходимо подвергнуть сначала морфологическому (выясняя падежи), затем синтаксическому анализу (выявляя подлежащее, сказуемое и обстоятельства места и времени) и только потом построить семантические сети этих документов и определить степень их соответствия друг другу.

Большую часть времени занимает оформление заявок разного рода: на участие в конкурсе грантов для получения денег на научные исследования, стипендий. Сюда же относится подача заявок на изобретения или на регистрацию программных средств. Здесь в качестве инструмента можно использовать аналог программы сочинения музыки на основе генератора случайных чисел, который генерирует очередной звук, а следующие за ним фильтры проверяют его на соответствие сочиняемой мелодии. Точно так же можно генерировать новые структуры на основе функционально-стоимостного анализа, при котором каждой функции во вновь разрабатываемой технической системе предлагается целый ряд технических решений.

Наконец, за преподавателем закреплена функция контроля и оценки знаний: прием экзаменов и зачетов, курсовых и выпускных квалификационных работ. Чтобы точнее распознать глубину знаний студента необходимо, кроме его ответов анализировать массу других признаков: работу в семестре, активность на занятиях, мотивированность к получению знаний. Все это можно научить нейронную сеть, которая будет работать как система распознавания образов (СРО) и с накоплением статистики станет достойным помощником в оценивании.

По итогам проведенного анализа можно предложить следующую структурную схему подключения интеллектуальных технологий – рисунок 1.

Поскольку гибридная интеллектуализация основывается на переключении систем, управление в этой схеме осуществляет двухуровневая метасистема. Метасистема первого уровня осуществляет переключение информационных технологий, а метасистема второго уровня переключает области деятельности преподавателя для чего систематизируются

Список литературы

1. Пищухин, А.М., Методика оценки эффективности педагогических средств./Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф./ Всероссийская н/п конференция «Модернизация педагогического образования в контексте глобальной образовательной повестки». Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. -2015. -С.105 -108.
2. . Шилов В.В. Удивительная история информатики и автоматике. — Москва : ЭНАС, 2011. — 214 с. ISBN 978-5-4216-0007-7
3. . Rosenblatt, F. Principles of neurodynamics: perceptrons and the theory of brain mechanisms. – М.: MIR, 1965, – 480 p.
4. Минский, М., Пейперт, С. Перцептроны. – М.: Мир, –1971, – 261 с.
5. Chin-Liang Chang; Richard Char-Tung Lee (1973). Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving. Academic Press. – М.: «Наука», – 1983, – С. 358.
6. Ефимов, Е.И. Решатели интеллектуальных задач. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1982, – 320 с.
7. Джарратано, Дж., Райли, Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – М.: Издательский дом «Вильямс», – 2006. – 1152 с
8. Колесников, А.В., Кириков, И.А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с, ил. – ISBN 978-5-902030-55-3
9. Ahmedyanova G. 2017 Simulator as a tool of training to modern equipment management MATEC Web of Conferences "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 06019
10. Ахмедьянова, Г.Ф. Повышение компетентности будущего специалиста на основе сочетания творческой и технологической составляющих обучения / Г.Ф. Ахмедьянова//Образование и саморазвитие. -2009. -Т. 4. -№ 14. -С. 65-70.

05.13.01

Г.Ф. Ахмедьянова канд. педагог. наук, А.М. Пищухин д-р техн. наук

Оренбургский государственный университет,
аэрокосмический институт,
кафедра управления и информатики в технических системах,
Оренбург, ahmedyanova@bk.ru, pishchukhin55@mail.ru

МНОГОУРОВНЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ СИСТЕМЫ

Иерархия позволяет эффективно разделять области управления на направленные цели и сосредоточить ресурсы кумулятивно. В работе исследуется трехуровневая схема управления состоянием технической системы. На первом уровне управление сосредоточено на технических устройствах составляющих систему и реализующих основную ее функцию, для которой она создана. На втором уровне контролируется работоспособность составляющих на основе оценки готовности выполнять их частные функции. При этом оценка осуществляется упрощенно - на уровне исправна/неисправна. И только на третьем уровне управление имеет целью изменение или удержание технического состояния системы. Третий уровень освобожден от необходимости дублировать функции управления нижних уровней, поэтому его воздействия сводятся к заданию для них уставок, изменению структуры, если необходимо, и обеспечению благоприятных, для надежного функционирования, условий. Эти воздействия разделены на три класса: параметрические, структурные, организационные.

Ключевые слова: абстрактный объект управления, организационные воздействия, структурные воздействия, параметрические воздействия, многоуровневость управления, алгоритм управления.

Техническое состояние системы – понятие абстрактное, поэтому управление им имеет существенные особенности, ведь невозможно на него реально воздействовать, так же как измерить его имеющийся уровень [1].

С другой стороны, понятно, что во всех случаях техническая система является отображением с конкретной совокупности технических устройств, за счет функционирования которых она выполняет свое целевое назначение. Естественно для того, чтобы оценить полноту реализации этого назначения, необходимо оценить состояние, в котором она находится, причем иногда в момент, когда техническая система не функционирует или даже не должна функционировать. То есть под техническим состоянием можно понимать уровень возможности, готовности к функционированию технической системы [2].

Введенное понимание технического состояния органично требует многоуровневой системы управления, в которой на первом уровне располагается техническая система со своей структурой, затем идет уровень оценки готовности элементов и системы в целом и только на третьем уровне находится техническое состояние – см. рисунок 1.

Например, необходимо оценить техническое состояние газопровода, транспортирующего природный газ. Оценка готовности газопровода может осуществляться по уровню готовности газоперекачивающего агрегата, заслонок и направляющих ветвей и, наконец, самой трубы. Теперь зная насколько эти элементы готовы к функционирования, можно ответить на вопрос: в каком состоянии находится газопровод в целом. Несмотря на простоту функционального назначения, ввиду важности социальной ответственности техническое состояние трубопровода при этом является предметом пристального исследования и объектом управления [3,4].

Другим примером является техническое состояние двигателя [5], которое интегрально определяется и качеством ремонта [6], режимами нагружения коренных подшипников [7] и качеством масла [8].

Второй уровень управления на рисунке 2 может быть дискретным, то есть отвечать на вопрос: готов элемент технической системы, а так же вся система в целом, к функционированию или нет.

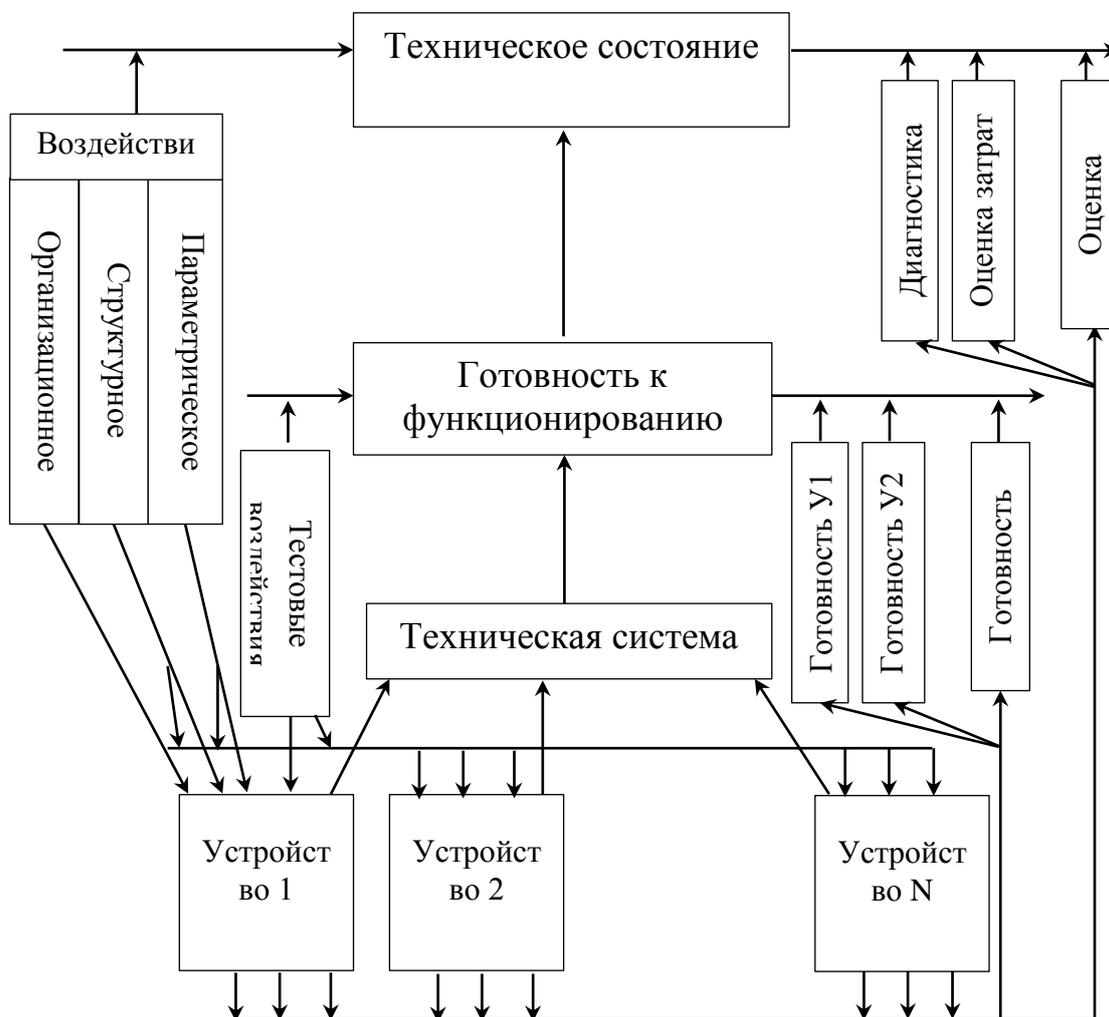


Рис. 1 – Состояние технической системы как двойное отображение

Для этого достаточно подачи на каждый элемент тестовых сигналов, а затем получения должной реакции.

И только в случае неготовности элементов необходимо вмешиваться на верхнем уровне. При этом составляющие технической системы могут быть проранжированы на те, без которых функционирование технической системы невозможно и на оставшиеся, которые лишь в той или иной степени влияют на качество функционирования технической системы. Если обнаружена неготовность хотя бы одного элемента первой группы – техническая система находится в неработоспособном состоянии.

Перевод состояния технической системы на более высокий уровень (управление состоянием технической системы) требует приложения воздействий на самом нижнем уровне, то есть на уровне технических устройств. Однако почти каждое из технических устройств, как и вся техническая система в целом имеют свои системы управления, в работу которых чаще всего нет никаких оснований вмешиваться. Поэтому системы верхнего уровня управления не дублируют работу нижних, а устанавливают для них уставки, изменяют структуру, если необходимо, и обеспечивают благоприятные, для надежного функционирования, условия, поэтому эти воздействия разделены на три класса: параметрические, структурные, организационные.

Результатом проведенного анализа является следующий алгоритм управления техническим состоянием – см. рисунок 2.

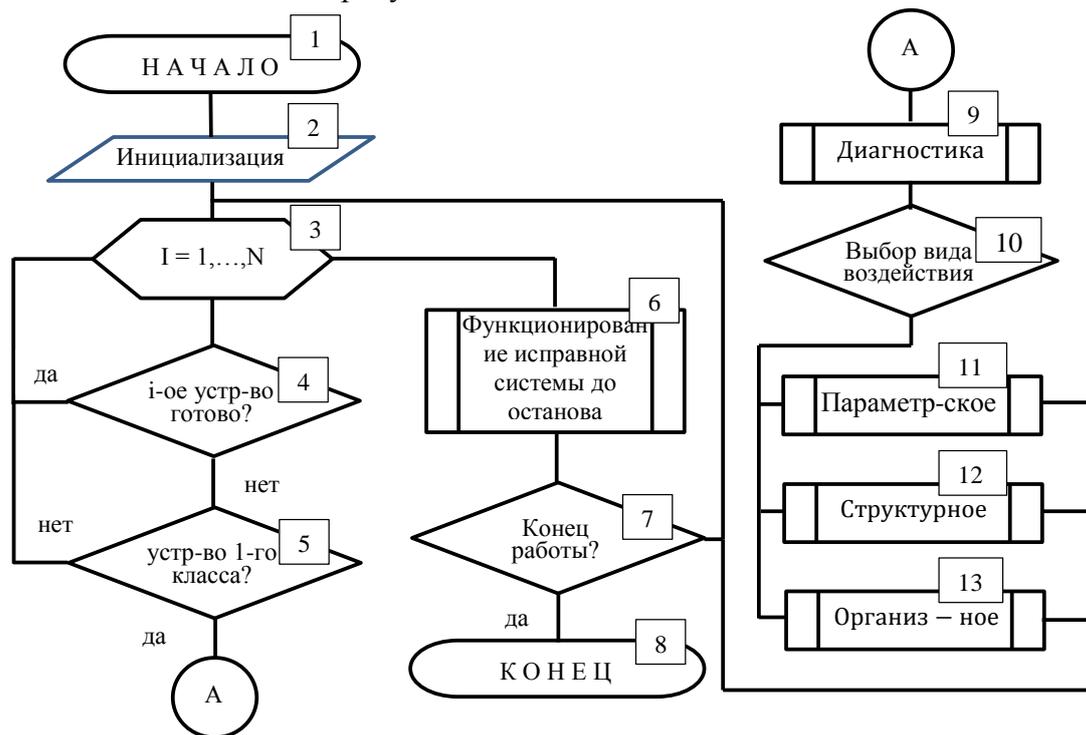


Рис. 2 – Схема алгоритма управления техническим состоянием системы

Он начинается с инициализации всех задействованных переменных и переходит к выполнению цикла опроса всех составляющих технической системы с подачей тестовых воздействий в блоке 3. Если какой-либо элемент находится в неработоспособном состоянии, алгоритм проверяет в блоке 5: относится ли он к первой группе, если нет, то проверка идет дальше. Если да, то алгоритм переходит к детальной диагностике в блоке 9 по результатам которой осуществляются специальные воздействия: параметрические – блок 11 на рисунке 2, структурные – блок 12, организационные – блок 13. После этого переходим к проверке готовности системы и цикл повторяется. Если же работоспособны все элементы, то алгоритм переходит к блоку 6 и находится там вплоть до санкционированного останова. Если техническая система остановлена по какой-либо причине, то возможно окончание работы в блоке 8.

Управления техническим состоянием может быть довольно сложным. Например, хотя газопровод имеет простое назначение транспортировать газ и несложную конструкцию, когда транспортируемый газ содержит агрессивные и ядовитые компоненты (сероводород, меркаптан), газопровод должен иметь серьезную систему защиты от коррозии. Обычно на трубопроводе специально держится отрицательный электрический потенциал, который препятствует прохождению реакций окисления. Этот потенциал контролируется через каждый километр и при больших расстояниях создается целая крупномасштабная система. Точно такая же проблема поддержания транспортного давления в трубах, для решения которой через определенное расстояние повторяются газокompрессорные станции, поддерживающие необходимое давление обеспечивающее высокую производительность при транспортировке.

Система диагностики состояния трубопровода должна содержать специальные устройства-кроты, проверяющие внутреннюю поверхность труб. При этом, чтобы отличить места подвергшиеся коррозии от производственных раковин, а так же выделить трещины, развитие которых может нарушить целостность, приходится использовать достаточно изощренные методы распознавания образов [8,9].

Список литературы

1. Ахмедьянова Г.Ф, Пищухин АМ, Пищухина Т.А. Исследование алгоритмов управления абстрактным объектом // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 4. С. 34-38.
2. Ахмедьянова, Г.Ф. Метасистемная задача управления готовностью технических средств к функционированию/ Г.Ф. Ахмедьянова, Т.А. Пищухина, А.М. Пищухин // *Научно-технический вестник Поволжья*, 2018. - № 5. - С. 161-164.
3. Владов Ю.Р. Агрегированные модели и методы аналитической идентификации технического состояния промышленных объектов Дисс. на соиск уч. ст. д.т.н., Оренбург, 2005.
4. Владова А.Ю. Модели и методы непараметрической идентификации состояний газотранспортных объектов в организационно-технологической системе управления. Дисс. на соиск уч. ст. д.т.н., Оренбург, 2011.
5. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации. Дисс. На соиск уч. ст. д.т.н., Оренбург, 2004.
6. Якунин Н.Н. Разработка информационно-алгоритмической базы системы управления качеством ремонта коленчатых валов. Дисс. На соиск уч. ст. к.т.н., Оренбург, 1995.
7. Калимуллин Р.Ф. Расчетно-экспериментальная методика оценки режимов нагружения автомобильных двигателей по переходному смазочному процессу в коренных подшипниках. Дисс. на соиск уч. ст. к.т.н., Оренбург, 2002.
8. Дрючин Д.А. Методика управления состоянием моторных масел в эксплуатации автомобильных двигателей Дисс. на соиск уч. ст. к.т.н., Оренбург, 2000.
9. Щетинов Д.Н. Автоматизация диагностирования трубопроводов, транспортирующих сероводосодержащие среды. Дисс. на соиск уч. ст. к.т.н., Оренбург, 1998.
10. Kuzmin M.I. System of Computer Vision for Cold-Rolled Metal Quality Control / V. I. Batischev, M. I. Kuzmin, A. M. Pischukhin, N. A. Solovyov // *International Review of Automatic Control (I.R.E.A.CO.)*. - 2016. - Vol. 9, no. 4. - P. 259-263.

05.13.01

К.З. Билятдинов канд. воен. наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
Санкт-Петербург, k01b@mail.ru

**МОДЕЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Модель представлена в виде схемы описания рабочих процессов сопровождения технических систем во взаимосвязи с типами управленческих решений, принимаемых на основе оценки качества систем в процессе эксплуатации. При этом рассмотрены источники информации и учитываются виды обрабатываемой информации.

Ключевые слова: *качество, модель, оценка, сопровождение, техническая система, источники информации, эффективность.*

Эффективное функционирование современных технических систем (далее – систем) на этапе эксплуатации требует разработки и совершенствования технологических решений в сфере управления эксплуатацией и техническим обеспечением систем. Актуальность темы статьи дополнительно усиливает необходимость выполнения требований по обеспечению безопасного функционирования производственных систем на основе более рационального использования сведений о состоянии оцениваемых систем в процессе эксплуатации [1, с. 2628].

В настоящее время одним из рациональных решений в этой предметной области является разработка модели сопровождения систем в процессе эксплуатации (далее – Модели) – рисунок 1.

Назначение Модели: рациональное применение информационных резервов и результатов оценки качества систем для снижения времени взаимодействия и принятия управленческих решений (рис. 1).

В разработанной Модели рациональное использование и обработка информации в интересах оценки качества систем будет обеспечивать своевременное принятие управленческих решений, что в свою очередь приведет к экономии ресурсов при эксплуатации системы [2, с. 3411].

Применение Модели усиливает положительный эффект от оценки качества как основного инструмента повышения обоснованности четырех возможных типов управленческих решений, которые может принимать лицо, принимающее решение (далее – ЛПР) [3, с. 200-201].

Первый тип решений: результаты оценки качества удовлетворяют требованиям – решение не вмешиваться в функционирование систем. Выполнение данного решения не требует затрат времени и ресурсов.

Второй тип, самый распространенный, – это управленческие решения организационно-технического характера по повышению (обеспечению) эффективности функционирования системы непосредственно в процессе эксплуатации. Это решения по вопросам совершенствования эксплуатации и технического обеспечения (ТО), а также подготовки персонала. Выполнение решений второго типа обычно требует наименьшего расхода ресурсов и времени по сравнению с выполнением решений третьего и четвертого типов.

Третий тип решений – это решения по модернизации существующих систем. Третий тип решений принимается в случае, если определено, что второй тип решений не позволит достичь требуемого результата при заданных условиях, а создание новых систем не рационально.

Четвертый тип решений – это решения по созданию новых систем. Соответственно, решения четвертого типа принимаются в случае, если другие не позволяют достичь

результата. Выполнение решений по созданию новых систем требует наибольшего расхода времени и ресурсов.

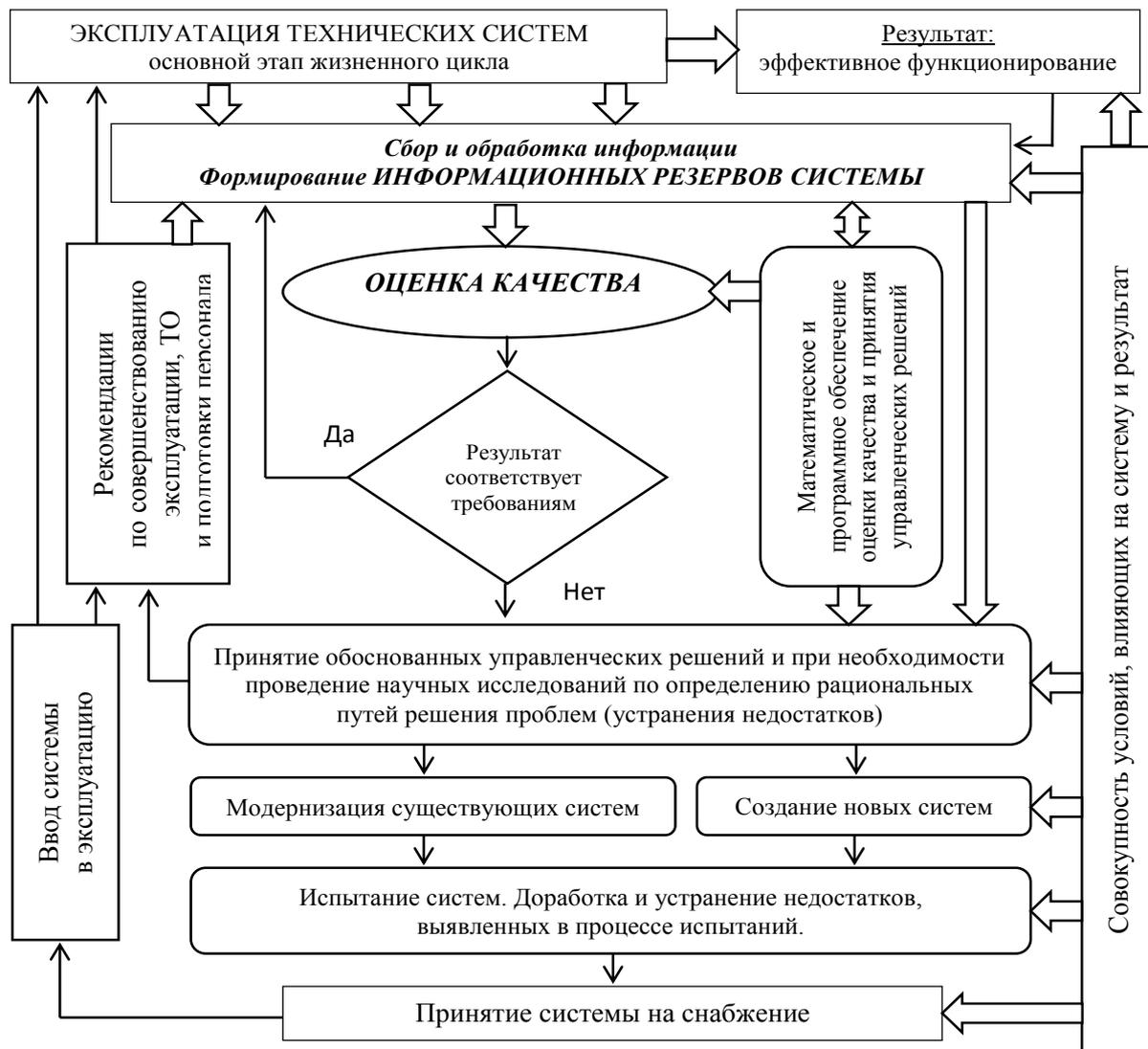


Рис. 1 – Модель сопровождения технических систем в процессе эксплуатации

Помимо обеспечения принятия обоснованных управленческих решений на практике Модель позволяет осуществлять параллельный мониторинг неисправностей (отказов) элементов (изделий) в составе системы, что существенно повышает эффективность контроля эксплуатации [4, с. 492]. Для этого в Модели учитывается необходимость разделения информации, поступающей из внутренних и внешних источников.

Информацию, поступающую из внешних источников, можно разделить на статистические данные и экспертную информацию. При этом под термином «экспертная информация» целесообразно понимать всю совокупность сведений, которые можно получить от экспертов как специалистов по исследуемой системе. То есть рассматривать не только результаты прямого опроса или анкетирования экспертов, но и мнения специалистов, изложенных ими в научных статьях, докладах, монографиях, интервью и т.д. С точки зрения рациональной организации оценки качества в процессе эксплуатации систем информацию из внешних источников можно классифицировать на два основных вида:

Первый вид информации из внешних источников – это информация в сфере функционирования, а именно о технических изделиях, перспективах, возможностях, опыте эксплуатации, включая подготовку персонала, а также о возможных последствиях деструктивных воздействий.

Второй вид информации из внешних источников – это техническая информация, то есть сведения о научных исследованиях, технологиях, об аналогичных технических системах (изделиях), включая требования к условиям эксплуатации и подготовки персонала.

Комплексная обработка, систематизация и рациональное использование большого количества разнообразной статистической и экспертной информации из внешних источников требует решения частных проблем, связанных с рядом негативных факторов, а именно, избыточностью получаемой информации, неполнотой информации, применительно к исследуемой предметной области, неактуальностью, недостоверностью, необходимостью проверки больших массивов данных на непротиворечивость. Все это увеличивает затраты и время на обработку, систематизацию и использование информации, что, в итоге, существенно снижает положительный эффект от ее использования при оценке систем в процессе эксплуатации. В особенности это касается информации, получаемой из сети Интернет. Также есть опасность получения заведомо ложной информации (например, от заинтересованных лиц и (или) коммерческих организаций) и (или) информационного воздействия с целью создания условия для принятия ЛПР ошибочных управленческих решений.

В связи с этим моделирование сопровождения систем (рис. 1) позволило сформулировать рекомендации по идентификации источников информации и систематизации информации в формируемых информационных резервах. Для этого предлагается ввести следующие основополагающие понятия:

1. Сведения о действительных значениях показателей качества систем и другая информация, поступившие в информационные резервы, должны иметь три идентификатора:

- идентификатор источника информации;
- содержание документа (оцениваемая система);
- время получения информации (время обращения к источнику информации).

2. Сведения и результаты оценки должны проверяться на непротиворечивость и ввод ложной информации (ошибку оператора).

3. Учет специфики эксплуатации системы при организации рабочих процессов сопровождении систем (рис. 1), что позволяет использовать более рациональные подходы к планированию производства и обеспечению безопасности персонала [5, с. 316].

В заключении важно отметить, что применение разработанной Модели не требует больших затрат ресурсов и изменения традиционной системы управления, а, значит, может быть использована для организации работы по совершенствованию и развитию систем в условиях недостатка ресурсов.

Таким образом, при определенных допущениях, Модель может быть использована для обеспечения эффективного функционирования современных технических систем на этапе эксплуатации.

Список литературы

1. *Yazdi M.* Introducing a heuristic approach to enhance the reliability of system safety assessment // *Quality and Reliability Engineering International*. 2019. Vol. 35(8). - P. 2612-2638.
2. *Tortorella G.L., Vergara L.G.L., Ferreira E.P.* Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoption // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. № 89(9-12). - P. 3407-3418.
3. *Биятдинов К.З., Меняйло В.В.* Методология оценки качества систем в сфере устойчивости больших технических объектов // *Век качества*. №2. 2020. С. 198-214.
4. *Putz M., Wiene T., Pierer A.* A multi-sensor approach for failure identification during production enabled by parallel datamonitoring // *CIRP annals-manufacturing technology*. 2018. Vol. 67. № 1. - P. 491-494.
5. *Golabchi A., Han S., AbouRizk S.* A simulation and visualization-based framework of labor efficiency and safety analysis for prevention through design and planning // *Automation in Construction*. 2018. Vol. 96. - P. 310-323.

05.13.01

К.З. Билятдинов канд. воен. наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
Санкт-Петербург, k01b@mail.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В методике реализован подход к оценке устойчивости технической системы на основе использования формулы расчета критерия эффективности сложной системы при разделении элементов системы на три функциональные группы. Описана и предлагается программа для ЭВМ для применения на практике данной методики.

Ключевые слова: *методика, техническая система, неисправность, оценка, устойчивость, ресурсы, критерий.*

В настоящее время важное значение для дальнейшего совершенствования управления техническими системами в сфере их подготовки к эксплуатации в неблагоприятных условиях имеют своевременные рациональные управленческие решения, принятые на основе оценки устойчивости систем. В этом случае появляются потенциальные возможности эффективного использования современных научных достижений при совершенствовании процедур принятия управленческих решений и обработки информации [1, с. 261]. При этом эффективность функционирования в различных условиях напрямую зависят от качественного состава оцениваемых систем и динамики состояния элементов этих систем [2, 3].

В этой связи интересно рассмотреть вариант разработки методики оценки устойчивости систем (далее – Методика) на основе использования прикладных возможностей применения формулы расчета критерия эффективности сложной системы [4, с. 15-16]. На практике разработанная методика реализуется программой для ЭВМ «Оценка устойчивости систем» (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020615328, дата регистрации 21.05.2020).

Назначение Методики: оценка устойчивости выполнения системами функции (функций) посредством расчета коэффициента устойчивости системы как показателя качества систем.

Принятые ограничения:

1. Неблагоприятные факторы могут воздействовать на все элементы в составе системы, персонал, запасы ресурсов, транспортные средства и коммуникации.
2. Ресурсы системы расходуются на выполнение функций и на восстановление и ввод элементов (изделий) в эксплуатацию.

Допущение: оцениваемую систему можно разделить на три группы элементов в зависимости от их состояния (пункт 2 Методики).

Последовательность действий при выполнении Методики:

1. Определение в составе системы элементов (изделий), выполняющих заданную функцию (функции).
2. Разделение этого количества элементов на три группы:
 - 1-я группа – элементы, вводимые в эксплуатацию;
 - 2-я группа (основная) – выполняет функции системы;
 - 3-я группа – резерв и неисправные элементы.
3. Определение и заполнение в табличной форме ограничений и базовых требований к системе (рис. 1).
4. Определение реальных или прогнозируемых значений показателей функционирования элементов в составе системы.
5. Расчет коэффициентов функционирования системы (формулы 1-8).

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Условие	Значение
Прогнозируемое кол-во потерь специалистов 1 группы за одну смену		ч		0
Прогнозируемое кол-во потерь специалистов 2 группы за одну смену		шт.	>	8
Прогнозируемое кол-во потерь специалистов 3 группы за одну смену		шт.	>	6
Стоимость функционирования системы в период функционирования		шт.	>	37
Расход ресурсов на 1 групп (Стоимость) в сутки		шт.	>	37
Необходимое количество персонала для всей системы на период функционирования	S	чел.	<	400

Рис. 1 – Скриншот экрана:
пример начала работы с программой – ввод ограничений для системы

5.1. Коэффициент ввода элементов 1 группы в эксплуатацию (p):

$$p = \frac{P_1}{N_1} \quad (1),$$

где P_1 – количество элементов 1 группы, введенных в эксплуатацию, включая восстановленные системы;

N_1 – общее количество элементов 1 группы, вводимых в эксплуатацию за оцениваемый период времени Δt_i .

5.2. Коэффициент учета влияния недостатка ресурсов на 1 группу элементов (a):

$$a = \frac{A_1}{N_1} \quad (2)$$

где A_1 – количество элементов 1 группы, не перешедших во 2 группу из-за недостатка ресурсов за оцениваемый период времени Δt_i .

5.3. Коэффициент возникновения неисправностей (уничтожения, выхода из строя) элементов 1 группы (b):

$$b = \frac{B_1}{N_1} \quad (3)$$

где B_1 – количество элементов 1 группы, вышедших из строя, уничтоженных.

5.4. Коэффициент интенсивности восстановления элементов, то есть перехода элементов (изделий) 1 группы во 2 группу (основную) – f :

$$f = \frac{F_1}{N_1} \quad (4)$$

где F_1 – количество элементов 1 группы, перешедших во 2 группу.

5.5. Коэффициент интенсивности перехода элементов 2 группы в 3 группу (q):

$$q = \frac{Q_2}{N_2} \quad (5)$$

где Q_2 – количество поврежденных и неисправных элементов 2 группы, перешедших в 3 группу;

N_2 – количество элементов 2 группы, выполняющих функции системы.

5.6. Коэффициент неисправности элементов систем 2 группы (d):

$$d = \frac{D_2}{N_2} \tag{6}$$

где D_2 – количество уничтоженных (поврежденных и неисправных) элементов 2 группы, не подлежащих восстановлению.

5.7. Коэффициент использования (убыли) элементов 3 группы в интересах восстановления элементов 1 группы (h):

$$h = \frac{H_3}{N_3} \tag{7}$$

где H_3 – количество элементов, перешедших из 3 группы во 2 группу;

N_3 – количество элементов 3 группы.

6. Расчет значения коэффициента устойчивости системы (U):

$$U = \frac{p f h^3}{a q^3 (q + d)} - \frac{h^4 (b - f)}{a q^4} \tag{8}$$

При условии, что $p > 0, a > 0, b > 0, f > 0, q > 0, d > 0$ и $h > 0$.

7. Вывод по результатам оценки устойчивости системы на основании следующих критериев (рис. 2):

7.1. Если $U > 0$ – то система устойчива в течении данного периода времени при заданных условиях и ограничениях.

7.2. Если $U = 0$ – то система находится на пределе своей устойчивости в течении данного периода времени при заданных условиях и ограничениях.

7.3. Если $U < 0$ – то система неустойчива в течении данного периода времени при заданных условиях и ограничениях.

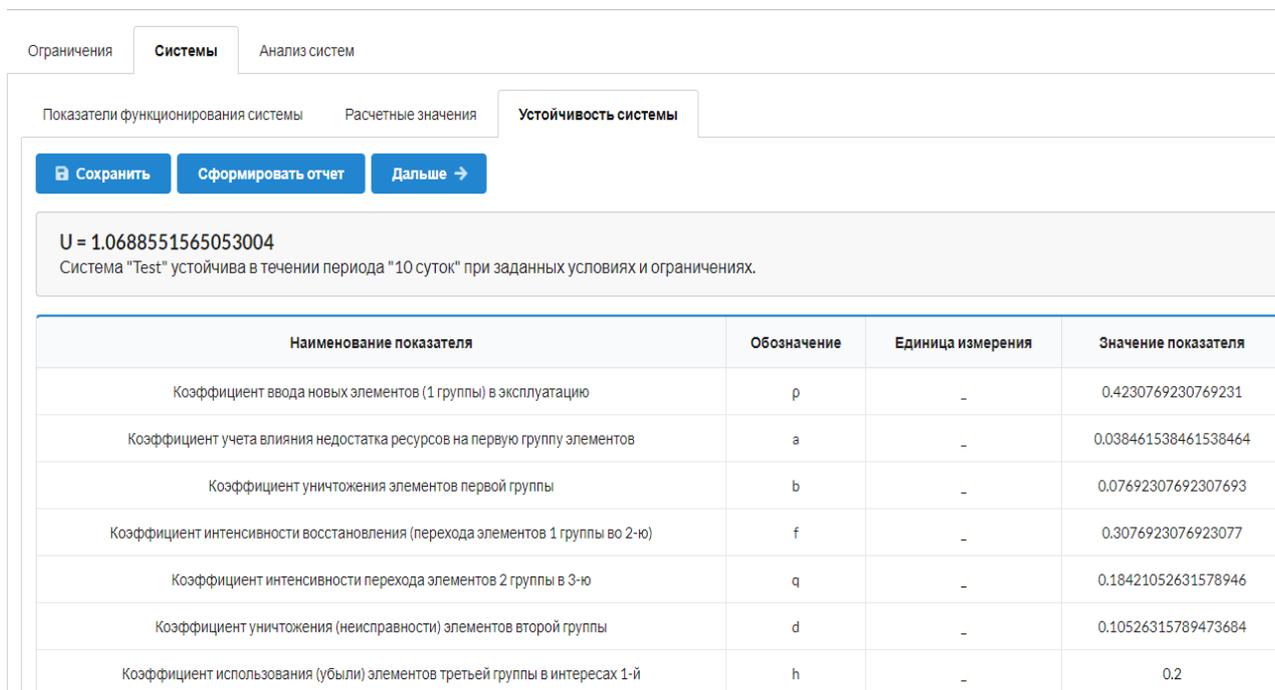


Рис. 2 – Скриншот экрана: пример вывода об устойчивости системы

8. При необходимости выполнить сравнение с базовыми требованиями и (или) с коэффициентами устойчивости других систем или в разные периоды времени. Составить рейтинг устойчивости систем и представить результаты оценки лицу, принимающему решение (далее – ЛПР).

Программа для ЭВМ «Оценка устойчивости систем» является кроссплатформенной и функционирует как клиент-серверное приложение.

В программе предусмотрена возможность формирования отчётов в виде таблицы в формате Word, а также визуализации полученных результатов в виде графиков и диаграмм.

Таким образом, основной положительный эффект от применения разработанных методики и программы для ЭВМ заключается в существенном сокращении времени и расхода ресурсов на оценку устойчивости систем, а также на прогнозирование состояния устойчивости систем в зависимости от последствий воздействия различных неблагоприятных факторов. Применение ЛПР методики и программы для ЭВМ способствует принятию своевременных и обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения устойчивости систем.

Список литературы

1. *Karagiannis G.* On structural and average technical efficiency // *Journal of Productivity Analysis*. 2015. Vol. 43. № 3. - P. 259-267.
2. *Li Y., Huang Sh., Li, H.* Application of phase sequence exchange in emergency control of a multi-machine system // *International journal of electrical power & energy systems*. 2020. Vol. 121. Article 106136.
3. *Liang Ya., Gao Zh., Gao J.* A new method for multivariable nonlinear coupling relations analysis in complex electromechanical system // *Applied soft computing*. 2020. Vol. 94. Article 106457.
4. *Андреева Е.А., Гольянова (Дмитриева) О.Н.* Двойственный метод в задачах оптимального управления. Тверь, 2004. – 46 с.

05.13.01

И.В. Грубрин канд. техн. наук

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

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В работе развивается подход к решению задачи адаптивной обработки сверхширокополосных сигналов. Предложен алгоритм адаптации при выделении сигнала из заданного элемента разрешения.

Получено наилучшее, в квадратичном смысле, решение в классе линейной фильтрации

Ключевые слова: адаптация, сверхширокополосность, сигнал.

Ставится задача определения переотражающих или излучающих точек в пространстве (зоне ответственности) путем излучения и/или приема системой датчиков сверхширокополосных (в частности короткоимпульсных) сигналов. При выделении сигнала из заданного элемента разрешения может оказаться полезной процедура подавления (адаптация) мешающих сигналов из других элементов разрешения. Процедура адаптации заключается в подборе во времени параметров пространственно-временного фильтра (его весовых коэффициентов \mathbf{W}). Для организации процедуры адаптации необходима разработка соответствующих методов и алгоритмов. В силу специфики сверхширокополосных сигналов (см. выше), ни применимость известных алгоритмов адаптации для случая узкополосных сигналов, ни новые методы и алгоритмы в литературе не рассматривались. При этом для сохранения преимуществ использования сверхширокополосных сигналов необходимо проведение обработки с минимальным искажением формы полезных сигналов [1]. Отсюда следует неприменимость классического критерия адаптивной обработки узкополосных сигналов - максимума отношения сигнал-шум [2].

Ранее в [3] были приведены основные соотношения, связывающие вектор-сигнал измерений с вектором распределения переотражений или излучений f .

Возможны разные виды сверхширокополосных (СШП) сигналов: (сверх)короткоимпульсный, непрерывный детерминированный, непрерывный случайный. Очевидно, адаптация импульсных и непрерывных сигналов должна проводиться по разным алгоритмам.

Предположим, что линейная обработка сигналов реализуется по схеме, изображенной на рис. 1.

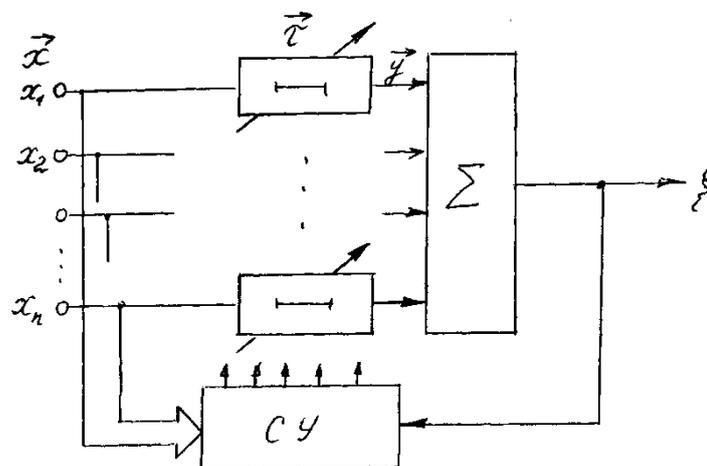


Рис. 1 – Схема линейной обработки сигналов

Полагаем также то, что управляемые линии задержки идеальны и осуществляют чистую задержку.

Схема формирования принимаемого сигнала показана на рис. 2.

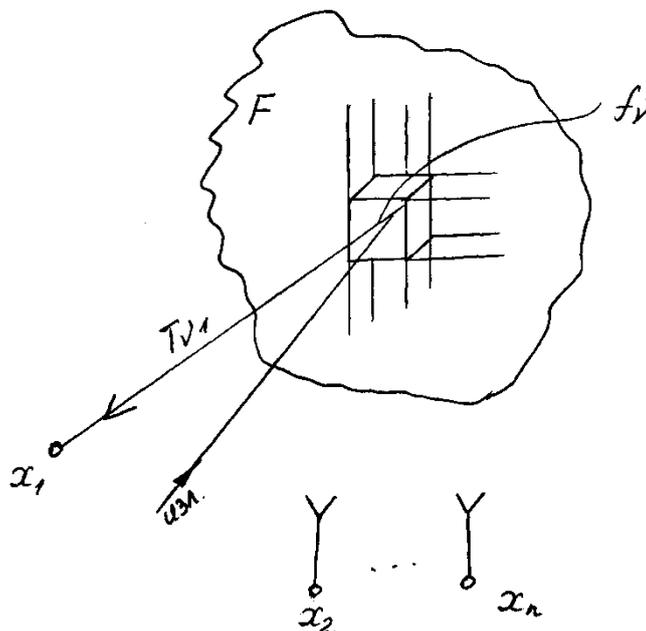


Рис. 2 – Схема формирования принимаемого сигнала

Зона ответственности разбита на m элементов разрешения, каждый (v -й) из которых имеет коэффициент диффузного переотражения f_v . Один излучатель формирует сигнал $g(t)$.

Отражаясь от v -го элемента разрешения и задерживаясь на время распространения T_{v_i} , он попадает на i -й приемник. Составляющая отраженного от v -го элемента разрешения принятая i -м приемником равна

$$g_{v_i}(t) = g(t - T_{v_i})f_v.$$

Основная задача зондирования пространства (надземного, подземного, подводного) заключается в оценке распределения переотражений, т.е. в оценке вектора $\vec{f} = [f_1, f_2, \dots, f_m]^T$ по результатам измерений.

Сигнал, поступающий в i -й канал обработки, - суммарное отражение

$$x_i(t) = \sum_v g(t - T_{v_i})f_v.$$

от всех элементов разрешения

$$y_i(t) = x_i(t - \tau_i) = \sum_v g(t - T_{v_i} - \tau_i)f_v,$$

Из этого следует

$$\xi(t) = \sum_i \sum_v g(t - T_{v_i} - \tau_i)f_v. \quad (1)$$

Будем считать, что полезная составляющая в этом сигнале составлена отражением от μ -го

$$\xi_s(t) = \sum_i g(t - T_{\mu_i} - \tau_i)f_{\mu}.$$

элемента разрешения

Допустим, что излучаемый сигнал имеет автокорреляционную функцию $\rho_{gg}(\tau)$. Ее можно использовать, умножив (1) на $g(t)$ и усреднив:

$$g(t)\xi(t) = \sum_{i,v} g(t)g(t - T_{v_i} - \tau_i)f_v, \quad \rho_{g\xi}(0) = \sum_{i,v} \rho_{gg}(T_{v_i} + \tau_i)f_v.$$

Сверхширокополосные сигналы имеют очень узкую автокорреляционную функцию, поэтому практически все $\rho_{gg}(T_{v_i} + \tau_i)$ окажутся равными или близкими к нулю.

Чтобы избежать этого нужно задержать опорный сигнал на достаточно большую величину τ_0 . Тогда

$$\rho_{g\xi}(\tau_0) = \sum_{i,v} \rho_{gg}(T_{v_i} + \tau_i - \tau_0) f_v. \tag{2}$$

Левая часть этого уравнения - взаимная корреляция выходного сигнала с задержанным на τ_0 опорным - может быть получена экспериментально, различными схемами коррелятора (умножителя и усреднителя). Будем считать ее известной. Правую часть можно рассматривать, как скалярное произведение вектора \vec{r} на вектор \vec{f} , где

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} \sum_i \rho_{gg}(T_{v_1} + \tau_i - \tau_0) \\ \sum_i \rho_{gg}(T_{v_2} + \tau_i - \tau_0) \\ \vdots \\ \sum_i \rho_{gg}(T_{v_n} + \tau_i - \tau_0) \end{pmatrix}; \quad \vec{f} = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_m \end{pmatrix} \tag{3}$$

Как видно из (3) вектор \vec{r} является функцией управляемых задержек $\bar{\tau}_i$. Следовательно, (2) можно записать так:

$$\rho_{g\xi}(\bar{\tau}) = \vec{r}^T(\bar{\tau}) \vec{f}. \tag{4}$$

Задавая последовательным управлением $\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2, \dots, \bar{\tau}_k$, получим k уравнений вида (4):

$$\left. \begin{aligned} \rho_{g\xi}(\bar{\tau}_1) &= \vec{r}^T(\bar{\tau}_1) \vec{f}, \\ \rho_{g\xi}(\bar{\tau}_2) &= \vec{r}^T(\bar{\tau}_2) \vec{f}, \\ \dots \\ \rho_{g\xi}(\bar{\tau}_k) &= \vec{r}^T(\bar{\tau}_k) \vec{f}, \end{aligned} \right\}$$

которые можно записать так

$$\vec{\rho} = H \cdot \vec{f}. \tag{5}$$

$$\rho = \begin{pmatrix} \rho_{g\xi}(\bar{\tau}_1) \\ \rho_{g\xi}(\bar{\tau}_2) \\ \vdots \end{pmatrix} \quad H = \begin{pmatrix} \vec{r}^T(\bar{\tau}_1) \\ \vec{r}^T(\bar{\tau}_2) \\ \vdots \end{pmatrix}$$

В уравнении (5) ρ - вектор; H - матрица.

Уравнение (5) имеет решение

$$\hat{f} = H^+ \rho + (I - H^+ H) \vec{e}, \tag{6}$$

где \vec{e} - произвольный вектор подходящей размерности.

Тогда $H^+ = (H^T H)^{-1} H^T$; $H^+ H = I$ и решение единственное

$$\hat{f} = H^+ \rho = (H^T H)^{-1} H^T \rho. \tag{7}$$

Сканирование вектором управления $\bar{\tau}$ следует производить таким образом, чтобы квадратная матрица $H^T H$ была хорошо обусловлена.

Уравнение (5) и решения (6), (7) составлены без учета ошибок измерений и помех разного рода.

Если помехи есть, но никакой информации об их параметрах нет, то оценка \hat{f} (фильтрация помех) осуществляется тем же алгоритмом (6), (7), что и без помех. Это так называемая инверсная (или псевдоинверсная) фильтрация.

Если же статистика помех известна, то можно применить более точные алгоритмы фильтрации. В этом случае уравнение (5) дополняется аддитивными помехами

$$\vec{\rho} = H\vec{f} + \vec{n}, \quad (8)$$

где \vec{n} - аддитивные случайные помехи с нулевым средним $\bar{\vec{n}} = 0$ и известной ковариационной матрицей R_{nn} .

Если, кроме этого, известна и усредненная матрица ковариаций сигналов R_{ff} , то возможно винеровское оценивание, минимизирующее среднеквадратичное рассогласование между оценкой и истинной величиной

$$\eta = \overline{(\hat{f} - \vec{f})^T (\hat{f} - \vec{f})} \quad (9)$$

Винеровская оценка ищется как линейная функция измерений

$$\hat{f} = W\vec{\rho}, \quad (10)$$

где W - неизвестная матрица винеровского оценивания.

Подставив (10) в (9), находим

$$\eta = \overline{(\hat{f} - \vec{f})^T (\hat{f} - \vec{f})} = \overline{(W\vec{\rho} - \vec{f})^T (W\vec{\rho} - \vec{f})} = \overline{\vec{\rho}^T W^T W\vec{\rho} - \vec{\rho}^T W^T \vec{f} - \vec{f}^T W\vec{\rho} + \vec{f}^T \vec{f}}.$$

Для нахождения минимума среднеквадратичной ошибки нужно найти производную $\partial\eta/\partial W$ и приравнять ее к нулю

$$\frac{\partial\eta}{\partial W} = 2W\overline{\vec{\rho}\vec{\rho}^T} - 2\overline{\vec{f}\vec{\rho}^T} = 2WR_{\rho\rho} - 2R_{f\rho} = 0.$$

Решая полученное уравнение, получим $W = R_{f\rho} R_{\rho\rho}^{-1}$.

Таким образом, получаем оценку $\hat{f} = R_{f\rho} R_{\rho\rho}^{-1} \vec{\rho}$. С учетом (8) находим

$$R_{\rho\rho} = \overline{(H\vec{f} + \vec{n})(H\vec{f} + \vec{n})^T} = HR_{ff}H^T + R_{nn};$$

$$R_{f\rho} = \overline{\vec{f}(H\vec{f} + \vec{n})^T} = \overline{\vec{f}\vec{f}^T} = R_{ff}.$$

Тогда:

$$W = R_{ff} (HR_{ff}H^T + R_{nn})^{-1}. \quad (11)$$

Решение (11) - наилучшее в квадратичном смысле в классе линейной фильтрации (10).

Список литературы

1. Астанин Л.Ю., Костылев А.А. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений.- М.: Радио и связь, 1989 г.- 190 с.
2. Immoreev I., Samkov S.. *Teh-No Tao*. Short-Distance Ultra-Wideband Radars. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 20, № 6, 2005.
3. Грубрин И.В., Самойленко В.И. Адаптивная обработка сверхширокополосных сигналов в антенных решетках.- М.: Радиотехника, 1995, № 3, с. 65-68.

05.13.01

А.В. Мельничук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Кафедра 805 «Математическая кибернетика»,
Москва, alexander.melnichyuk@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО СУДНА

В настоящей работе рассмотрены принципы создания автоматизированной системы определения взлетно-посадочных характеристик для пилотов, применимой для широкого спектра военных и гражданских воздушных судов российского производства. В разрабатываемом решении предложено применение технологии экспертных систем, основанных на правилах. Разработан алгоритм прямого логического вывода рассматриваемой экспертной системы.

Ключевые слова: взлетно-посадочные характеристики, экспертная система, прямой логический вывод, CLIPS, электронный планшет лётчика, EFB.

Введение. Взлет и посадка относятся к критическим и наиболее сложным этапам полета воздушного судна (ВС). Перед выполнением полета, требуется оценить выполнимость взлета и посадки с фактической массой ВС при фактических погодных условиях относительно конкретной взлетно-посадочной полосы (ВПП) конкретного аэродрома. Для этого необходимо выполнить расчет взлетно-посадочных характеристик (ВПХ).

При расчете ВПХ определяются максимально допустимые взлетная и посадочная массы ВС, скорости ВС (скорость принятия решения, до достижения которой в случае отказа одного двигателя взлет может быть безопасно прекращен; скорость, на которой выполняется подъем передней стойки шасси; безопасная скорость взлета и скорость захода на посадку).

На ВПХ влияет множество факторов – масса ВС, метеоусловия на аэродроме (давление, температура воздуха, направление и скорость ветра), заявленные уклон и дистанции ВПП, превышение аэродрома, коэффициент сцепления на ВПП и состояние ее поверхности, тяга двигателя на взлете, режим торможения на посадке, состояние антиобледенительной системы и системы кондиционирования, положение закрылков. Также на ВПХ могут влиять ограничения, вызванные наличием допустимых отложенных дефектов и отклонений конфигурации ВС (в соответствии с MEL – перечнем минимального исправного оборудования и CDL – перечнем допустимых повреждений и неисправностей), или определенные политикой эксплуатанта.

Пилоты отечественных самолетов для расчета ВПХ в процессе предполетной подготовки используют комплекс специализированных номограмм, содержащихся в руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ) ВС. Выполнение расчета ВПХ указанным способом «вручную» является сложной и трудоемкой процедурой, требующей от членов летного экипажа повышенного внимания. Сложность данной процедуры, дефицит времени на предполетной подготовке и человеческий фактор могут привести к ошибке в расчете ВПХ. В свою очередь, использование некорректных результатов расчета ВПХ может привести к авиационному инциденту или авиакатастрофе.

Таким образом, актуальной научно-технической задачей является разработка общих принципов создания автоматизированной системы определения ВПХ для пилотов, применимой для широкого спектра военных и гражданских воздушных судов российского производства (необходимость разработки была рассмотрена в [1]). Реализация данной системы предполагается в виде специализированного программно-аппаратного комплекса на

базе электронного планшета летчика (Electronic Flight Bag - EFB), в качестве которого используются планшетные компьютеры, одобренные уполномоченным органом в области гражданской авиации.

Новизна разрабатываемого решения заключается в применении технологии экспертной систем, обеспечивающей гибкость определений ВПХ за счет применения ограничений в результатах определения ВПХ в соответствии с правилами на основе MEL, CDL, РЛЭ и политики эксплуатанта.

Продукционные правила для определения ВПХ и алгоритм логического вывода.

Правила, используемые для определения ВПХ, могут быть представлены в виде импликаций вида «если А, то В». Для применения таких импликаций предложено использование экспертной системы, включающей в себя базу знаний для хранения правил определения ВПХ, машину логического вывода и рабочую память для хранения фактов.

На рисунке 1 представлен пример правил разработанной экспертной системы и процесс получения новых фактов в процессе логического вывода.

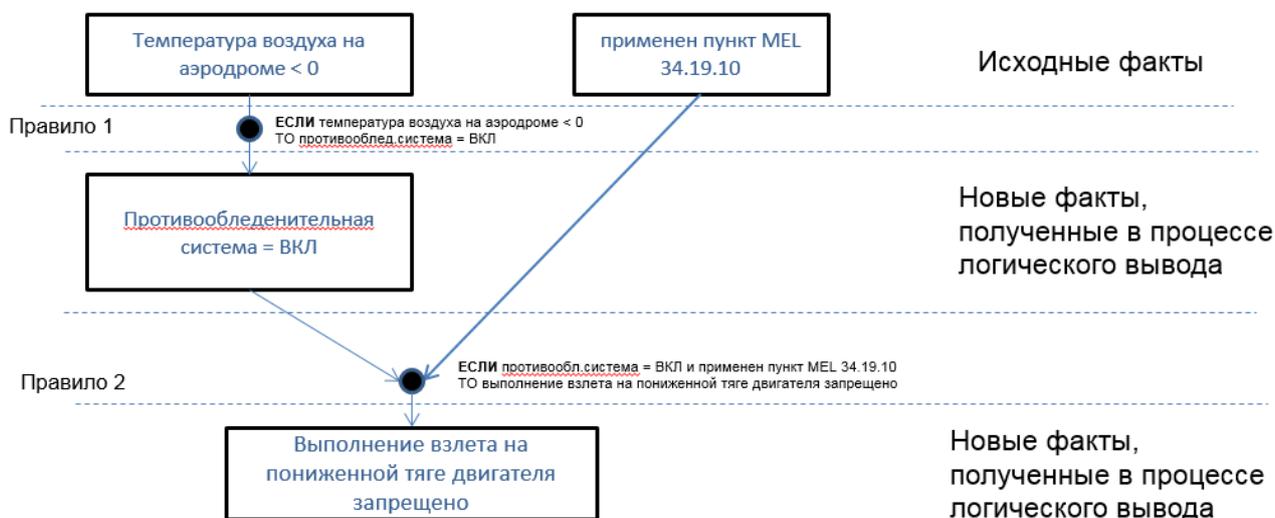


Рис. 1 – Пример работы продукционных правил ЭС

В процессе логического вывода входными данными являются начальный набор фактов и правила базы знаний ЭС, выходными данными являются множество новых фактов и состояние рабочей памяти, перешедшей в новое состояние. Для описания алгоритма логического вывода введем следующие обозначения: WM_0 - начальное известное множество фактов, $f = (v, a)$ - факт (например, атрибут x с номером v принял значение a ($x_v = a$)), v - номер атрибута, a - значение атрибута, l - номер правила, p_l - приоритет правила l , i - номер итерации выполнения алгоритма (шаг алгоритма), C - конфликтное множество правил, CS_i - конфликтное множество правил на шаге i , l^* - номер активированного правила, имеющего максимальный приоритет.

Правило задает отображение множества заданных фактов X_l на множество добавляемых A_l и удаляемых D_l фактов: $r_l: X_l \Rightarrow (A_l, D_l)$, где X_l - множество фактов антецедентов, A_l - множество добавляемых фактов, D_l - множество удаляемых фактов. WM_i - рабочая память (начальные факты и факты, полученные путем применения правил на i -м шаге алгоритма).

Тогда алгоритм логического вывода примет следующий вид:

1. $i = 0$
2. $i = i + 1$
3. $CS_i = \{l: (X_l \subseteq WM_{i-1}) \& (\forall k ((0 < k < i) \rightarrow l \notin CS_k))\}$
4. Если $CS_i = \emptyset$, то конец алгоритма.
5. $A = \emptyset$; $D = \emptyset$; $C = CS_i$
6. Пока $C \neq \emptyset$ выполнять цикл:

$$l^* = \arg \max_{l \in C} p_l$$

$$A = A \cup \left[A_{l^*} \setminus \left\{ f_j: \exists f_k \left((f_k \in A) \& (pr_1 f_j = pr_1 f_k) \right) \right\} \right]$$

$$D = D \cup \left[D_{l^*} \setminus \left\{ f_j: \exists f_k \left((f_k \in D) \& (pr_1 f_j = pr_1 f_k) \right) \right\} \right]$$

$$C = C \setminus \{l^*\}$$

7. $WM_i = WM_{i-1} \cup A \ D$

8. Переход к шагу 2.

Скорость работы продукционной экспертной системы, особенно при работе с большими количествами правил базы знаний и фактов в рабочей памяти, зависит от механизма логического вывода решения. В данной работе для обеспечения ускорения вывода решения за счет минимизации сопоставлений в рассматриваемой экспертной системе для сопоставления правил используется алгоритм Rete. В данном алгоритме каждое правило рассматривается как один или несколько образцов, с каждым из которых связывается список всех активных сопоставляющихся с ним элементов рабочей памяти. На вход алгоритма Rete подаются правила базы знаний экспертной системы. В качестве результата формируется специальный ациклический граф, узлам которого соответствуют части условий правил.

Для реализации экспертной системы и применения алгоритма Rete необходимо использовать подходящее инструментальное средство. На сегодняшний день существует множество инструментальных средств создания экспертных систем, наиболее распространенными среди которых являются CLIPS, PROLOG, LISP, Drools и Jess. Для выбора инструментального средства был проведен сравнительный анализ, по результатам которого было выбрано программное обеспечение (ПО) CLIPS, поскольку, наряду с такими преимуществами, как совместимость с операционными системами EFB, свободное распространение с открытым исходным кодом, наличие встроенной машины прямого логического вывода, изначально предназначалось для разработки экспертных систем для аэрокосмической сферы, в которой безопасность имеет критически важное значение. Его изначальное предназначение и применение в таких организациях, как NASA, конструкторское бюро «Туполев» [2, 3] и других, позволяет сделать вывод о высокой надежности программной реализации системных библиотек данного инструментального средства.

Выводы. Правила, применяющиеся при определении ВПХ воздушных судов, могут быть представлены в виде продукций, работа с которыми реализуется посредством осуществления прямого логического вывода.

Скорость работы экспертной системы зависит от механизма логического вывода решения. Поэтому для ускорения вывода решения за счет минимизации сопоставлений в рассматриваемой экспертной системе для сопоставления правил предлагается подход, позволяющий использовать алгоритм Rete в процессе логического вывода. Преимущества инструментального средства CLIPS для создания ЭС, а также изначальное предназначение и применение в организациях аэрокосмической отрасли, где безопасность имеет критически важное значение, позволяют сделать вывод о высокой надежности программной реализации системных библиотек данного инструментального средства, и обусловили его выбор для создания ЭС в рамках настоящей работы.

Список литературы

1. Мельничук А.В., Нестеров В.А., Судаков В.А., Сыпало К.И. Разработка приложения для определения рациональных характеристик процессов взлета и посадки воздушных судов с применением экспертной системы // Электронные информационные системы. 2019. №1 (20). С.63-72.
2. Перфильев О.В. Экспертная система интеллектуальной поддержки авиаспециалистов при техническом обслуживании систем и оборудования самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Том 16, №1(5). С.1545-1549.
3. Перфильев О.В., Лунатова С.В. Концепция экспертной системы анализа причин неисправностей самолета Ту-204 и его модификаций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Том 15, №4(4). С.892-896.

05.13.01

С.И. Мунтанилов, В.В. Родин канд. техн. наук

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва,
институт электроники и светотехники,
кафедра метрологии, стандартизации и сертификации,
Саранск, 89879979005@rambler.ru

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ АККРЕДИТАЦИИ И ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Рассмотрены организационные вопросы аккредитации и поверки средств измерений световых параметров. Проанализирован рынок средств измерений, принадлежащих предприятиям и организациям. Приведены данные по оптимизации эталонной базы поверки средств измерений для прохождения процедуры подтверждения компетентности.

Ключевые слова: *световые параметры, измерение, поверка, средства измерений, аккредитация.*

Одной из форм государственного регулирования в области обеспечения единства измерений является поверка средств измерений (СИ). Поверку СИ могут осуществлять только аккредитованные в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели. Аккредитация в области обеспечения единства измерений осуществляется в целях официального признания компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя выполнять работы и (или) оказывать услуги по обеспечению единства измерений в соответствии с законодательством РФ. Отношения, возникающие между участниками национальной системы аккредитации, иными установленными лицами в связи с осуществлением аккредитации регулируются Федеральными законами [1, 2]. Совокупность требований, которым должен удовлетворять заявитель и аккредитованное лицо, при осуществлении деятельности по поверке СИ устанавливаются критериями аккредитации [3, 4]. Они предусматривают проведение организационных мероприятий по анализу рынка типов и видов поверяемых СИ, подготовке документов. Анализ рынка поверки СИ позволяет оптимизировать эталонную базу. Одним из сложных документов, необходимым для аккредитации является форма по оснащённости эталонами единиц величин и (или) средствами измерений (форма 2). Производство светотехнической продукции требует метрологического обеспечения средств измерений световых параметров. В соответствии с уставом региональные центры стандартизации, метрологии и испытаний максимально обеспечивают поверку СИ, находящихся на подведомственной территории.

Для оптимизации формы оснащённости средствами измерений световых параметров проведен анализ рынка за последние 5 лет. Полученные данные показали, что СИ световых параметров ежегодно предоставляются на поверку практически в одном и том же количестве.

Следует отметить, что СИ предназначенные для поверки могут принадлежат не только предприятиям одного региона, но и другим регионам Российской Федерации, в которых осуществляется выпуск светотехнической продукции.

Расчет финансовых средств, полученных от поверки СИ световых параметров, включает расходы на поверку ламп накаливания светоизмерительных, люксметров, спектрофотометров, фотометров, фотометрических головок. Ежегодное поступление денежных средств от поверки данных СИ позволяет окупить стоимость эталонов, их содержание и эксплуатацию в течение 5-7 лет.

Каждый из видов (типов) оптических СИ имеет свои параметры и погрешности. В соответствии с этим, для поверки необходимо использовать соответствующие эталоны. Для каждого СИ утверждена своя методика (ГОСТ, нормативная документация (НД) по поверке), которая может быть и общей для нескольких видов (типов). Для поверки СИ необходимо иметь комплект средств поверки, указанных в НД по поверке.

Следует отметить, что в комплект средств поверки наряду с эталонами и вспомогательным оборудованием, входят СИ влияющих на поверку факторов. К влияющим факторам окружающей среды относятся: температура, давление, влажность. Эти параметры должны соответствовать требованиям НД по поверке. Также, при использовании СИ и эталонов, которые работают от электричества, необходимо контролировать параметры электросети: напряжение и частоту. Применяемые в комплекте средств поверки приборы должны быть поверены, а эталоны – аттестованы в установленном порядке.

К световым параметрам относятся: световой поток, сила света, яркость, цветовая температура и освещенность.

При анализе СИ световых параметров было установлено, что рабочие СИ имеют общие параметры и методики поверки. Для таких СИ при поверке можно применять общий эталон. Поверку рабочих СИ с различными световыми параметрами и методиками поверки необходимо обеспечить различными эталонами и средствами измерений.

Результаты работы по оптимизации эталонной базы для поверки СИ световых параметров представлены в таблице. Приводятся данные по конкретным типам средств измерений и поверки с указанием данных о стране изготовителе, годе выпуска, диапазоне измерений, погрешности (ПГ) или неопределенности.

При всех указанных видах измерений влияющие факторы окружающей среды фиксируются барометром анероидом БАММ-1 и психрометром аспирационным М-34-М. Диапазон измерений БАММ-1 от 80 кПа до 106 кПа, а погрешность $\pm 0,2$ кПа. Психрометр М-34-М имеет диапазон измерений от 10 % до 100 % с погрешностью $\pm 2-6$ %.

Таблица – Оснащенность эталонами единиц величин и (или) средствами измерений

№	Виды измерений, тип (группа) средств измерений	Эталон единицы величин и (или) СИ, тип (марка)	Изготовитель (страна, наименование организации, год выпуска)	Метрологические характеристики СИ	
				Диапазон измерений	ПГ и (или) неопределенность (класс, разряд)
1	2	3	4	6	7
1	Оптические и оптико-физические измерения, средства измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения, СИ непрерывного излучения, градуированные по силе света (35-1500) кд ПГ $\pm(1,5-5) \cdot 10^{-2}$ кд	Государственный вторичный эталон единиц силы света и освещенности непрерывного излучения с номинальными значениями силы света (освещенности) 35 кд (35 лк), 100 кд (100 лк) и 500 кд (500 лк) ВЭТ 5-4-2006 3.1.ZAK.0496. 2015	Россия, ФГУП ВНИИОФИ, г. Москва, 1985 г.	35 кд (35 лк) 100 кд (100 лк) 500 кд (500 лк)	СКО $\pm 0,3$ %

Продолжение таблицы

1	2	3	4	6	7
2	Оптические и оптико-физические измерения, средства измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения, СИ непрерывного излучения, градуированные по световому потоку (10-3500) лм ПГ $\pm(3-4) \cdot 10^{-2}$ лм	Государственный рабочий эталон единицы светового потока в диапазоне значений (10-3500) лм 3.1.ZAK.0495. 2015	Россия, СПО «Светотехника», г. Саранск, 1981 г.	(3,5 - 3500) лм	ПГ $\pm 1 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$
3	Оптические и оптико-физические измерения, фотоэлектроколориметры, фотометры, микроколориметры фотоэлектрические КПР (0-100) % (0,01-1) Б ПГ $\pm(0,5-1,5)$ % ПГ $\pm 0,005$ Б	Государственный рабочий эталон единицы редуцированного, спектрального коэффициентов направленного пропускания в диапазоне значений (92-5) %, КНФ-1 Зав.№19 3.1.ZAK.0066. 2012	Россия, ОАО «Загорский оптико-механический завод», 1975 г.	(91,71 - 4,9) %, в спектральном диапазоне 540 нм	$\Delta = \pm 0,3$ % (редуцированного, спектрального коэффициента); $\Delta = \pm 0,25$ %
		Государственный рабочий эталон единицы спектрального коэффициента направленного пропускания в диапазоне значений (92,0 - 2,0) %, КС-102 Зав.№820010 3.1.ZAK.0030. 2012	Россия, ЛОМО, 1977 г.	(91,9 - 1,8) % в спектральном диапазоне (400 - 800) нм	$\Delta = \pm 0,25$ %

Продолжение таблицы

1	2	3	4	6	7
		Государственный рабочий эталон единицы коэффициента направленного пропускания в диапазоне значений (3-92)% НАС-01 Зав.№004 3.1.ZAK.0159. 2013	Россия, Научно-производственная фирма «Медицина-Техника», 2008 г.	(3-92)%	ПГ ±0,5%
4	Оптические и оптико-физические измерения, средства измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения, фотометрические головки (1-2·10 ⁵) лк ПГ±(1·10 ⁻² -3·10 ⁻²) лк	Государственный вторичный эталон единиц силы света и освещенности непрерывного излучения с номинальными значениями силы света (освещенности) 35 кд (35 лк), 100 кд (100 лк) и 500 кд (500 лк) ВЭТ 5-4-2006 3.1.ZAK.0496. 2015	Россия, ФГУП ВНИИОФИ, г. Москва, 1985 г.	35 кд (35 лк) 100 кд (100 лк) 500 кд (500 лк)	СКО ± 0,3 %
5	Оптические и оптико-физические измерения, средства измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения, фотометрические головки с измерителями тока (1·10 ⁻³ -1) кд ПГ±(0,08-0,2) кд	Государственный вторичный эталон единиц силы света и освещенности непрерывного излучения с номинальными значениями силы света (освещенности) 35 кд (35 лк), 100 кд (100 лк) и 500 кд (500 лк) ВЭТ 5-4-2006 3.1.ZAK.0496. 2015	Россия, ФГУП ВНИИОФИ, г. Москва, 1985 г.	35 кд (35 лк) 100 кд (100 лк) 500 кд (500 лк)	СКО ± 0,3 %

Поверка средств измерений световых параметров может осуществляться в лабораториях поверки СИ механических, геометрических и оптико-физических величин. В каждой лаборатории должны поддерживаться необходимые условия окружающей среды в соответствии с методикой поверки СИ. В каждой организуются рабочие места по поверке определенных СИ. Поверку средств измерений световых параметров осуществляют поверители, аттестованные на право проведения поверки данных СИ и удовлетворяющие требования критериев аккредитации. Оформление результатов поверки осуществляется в соответствии с НД. Данные о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Указанная эталонная база для проведения поверки позволяет проводить ее в соответствии с требованиями нормативных документов и обеспечивает минимальные финансовые затраты.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013 № 412.
2. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102.
3. Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие аккредитации: Приказ Минэкономразвития России от 30.05.2014 № 326 (Зарегистрировано в Минюсте России 30.07.2014 №33362).
4. Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке: Приказ Минпромторга РФ от 02.07.2015 № 1815 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.09.2015 N 38822).

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

05.13.06

Р.Н. Зарипова, Н.Н. Алаева

Альметьевский государственный нефтяной институт,
энергомеханический факультет,
кафедра автоматизации и информационных технологий,
Альметьевск, zaripovarn@mail.ru, nalaeva@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ ГЗУ И СИКНС

В работе выявляется погрешность при сравнении измерений дебита жидкости на скважинах с ГЗУ с суммарным дебитом на СИКНС Архангельского месторождения. Проведенный в процессе работы анализ расхождений результатов контроля производительности скважин, позволяет сделать выводы и найти пути решения. Предлагается проводить профилактические мероприятия для уменьшения погрешности при измерениях дебита жидкости.

Ключевые слова: измерение производительности скважин, счетчик количества жидкости, групповая замерная установка, система измерений количества и качества сырой нефти, погрешность измерений.

В нефтяной промышленности основным параметром, характеризующим процесс добычи нефти, является дебит жидкости [1,2]. Этот параметр позволяет определить корректный режим эксплуатации скважины и правильно подобрать типоразмер глубинного насоса.

Для измерения дебита жидкости большинства скважин применяются групповые замерные установки (ГЗУ), в которых установлены счетчики количества жидкости (СКЖ). В процессе длительной эксплуатации СКЖ погрешность измерений, указанная в паспорте устройства может быть значительно превышена. Это связано с множеством факторов. Например, низкое содержание газа в добываемой жидкости или отложение парафина на стенках и измерительной камере СКЖ [3]. В случае установки СКЖ на скважине из-за превышения погрешности со временем происходит неправильный учет добываемой жидкости, а также выбор некорректного режима эксплуатации скважины.

В данной работе проводится анализ расхождений в результатах контроля производительности скважин, сравниваются показания дебита жидкости на ГЗУ с показаниями дебита жидкости системы измерения количества и качества нефти сырой (СИКНС).

Для определения суммарного дебита жидкости собраны данные со всех скважин, установленных на Архангельском месторождении за март и апрель месяц 2018 года. Фрагмент исходных данных показан в таблице 1.

Фрагмент данных по обводненности жидкости каждой скважины за рассматриваемый период представлен в таблице 2.

Таблица 1 - Фрагмент исходных данных

№	№скв/дата	01.03.18	02.03.18	03.03.18	04.03.18	05.03.18	06.03.18	07.03.18
1	7803	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4
2	7802	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0
3	7814	5,1	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
4	7806	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,3
5	7815	5,2	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3
6	7816	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,1

Рассчитан объем обезвоженной нефти на каждой скважине по следующей формуле:

$$V_{\text{Ноб}} = \frac{(100 - W_{\text{об}}) \cdot V_{\text{эм}}}{100}, \quad (1)$$

где $V_{\text{Ноб}}$ – объем обезвоженной нефти, м³; $W_{\text{об}}$ – количество содержания воды в эмульсии, %; $V_{\text{эм}}$ – объем эмульсии, м³.

Таблица 2 - Фрагмент данных по обводненности

Средняя обводненность, %			
№	№скв/дата	март	апрель
1	7803	16,7	20,5
2	7802	17,2	17,4
3	7814	6,8	16,6
4	7806	39,2	31,6
5	7815	15,5	18,2
6	7816	61,9	34,3

Проведен пересчет объемного дебита нефти по формуле:

$$M_{\text{Ноб}} = V_{\text{Ноб}} \cdot 0,91, \quad (2)$$

где $M_{\text{Ноб}}$ – масса обезвоженной нефти, т; 0,91 – плотность обезвоженной нефти на Архангельском месторождении.

Получена масса брутто и массовая доля воды за март и апрель месяцы 2018 года с СИКНС-2054 Архангельского месторождения.

Таблица 3 - Фрагмент данных с СИКНС-2054

Дата	Масса эмульсии Брутто, т	Массовая доля воды, % Общей (расчетной по МВИ)
01.03.2018	247	31,94
02.03.2018	244	35,26
03.03.2018	248	35,94
04.03.2018	252	41,86
05.03.2018	251	38,97
06.03.2018	246	44,87
07.03.2018	248	41,88
08.03.2018	249	40,14
09.03.2018	249	40,54
10.03.2018	249	41,3

Рассчитана масса обезвоженной нефти СИКНС, по следующей формуле:

$$M_{\text{Ноб}} = \frac{(100 - W_{\text{масс}}) \cdot M_{\text{эм}}}{100}, \quad (3)$$

где $M_{\text{Ноб}}$ – масса обезвоженной нефти, т; $W_{\text{масс}}$ – массовая доля воды в эмульсии, %; $M_{\text{эм}}$ – масса эмульсии, т.

Проведен пересчет массы дебита жидкости в объем по формуле:

$$V_{\text{эм}} = \frac{M_{\text{эм}}}{0,986}, \quad (4)$$

где $V_{\text{эм}}$ – объем эмульсии, м³; 0,986 – рассчитанная плотность эмульсии Архангельского месторождения.

Таблица 4 – Параметры эмульсии:

Плотность нефти	0,91 г/см ³
Средний процент воды в эмульсии	40%
Плотность воды	1,1 г/см ³
Средний процент нефти в эмульсии	60%

Плотность эмульсии: $\rho_{\text{об}} = 0,91 \cdot 0,6 + 1,1 \cdot 0,4 = 0,986$ г/см³.

Сравнение результатов показано в таблице 5.

Таблица 5 - Фрагмент сравнения данных ГЗУ и СИКНС-2054

Дата	ГЗУ			СИКНС	
	Объем эмульсии, м3	Обезвоженная нефть, м3	Масса обезвож. нефти, т	Объем эмульсии, м3	Масса обезвож. нефти, брутто, т
01.03.2018	191,7	128,9	117,3	250,5	168,1
02.03.2018	199,2	132,5	120,6	247,5	158,0
03.03.2018	207,4	135,1	122,9	251,5	158,9
04.03.2018	207,0	134,3	122,2	255,6	146,5
05.03.2018	211,1	137,9	125,5	254,6	153,2
06.03.2018	204,1	132,8	120,8	249,5	135,6
07.03.2018	204,2	133,4	121,4	251,5	144,1
08.03.2018	210,7	138,5	126,0	252,5	149,1
09.03.2018	217,8	142,8	130,0	252,5	148,1
10.03.2018	217,2	143,0	130,2	252,5	146,2

Результат сравнения данных ГЗУ и СИКНС-2054 показан в таблице 6.

Таблица 6 - Результат сравнения данных ГЗУ и СИКНС-2054

	Объем эмульсии, м3	Масса обезвож. нефти, т
СИКНС	14298,17444	8460,7919
ГЗУ	12645,3	7469,327376

Погрешность в результатах измерений дебита жидкости на ГЗУ в сравнении с СИКНС составила 11,56%. Это означает что, СКЖ занижает показатели дебита жидкости.

В большинстве случаев для измерения дебита жидкости скважин применяется СКЖ. Однако данный счетчик имеет также ряд недостатков, что ведет к превышению погрешности при измерении дебита жидкости. В нефтяной промышленности большие отклонения в показаниях дебита жидкости являются недопустимыми.

Для правильной работы счетчика и сохранения его погрешности в пределах паспортных данных (2%) предлагаются следующие мероприятия:

- выбор оптимальной модификации счетчика с учетом параметров измеряемой жидкости и условий окружающей среды;
- заземление счетчика для предупреждения искажений показаний и его повреждения;
- техническое обслуживание и периодическая поверка счетчика;
- удаление отложений парафина с помощью обработки паром;
- наличие свободного газа (3-70%) в жидкости, проходящей через счетчик СКЖ.

Кроме того, решением проблемы повышения достоверности измерения дебита жидкости может быть применение разработанного устройства для измерения содержания газа и жидкости в газожидкостном потоке [4]. Перспективой дальнейших исследований является испытание разработанного устройства.

Список литературы

1. Габдуллин Т.Г., Зарипова Р.Н., Томус Ю.Б., Шафикова Г.М. К вопросу измерения дебита скважин с погружными электронасосами // НТЖ Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 10/2006, стр.8.
2. Габдуллин Ш.Т., Габдуллин Т.Г., Ибрагимов Н.Г., Карягин Д.В., Томус Ю.Б., Хисамов Р.С., Ахметова Р.Н., Шафикова Г.М. Способ определения параметров продукции скважины // Патент на изобретение №2304715, опубл. 20.08.2006.
3. Жеребцов Е.П., Авраменко А.Н., Самойлов В.В., Лобода И.В., Чудин В.И. Технологический контроль дебита нефтяных скважин в ОАО "Татнефть" // Нефтяное хозяйство.- 2000.- №11.- С.97-99.
4. Инсапов М.М., Алаева Н.Н., Макаров Г.В. Устройство для измерения содержания газа и жидкости в газожидкостном потоке трубопровода // Патент на полезную модель РФ №191412, опубл. 05.08.2019.

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

05.13.11

Ю.Д. Кореньков

Университет ИТМО,
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, ged.yuko@gmail.com

**АЛГОРИТМ ИТЕРАТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАММ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ С
ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

В работе рассматривается способ реализации метода приметно-ориентированного анализа исходных текстов программ на основе семантических моделей. Предложен алгоритм итеративного преобразования семантических моделей программ, позволяющий в реальном времени выполнять предметно-ориентированный семантический анализ текстов программ.

Ключевые слова: *семантическая трансляция, предметно-ориентированные языки, инкрементальный анализ.*

Введение

В процессе работы с текстом программы, разработчик программного обеспечения (ПО) сталкивается с необходимостью поддержки согласованности между различными частями этого текста. Разработка сложных программ и программных систем сопряжена с созданием и задействованием инструментов, решающих задачи, диктуемые различными предметными областями и применяемыми технологиями. Это приводит к одновременному использованию различных языков программирования в составе текста одной программы или программной системы. Такие части могут как описывать отдельные модули приложения, так и отдельные элементы логики внутри этих модулей. При этом согласованность между разными частями программного проекта должна поддерживаться независимо от используемых языков программирования и их сочетаний. Кроме этого, функциональность того или иного программного проекта сама по себе может также требовать формулирования объектных моделей внутри программы в терминах некоторой предметной области, что накладывает неформальные с точки зрения языка программирования ограничения на структуру текста программы. Оба этих аспекта согласованности текста программы могут быть проверены посредством анализа семантических моделей, формируемых на основе текстов программ.

Такой семантический анализ открывает возможности к более раннему выявлению и исправлению ошибок в программном коде, так как позволяет проверять согласованность частей текста программы в тех случаях, когда разные части текста программы или программной системы написаны с помощью средств, созданных изначально независимо друг от друга, таких как различные языки программирования.

Наиболее ранним моментом времени, когда такой анализ может быть применён является уже процесс редактирования текста, что возможно в случае интеграции соответствующего анализатора в состав среды разработки, используемой в ходе реализации программного проекта.

Анализатор должен позволять формулировать ограничения над семантической моделью, выведенной из текста программы, в терминах предметной области, диктующей эти ограничения. Для этого анализатор должен опираться на информацию о структуре

предметной области – семантическая модель программ должна быть описана схемой, задающей состав сущностей, их атрибутов и отношений. Такая схема будет являться схемой семантической модели для предметно-ориентированного анализа.

Построение семантической модели в специфических для аспекта программного проекта терминах невозможно напрямую на основе текста программы, записанного на языке программирования, созданного без внимания к этой специфической предметной области. В общем случае это действительно для всех случаев использования средств и языков программирования, не разработанных специально для данного программного проекта. При этом каждый язык программирования, не зависимо от его места в тексте программы либо программной системы, обладает своей собственной семантикой, в терминах которой программист формирует решаемую задачу и её понятия. Поэтому выполнение предметно-ориентированного семантического анализа требует семантической трансляции терминов исходного языка программирования в термины предметной области, интересующей разработчика с точки зрения проверки согласованности частей текста программы.

Метод предметно-ориентированного анализа, удовлетворяющего приведённым положениям, был приведён в статье [1]. Семантическая трансляция как таковая является известным подходом в области работы с семантическими сетями, однако её применение для анализа текстов программ в процессе их редактирования требует инкрементальности. Это приводит к необходимости рассмотрения алгоритмов семантического анализа и преобразования семантических сетей с точки зрения их интеграции в среду разработки, используемую для редактирования текста программы.

1. Алгоритмы и подходы к преобразованию семантических моделей

Рассмотрим ряд работ в ракурсе преобразования семантических моделей для предметно-ориентированного анализа текстов программ.

Статья “A design rationale for a language - based editor” [2] рассматривает способы построения редакторов, управляемых спецификациями моделей, которым должен подчиняться редактируемый текст. С точки зрения работы пользователя с редактором, выделяется два подхода: первый - на основе фиксированного набора визуальных шаблонов, в форме иерархии которых пользователю предоставляется представление для манипуляций в терминах структуры объектной модели, второй - на основе текстовых распознавателей (парсеров), где пользователю для работы предлагается традиционное текстовое представление, не ограниченное визуально и структурно, внутренняя модель при этом строится в ходе анализа редактируемого текста отдельно от процесса редактирования. Рассматриваются также пути смещения этих способов, но не рассматривается пути поддержания актуальности семантических моделей, выводимых из моделей текста, необходимых для обеспечения функциональности сред разработки.

Статья “Incremental semantic analysis” [3] рассматривает инкрементальный семантический анализ в разрезе развития подходов на основе атрибутивных грамматик. Приведён достаточно подробный анализ возможных ситуаций при редактировании текста программы, влияющих на структуру семантической модели, выводимой из анализируемого текста. Рассматриваемый здесь подход предполагает большой набор взаимосвязанных алгоритмов и структур данных, что усложняет разработку и поддержку такого анализатора. Кроме того, конфигурирование такой системы становится нетривиальной задачей, если в роли разработчика предметно-ориентированного языка, анализ которого будет выполняться, выступает не специалист в данной области.

В статье “Optimal-time incremental semantic analysis for syntax-directed editors” [4] показывается в общем случае идея инкрементального семантического анализа для текстовых редакторов, управляемых атрибутивными грамматиками с деревом в качестве семантической модели. При этом рассматривается семантический анализ в контексте редактирования текста, ограниченного моделью синтаксиса, но не свободного редактирования текста программы. На практике семантические модели программ представляются в виде произвольных объектных моделей, структура которых ограничена схемой семантических отношений между

элементами предметной области языка программирования.

В статье “User-driven semantic mapping of tabular data” [5] рассматривается отображение данных из табличной формы в RDF представление, являющееся семантической моделью. Таким образом, сущность из состава модели данных, описывающих программу, может быть отображена в семантическую сеть. В качестве таких сущностей могут выступать элементы таблиц символов, структуры узлов синтаксических деревьев, и так далее.

Статья “R2O, an extensible and semantically based database-to-ontology mapping language” [6] расширяет вышеописанное представление до возможности отображения сложных реляционных схем на семантические сети. Это позволяет говорить о возможности описания ограничений над графами, представляющими семантические сети, в терминах реляционных моделей. А так как, по существу, схема реляционной сущности является аналогом схемы данных, ассоциируемых с узлом семантической сети, это также дает возможность говорить о отображениях между семантическими сетями, формулируя их в терминах реляционных моделей, а значит и применять к ним те же алгоритмические подходы.

В работе “Incremental semantic evaluation for interactive systems: inertia, pre-emption, and relations” [7] в значительной степени покрывает историю развития техник инкрементального семантического анализа. Несмотря на то, что рассматривается редактирование анализируемого текста в свободной форме, отношения в семантической модели рассматриваются в пределах дерева атрибутированных узлов, что нецелесообразно для представления семантических моделей программ в терминах предметных областей, отличных от исходного языка.

Работа “Semantics Preserving SPARQL-to-SQL Query Translation for Optional Graph Patterns” [8] показывает, как выражения условий над графами семантических сетей могут быть интерпретированы в терминах реляционных множеств. Из этого так же следуют возможности автоматической декомпозиции запросов над графом семантической сети для создания эффективной реализации триггеров, позволяющих обнаруживать факт изменения результата такого запроса вследствие модификации узла семантической модели.

Статья “Ontology-based DSL development using graph transformations methods” [9] рассматривает использование специализированного DSL для описания семантических моделей и отношений между ними. Не рассматривается преобразование экземпляров этих семантическим моделям.

Работы “Incremental context-dependent analysis for language-based editors” [10], “Incremental analysis of real programming languages” [11], “Non-syntactic attribute flow in language based editors” [12], как и многие другие, рассматривают инкрементальный анализ текстов на основе атрибутированных деревьев, что так же не отвечает потребностям анализа предметно-ориентированных семантических моделей, получаемых на основе текстов программ, так как структура этих деревьев диктуется исходным языком.

2. Алгоритм итеративного преобразования семантических моделей

В соответствии с ранее предложенным методом предметно-ориентированного анализа на основе семантических моделей [1], прежде чем выполнение семантического анализа станет возможным, необходимо инициализировать анализатор информацией о предметных областях, подлежащих анализу. Для этого на этапе инициализации анализатора загружаются спецификации:

- 1) синтаксических моделей текстов для анализа;
- 2) семантических моделей предметных областей;
- 3) отображений между семантическими моделями для анализа.

Спецификации синтаксических моделей в дальнейшем используется для начального чтения текстов программ и управления внутренними моделями текста, используемыми текстовым редактором в ходе редактирования. Спецификации семантических моделей программ являются источниками ограничений на структуру семантических сетей, формируемых с помощью отображений: для первоначального этапа – на основе абстрактного синтаксического графа, полученного в результате чтения текста; для последующих этапов –

на основе предшествующих, ранее построенных, семантических моделей. Спецификации отображений между семантическими моделями являются источниками правил семантической трансляции между двумя семантическими сетями, аналогично: для первоначального этапа в качестве исходной сети выступает абстрактный синтаксический граф; для последующих – ранее построенные семантические сети. Последовательность этапов анализа представлена в предшествующей работе [1].

В результате инициализации формируется метамодельный уровень семантического графа, в который заключены все семантические сети и модели, задействуемые в ходе анализа. Предлагаемый алгоритм дальнейшей работы семантического анализатора следующий.

1. На основе результатов синтаксического анализа текста или управляющих команд текстового редактора, формируется набор мутаций, описывающих производимые над состоянием семантической сети изменения. На этом шагу посредством мутаций формируется абстрактный синтаксический граф для каждого интересующего входного файла в терминах соответствующей ему синтаксической спецификации.

2. Набор мутаций применяется к семантической сети, итеративно применяя каждую мутацию и накапливая информацию о фактически внесённых изменениях. Состояние фрагмента семантической сети при этом изменяется.

3. В результате применения мутаций формируется набор классифицированных изменений, отражающих фактически внесённые с состоянием семантической сети изменения. Все мутации, попавшие в этот набор, принадлежат исходной предметной области.

4. Из известных запросов семантических трансляций выбираются те, исходная предметная область которых соответствует мутациям в текущем наборе изменений.

5. Из данного множества запросов, посредством пересечения множества затрагиваемых ими сущностей-источников и множества сущностей из имеющегося набора изменений, затронутых мутациями, выделяется подмножество запросов, результаты выполнения которых в нынешнем состоянии семантической сети должны отличаться от предыдущего её состояния.

6. Выделенные запросы применяются. На основании их результатов накапливается набор мутаций для внесения изменений в фрагмент семантической сети, соответствующий целевой семантической модели данного этапа трансляции.

7. Формируется подмножество запросов, параметры или исходные данные которых были затронуты применёнными на данном шаге преобразованиями семантической модели.

8. Для нового подмножества запросов повторяются шаги 5-6 до тех пор, пока подмножество подходящих запросов в текущей трансляции не пусто.

9. Шаги 2-7 повторяются для накопленного набора мутаций.

В результате применения данного алгоритма осуществляется ряд итеративных преобразований семантических моделей, представляющих собой перенос данных от исходного абстрактного синтаксического графа в терминах синтаксической модели к семантическим моделям, анализ которых является предметом интереса (см. рисунок 7).

Поскольку перенос информации всегда осуществляется в направлении семантической трансляции от предыдущего экземпляра семантической модели к следующему, заикливание на уровне шагов 2-7 исключено. Заикливание на уровне шагов 5-6 исключено в силу логики обработки запроса, осуществляющего выборку данных для трансляции. Запрос всегда двигается вперед по набору данных.

Способы реализации отдельных шагов для алгоритма в целом могут быть любыми, примеры таковых приведены в некоторых из ранее рассмотренных публикаций [1].

3. Применение алгоритма в составе IDE

Интеграция приведённого алгоритма в процесс редактирования текста зависит от способа представления текста в текстовом редакторе. Рассмотрим вариант алгоритма семантического анализа текста программ в процессе их редактирования для случая использования совместных с текстовым редактором структур данных.

1. По событию ввода.

1.1. Построить описание команды ввода на уровне визуального представления текста.

1.2. Построить описание команды ввода на уровне логической структуры текста.

1.3. Построить описание мутации текста.

1.4. Проинспектировать синтаксический контекст.

2. Если мутация затрагивает только одну терминальную ячейку синтаксической структуры текста и синтаксическая модель данной ячейки не нарушена, перейти к трансляции и проверке семантических моделей, опираясь на одну ячейку (4.1). Иначе необходимо обновление не только значений ячеек моделей, но и их структуры, поэтому перейти к гранулярному синтаксическому анализу (3).

3. Синтаксический анализ в соответствии с текущей синтаксической моделью.

3.1. Двухнаправленно проинспектировать текст до границ изменений.

3.2. Обновить синтаксическую модель поддерева, опираясь на мутацию текста.

3.3. Если синтаксическая модель НЕ согласуется в границах мутации.

3.3.1. Продолжить инспектировать текст.

3.3.2. Обновить синтаксическую модель вверх от непосредственно затронутого мутацией поддерева.

3.4. Обновить затронутые фрагменты сопряженных моделей текстового документа.

3.5. Так как была затронута структура абстрактного графа синтаксической модели, перейти сразу к каскадному обновлению семантических моделей (4.3.2.1)

4. Трансляция и проверка семантических моделей.

4.1. Обновить ячейку модели текстового документа.

4.2. Обновить ячейку семантической модели.

4.3. Если есть ограничения с условиями по данной ячейке.

4.3.1. Обновить статус затронутых проверок согласованности.

4.3.2. Если есть отображения в другие семантические модели с условиями на основе данной ячейки.

4.3.2.1. Каскадно обновить целевые семантические модели.

4.3.2.2. Обновить статус каскадно затронутых ограничений.

4.4. Трансляция и проверка семантических моделей завершена.

5. Визуализация результатов анализа.

5.1. Обновить визуальное представление текста.

5.2. Обновить визуальные маркеры, отражающие состояния ограничений.

5.3. Обновить дополнительные сообщения и отчёты, выводимые IDE.

6. Анализ завершён.

Опуская детали реализации структур данных, которые могут быть использованы приведёнными алгоритмами, заметим, что активное использование логических курсоров и кэширования (например, в форме ленивого клонирования пути) позволяет обеспечить временную сложность вставки символа в текст порядка $O(1*k)$ при мутациях, не затрагивающих синтаксическую структуру, где k – количество зависимых от содержания конкретной логической ячейки отображений и ограничений. Дробление текста внутри объектной модели текстового документа (например, в форме абстрактного синтаксического графа), выполняется с учетом лексем синтаксической модели текста так, чтобы границы фрагментов соответствовали границам лексем. Таким образом стилевая информация, неизбежно необходимая для визуализации текста, может быть привязана к узлам фрагментов текста, участвующим в анализе.

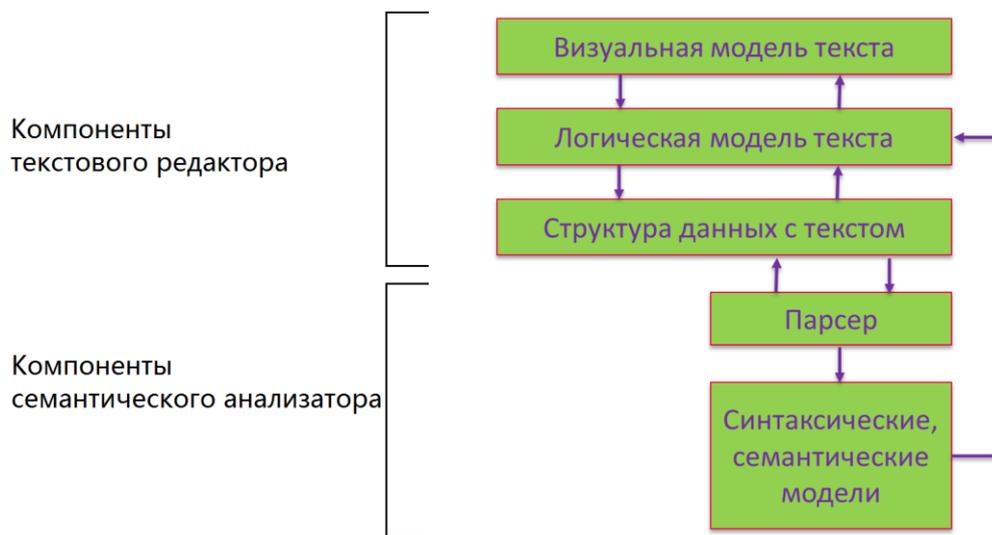


Рис. 1 – Схема взаимодействия текстового редактора и анализатора

4. Заключение

В работе предложен алгоритм, реализующий описанный в предшествующей работе [1] метод. Данный алгоритм позволяет в реальном времени по ходу редактирования выполнять инкрементальный предметно-ориентированный семантический анализ текстов программ, написанных на различных языках программирования в отношении различных аспектов, таких как:

- согласованность относительно ограничений предметно-ориентированных семантических моделей, специфичных для конкретных программных проектов;
- взаимосогласованность различных частей текста, написанных на различных языках программирования.

Данный алгоритм был реализован и интегрирован в IDE Visual Studio с помощью дополнительного редактора, объединённого с семантическим анализатором. Было выполнено сравнение времени выполнения анализа для двух сценариев между реализацией предложенных алгоритмов и встроенными инструментами Visual Studio:

- 1) проверка соответствия типов Xml-схемы классам языка C#, используемым для автоматической сериализации в соответствии с данной схемой;
- 2) проверка корректности ключей Xml-документа относительно keyref-ограничений соответствующей Xml-схемы.

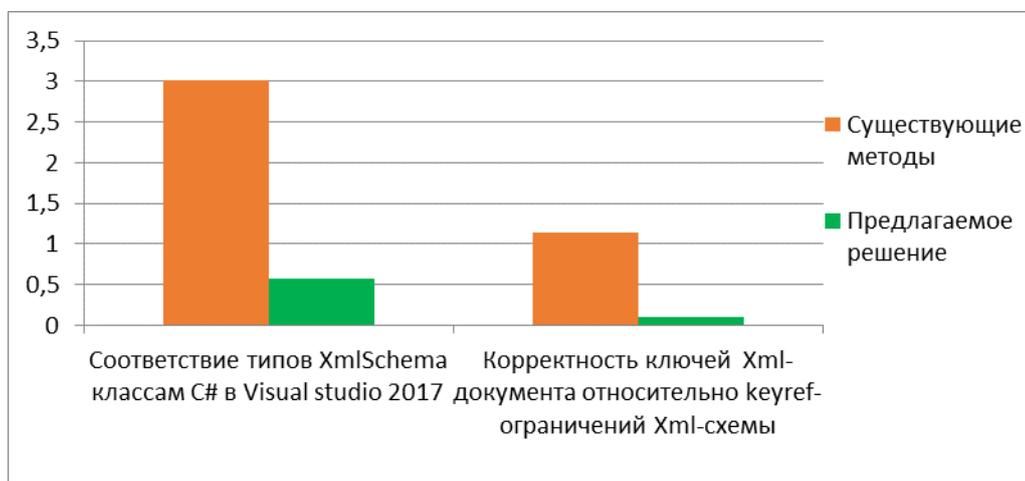


Рис. 2 – Среднее время между изменением текста и отображением результатов анализа

Результаты сравнений показали, что для рассмотренных случаев время проверки согласованности кода программ в мультязыковых программных проектах уменьшено.

Список литературы

1. *Кореньков Ю.Д.* Метод предметно-ориентированного анализа исходных текстов программ на основе семантических моделей //Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – №. 7. – С. 32-37.
2. *Welsh J., Broom B., Kiong D.* A design rationale for a language - based editor //Software: Practice and Experience. – 1991. – Т. 21. – №. 9. – С. 923-948.
3. *Hedin G.* Incremental semantic analysis //Department of Computer Sciences. – 1992.
4. *Reps T.* Optimal-time incremental semantic analysis for syntax-directed editors //Proceedings of the 9th ACM SIGPLAN-SIGACT symposium on Principles of programming languages. – 1982. – С. 169-176.
5. *Ermilov I., Auer S., Stadler C.* User-driven semantic mapping of tabular data //Proceedings of the 9th International Conference on Semantic Systems. – 2013. – С. 105-112.
6. *Barrasa J., Corcho Ó., Gómez-Pérez A.* R2O, an extensible and semantically based database-to-ontology mapping language. – SWDB, 2004.
7. *Cook P., Welsh J., Hayes I.J.* Incremental semantic evaluation for interactive systems: inertia, pre-emption, and relations. – 2005.
8. *Chebotko A. et al.* Semantics preserving SPARQL-to-SQL query translation for optional graph patterns //Wayne State University, Tech. Rep. TR-DB-052006-CLJF. – 2006.
9. *Ulitin B., Babkin E., Babkina T.* Ontology-based DSL development using graph transformations methods //Journal of Systems Integration. – 2018. – Т. 9. – №. 2. – С. 37-51.
10. *Reps T., Teitelbaum T., Demers A.* Incremental context-dependent analysis for language-based editors //ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS). – 1983. – Т. 5. – №. 3. – С. 449-477.
11. *Wagner T.A., Graham S.L.* Incremental analysis of real programming languages //ACM SIGPLAN Notices. – 1997. – Т. 32. – №. 5. – С. 31-43.
12. *Johnson G.F., Fischer C.N.* Non-syntactic attribute flow in language based editors //Proceedings of the 9th ACM SIGPLAN-SIGACT symposium on Principles of programming languages. – 1982. – С. 185-195.

05.13.11

**С.Д. Шибайкин канд. техн. наук, А.А. Аббакумов канд. техн. наук,
А.Д. Плеханова, М.А. Лебедев, В.А. Пинимаскин**

Мордовский государственный университет им Н.П. Огарёва,
институт электроники и светотехники,
Саранск, shibaikinsd@mail.ru, abbakumov_aa@mail.ru, nushtayckina@gmail.com,
pinimaskin.vadim@gmail.com

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО КОНВЕРТЕРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЗ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

В работе подробным образом рассмотрен популярный формат медицинских изображений DICOM. Предлагается алгоритм преобразования данных в типовые стандарты графических файлов для использования в телекоммуникационном конвертере.

Ключевые слова: *медицинское изображение, DICOM, комплекс, телекоммуникационный конвертер, обработка изображений.*

Введение. Основой развития современной медицинской диагностики является развитие телекоммуникационных технологий, обеспечивающих возможность применения математического аппарата для анализа и обработки медицинских изображений [1]. Под термином медицинское изображение понимается структурно-функциональный образ органов человека, предназначенный для диагностики заболеваний и изучения анатомофизиологической картины организма. Подобные изображения создаются при проведении компьютерной томографии, рентгенографии, ультразвукового исследования и др.

Актуальность. С развитием технологий в современных диагностических системах преобладает использование цифровых технологий. Цифровые изображения в отличие от аналоговых обладают высоким качеством и минимальным уровнем лишних сигналов (шумов), их можно использовать в алгоритмах компьютерной диагностики с применением современных технологий обработки данных. Медицинские изображения в цифровом виде легко анализировать, хранить и пересылать по телекоммуникационным каналам связи. Однако при некоторых видах диагностики, например при компьютерной томографии, создается большое количество изображений, занимающее значительный объем памяти компьютера. Поэтому важным является вопрос создания специальных конвертеров, позволяющих производить сжатие изображений без потери их качества, и обеспечивающих дополнительные возможности при проведении анализа [2].

Методика и варианты решений. Наряду со стандартными форматами представления изображений (jpeg, gif, pdf, tiff и т.д.) существуют внутренние, разработанные фирмами разработчиками медицинского оборудования, однако все они обязательно поддерживают формат DICOM. Он охватывает файлы, созданные с целью переноса и просмотра медицинских снимков в стандартизированном формате. Изображения магниторезонансной томографии, а также другие медицинские снимки хранятся в этом формате вместе с данными о пациенте и др. связанной информацией. Формат DICOM обеспечивает сохранение масштаба полученных снимков, что позволяет проводить точные измерения тех или иных анатомических структур. Однако основные программы просмотра снимков в данном формате имеют ограниченный функционал, не позволяющий производить целый ряд усложненных измерений, необходимых для качественного анализа снимка.

В некотором смысле определение объектов DICOM аналогично объектно-ориентированному программированию. Детализируя определения информационных объектов (IOD), DICOM позволяет нам обмениваться виртуальными объектами между приложениями, не зная заранее ничего о приложении, с которым мы собираемся взаимодействовать.

Файловый уровень стандарта описывает:

- данные пациента (имя, идентификатор, дата рождения, возраст и т.д.);
- наименование и параметры модели, а также фирму-изготовителя оборудования, на котором проводилось обследование;
- наименование медицинской организации;
- данные медицинского персонала, выполнявшего обследование;
- тип медицинского обследования, дата и время его проведения;
- положение пациента во время проведения исследования;
- позиция или ориентация изображения, или серии изображений;
- идентификационные ключи UID групп данных;
- массив пикселей со значениями яркости изображения или серии [3].

DICOM файл является объектно-ориентированным файлом с теговой разметкой. Каждый элемент DICOM имеет тег, тип данных с именем VR (сокращение от представления значения), длину и значение (рисунок 1). VR представляется в виде двухсимвольного кода, который определяет тип данных элемента. Каждый элемент - это одна часть типизированных данных с заранее определенным значением.



Рис. 1 – Схема кодирования элементов DICOM

Каждый элемент DICOM имеет тег, который однозначно определяет элемент и его свойства. Тег DICOM состоит из двух коротких номеров, называемых группой и элементом. Теги DICOM, связанные друг с другом, иногда имеют одну и ту же группу. В примере выше можно увидеть много элементов из группы 0028 (группа изображений). Эти атрибуты изображения используются для описания свойств изображения. Например, (0028,0010) и (0028,0011) - это высота и ширина изображения в пикселях (рисунок 2).

Каждый элемент неявно определяет VR, так как имеет тег. Например, элементом Rows (тег 0028,0010) всегда является US (беззнаковая короткая позиция), поэтому VR обычно избыточен и может быть опущен. Однако общепринятая практика и рекомендация IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) – явно указывать VR при сериализации объектов DICOM в файлы или в сетевые буферы.

DICOM двоичный протокол, поэтому элементы имеют длину, которая всегда является четной. Даже если значением элемента является одиночная символьная строка, такая как «Пол пациента» (0010,0040), которая равна «М» для мужчины, «F» для женщины, «O» для другого. Длина элемента должна быть 2, поэтому значение дополняется пробелом (ASCII 0x20). Строковые типы (такие как CS и UI) дополняются пробелом, а двоичные типы, такие как US, дополняются нулевым 0x0.



```

0010,0010 Name of patient: IVANOVA L. M.
0010,0020 IF of patient: SX97967
0010,0030 Data rozhdeniya of patient: 19560327
0010,0040 Pol patienta: F
0010,1010 Vozrast patienta: 061Y
0010,1030 Ves patienta: 74
0018,0050 Tolschina of slice: 4
0018,0088 Rasstoyanie mezhdu slice: 5.2
0018,5100 Position of patient: HFS
0020,0032 Position of Patient: 15\ -240\240
0020,0037 Orientation of image slice: 0\1\0\0\0\ -1
0028,0002 null: 1
0028,0004 null: MONOCHROME2
0028,0010 Vusota of image: 512
0028,0011 Shirina of image: 512
0028,0030 Rasstoyanie mezhdu pixel: 0.546875\0.546875
0028,0100 Bitnost of image: 16
0028,0101 Bitnost xranimaya: 12
0028,1050 Center okna: 475
0028,1051 Shirina okna: 1066

```

Рис.2 – Пример считывания элементов DICOM (словарь собственный)

Элемент (0028,0002) определяет количество цветовых каналов. В изображениях в градациях серого, таких как СТ и MR, он установлен в 1 для одного канала в градациях серого, а для цветных изображений в трех цветовых каналах: красного, зеленого и синего.

Элемент фотометрической интерпретации (0028,0004) является уникальным для DICOM. Он определяет, что содержит каждый цветовой канал. Его можно отнести к цветовому пространству, используемому для кодирования изображения. В нашем примере это «MONOCHROME2», то есть шкала в оттенках серого и нули интерпретируются как черные пиксели.

Количество кадров (0028, 0008) определяет, сколько кадров в изображении. Обычно по умолчанию используется только один кадр, однако в DICOM можно создавать многокадровые объекты изображения.

Плоскость изображения является частью IOD изображения КТ и IOD изображения MR, а также любого другого объекта, имеющего систему координат, то есть имеющую систему пространственных координат, связанную с пациентом.

Тег ориентации приложения Tag (0020,0037) определяет направление изображения относительно тела пациента и отображение между пикселями в плоскости изображения и пациентом (рисунок 3). Он содержит в себе размеры в пикселях или вокселях. С помощью этого модуля можно измерять расстояния между вокселями, но не абсолютные позиции, поскольку в теле пациента нет привязки к системе координат. RCS - это очень интуитивно понятная система координат тела пациента: направление X справа налево, направление Y перпендикулярно положению тела (сверху вниз), направление Z идет от ног к голове.

В процессе анализа существующего программного обеспечения, поддерживающего стандарт DICOM, был выявлен ряд недостатков:

- отсутствие пакетного сжатия (когда результаты диагностики представляют собой вложенные папки с медицинскими файлами);
- многократное дублирование одинаковых текстовых данных;
- отсутствие механизма создания файла облака точек для создания трёхмерных тел.

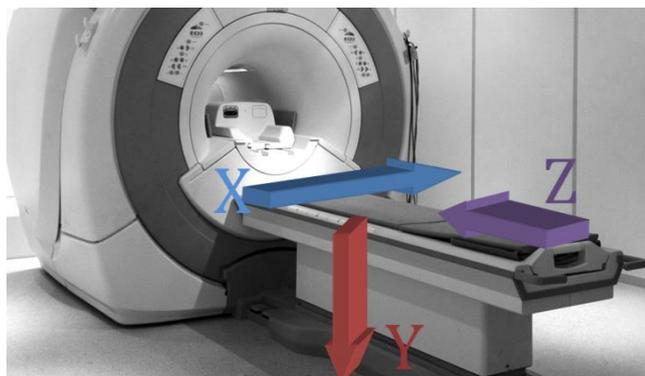


Рис. 3 – Направления изображения относительно тела пациента

На основании вышеизложенного предполагается разработка конвертера выполняющего преобразование всех файлов формата *.dcm, которые содержатся в выбранном каталоге (и вложенных каталогах), в графический файл (JPEG, TIFF и т.д.), текстовый файл с медицинскими данными, а также файл облака точек. В качестве базовой платформы для разработки выбрана кроссплатформенная система Eclipse и язык Java.

Заключение. Разрабатываемый кроссплатформенный конвертер позволит выбирать тип экспортируемого изображения с возможностью выбора степени сжатия, а также выполнять контроль получения и сжатия данных без содержания артефактов. Результаты работы позволят более эффективно использовать медицинские изображения для разработки классификаторов на основе алгоритмов машинного обучения.

Список литературы

1. Шибайкин С.Д., Аббакумов А.А., Никулин В.В. Разработка программного обеспечения системы визуализации и навигации для малоинвазивных медицинских манипуляций на основе 3-D модели построенной по УЗ-изображениям // Журнал «Научно-технический вестник Поволжья». -2020-. №2. С. 50-53.
2. Королюк И.П. Медицинская информатика : Учебник / - 2 изд., переаб. и доп. – Самара : ООО «Офорт»; ГБОУ ВПО «СамГМУ».2012.-244с.
3. Официальная страница стандарта DICOM: [сайт]. URL: <https://www.dicomstandard.org/current/> (дата обращения: 06.10.2020).

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

05.13.18

¹А.И. Акимов канд. техн. наук, ²И.А. Акимов д-р техн. наук,
²А.А. Мукашев, ²А.Н. Лацвеев

¹Филиал Российского Государственного университета нефти и газа
имени И.М. Губкина (НГУ) в г. Оренбурге,
отделение ЭТ и ЕНД,

²Оренбургский государственный педагогический университет,
кафедра математики и методики преподавания математики,
Оренбург, akimoff11@mail.ru, akimov_ia@mail.ru, arthur.mukasev@gmail.com, f.fg.ru@mail.ru

**УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОНВЕКТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ТЕПЛОТДАЧИ, ВХОДЯЩИХ В ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТРЕТЬЕГО РОДА
ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ ИХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ**

В данной работе рассматривается один из вариантов уточнения значений конвективных коэффициентов теплоотдачи, входящих в граничные условия третьего рода задачи теплопроводности на основе их обратных задач. Такие проблемы возникают в производстве композитов методом полимеризации.

Ключевые слова: нестационарная теплопроводность, граничные условия, нелинейная задача, обратная задача, конечное интегральное преобразование.

Как известно, при моделировании температурных полей теплопроводностью, основным источником когерентности служат значения конвективных коэффициентов теплоотдач. Он зависит от большого количества физических, геометрических и режимных параметров теплообменного процесса. Поэтому вывод прямых аналитических зависимостей для расчета коэффициентов конвективной теплоотдачи практически невозможен. На практике их приближенно определяют исходя из конкретных условий протекания теплообменных процессов.

Но классическая инженерная методика расчета коэффициентов конвективной теплоотдачи, базирующаяся на теории подобия, основана на использовании критериальных уравнений алгебраического типа, обобщающих экспериментальные данные по различным веществам (объектам), выступающим в роли теплоносителей для каждого набора условий протекания теплообменного процесса. Поэтому использование критериальных уравнений, являющихся по сути результатом многомерной аппроксимации, приводит в каждом конкретном расчете к погрешностям, не поддающимся оценке.

В данной работе рассматривается возможность определения коэффициентов теплоотдачи по результатам экспериментальных исследований путем решения обратной задачи теплопроводности.

В декартовой системе координат рассмотрим процесс конвективного теплообмена плоской неограниченной пластины с окружающей средой, имеющий постоянную температуру.

Рассмотрим определение температуры во времени в ряде точек по толщине пластины. Пусть температурное поле такой пластины определяется решением следующей задачи теплопроводности:

$$\frac{\partial U(x, r)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 U(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad 0 \leq x \leq b, \quad \tau > 0, \quad (1)$$

с начальным условием

$$U(x, 0) = U_0 = \text{const} \quad (2)$$

и граничными условиями

$$\lambda \frac{\partial U(b, \tau)}{\partial x} + \alpha[U(b, \tau) - U_c] = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial U(0, \tau)}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

где x — координата, направленная по нормали к поверхности пластины;

τ — время;

$U(x, \tau)$ — температурное поле пластины;

$a = \frac{\lambda}{c\rho}$ — коэффициент температуропроводности материала пластины;

λ, C, ρ — теплопроводность, теплоемкость и плотность материала пластины;

U_0 — начальная температура пластины;

U_c — температура окружающей среды;

b — толщина пластины;

α — коэффициент теплотдачи.

Введем замену переменной

$$T(x, \tau) = U(x, \tau) - U_c, \quad (5)$$

позволяющую перейти к задаче с однородными граничными условиями

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (6)$$

с начальным условием

$$T(x, 0) = T_0 = U_0 - U_c, \quad (7)$$

и однородными граничными условиями

$$\lambda \frac{\partial T(b, \tau)}{\partial x} + \alpha T(b, \tau) = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} = 0. \quad (9)$$

К решению задачи (6) – (9) применяем конечное интегральное преобразование

$$\overline{T(\tau)} = \int_0^b T(x, \tau) * \rho(x) * W(x) dx, \quad (10)$$

причем $\rho(x) = 1$ для декартовой системы координат, $W(x)$ — ядро интегрального преобразования, определяется решением задачи Штурма-Лиувилля:

$$\frac{d^2 W(x)}{dx^2} + \mu^2 W(x) = 0; \quad (11)$$

$$\lambda \frac{dW(b)}{dx} + \alpha W(b) = 0; \quad (12)$$

$$\frac{dW(0)}{dx} = 0. \quad (13)$$

Решение, с точностью до постоянного множителя, имеет вид

$$W(x) = \sin(\mu x + \varphi). \quad (14)$$

Тогда

$$\frac{dW(x)}{dx} = \mu \cos(\mu x + \varphi). \quad (15)$$

Из граничного условия (13) следует, что

$$\mu \cos(\mu x + \varphi) = 0. \quad (16)$$

Откуда минимальный положительный корень

$$\varphi = \frac{\pi}{2}. \tag{17}$$

Следовательно, ядро интегрального преобразования имеет вид

$$W(x) = \sin\left(\mu x + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \mu x. \tag{18}$$

Из граничного условия (12) следует

$$-\lambda\mu \sin(\mu b) + \alpha \cos(\mu b) = 0, \tag{19}$$

откуда определяется искомый коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \lambda\mu g(\mu b). \tag{20}$$

Далее в (6) переходим к уравнению в изображениях

$$\frac{d\overline{T(\tau)}}{d\tau} + a\mu^2\overline{T(\tau)} = 0. \tag{21}$$

Изображение (7) имеет вид

$$\overline{T(0)} = \int_0^b T_0 \cos(\mu x) dx = \frac{T_0}{\mu} \sin(\mu b). \tag{22}$$

Решение задачи (21) – (22) в изображениях имеет вид

$$\overline{T(\tau)} = \overline{T(0)} \exp(-\mu^2 a \tau) = \frac{T_0}{\mu} \sin(\mu b) \exp(-\mu^2 a \tau). \tag{23}$$

Изображение температурного профиля находим по формуле

$$\overline{T(\tau)} = \int_0^b \overline{T}_i \cos(\mu x) dx, \tag{24}$$

где $\overline{T}_i = \overline{T(x_i, \tau)}$ — массив экспериментальных значений температур ($i = 1, 2, \dots, N$) — номера точки измерения температуры.

От точности вычисления этого интеграла зависит погрешность конечного результата.

При использовании численной схемы интегрирования не ниже третьего порядка точности, погрешность расчета коэффициента теплоотдачи практически определяется погрешностью измерения температур.

При наличии не менее четырех точек измерения температуры по толщине пластины с равномерными интервалами удобна схема Эйлера третьего порядка точности:

$$I = \int_0^b \overline{T}_i \cos(\mu x) dx \approx \frac{h[(G_1 + G_N) + G_{N-1}]}{12} + h \sum_{i=1}^N G_i, \tag{25}$$

где h — величина интервала;

$G_i = \overline{T}_i \cos(\mu x_i)$ — подынтегральная функция;

x_i — координаты i -й точки измерения температуры.

Значение μ определяется как любой положительный корень уравнения

$$I = \frac{\overline{T}_0}{\mu} \sin(\mu b) \exp(-\mu^2 a \tau). \tag{26}$$

В результате для момента времени τ из равенства (20) можно найти искомое значение коэффициента теплоотдачи α .

Устойчивость метода обусловлена сглаживанием значений экспериментальных температур при интегрировании по толщине пластины.

Таким образом, получаем возможность уточнять конвективные коэффициенты теплоотдачи, входящие в граничные условия третьего рода для каждой задачи теплопроводности на основе их обратных задач. В частности, в производстве композитов методом полимеризации в автоклавах, конвективные коэффициенты теплоотдачи приходится часто уточнять, т.к. требуются точные расчеты для сопровождения производства композитов методом полимеризации в оптимальных режимах.

Список литературы

1. *Туголуков Е.Н.* Решение задачи теплопроводности методом конечных интегральных преобразований // Издательство ТГТУ, Тамбов, 2005, — с. 71 усл. Печ. Л.
2. *Акимов А.И., Акимов И.А., Каракулина Е.О.* Исследование и разработка математической модели на первом этапе производства некоторых типов композиционных материалов в установках Шольца // Научно-технический вестник Поволжья, №1, 2016. с. 54-57.
3. *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.Ф. Галимянов, ²Ф.А. Галимянов¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
кафедра билингвального и цифрового образования,²Казанский государственный энергетический университет,
кафедра Информатики и информационно управляющих систем,
Казань, anis_59@mail.ru, fanisgalimyanov@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ

В статье рассматриваются возможности и способы использования в педагогических исследованиях в реальных условиях корреляционного анализа. Обсуждаются основные определения корреляционной связи применительно к педагогическим исследованиям. Описываются основные шкалы и возможности применения коэффициентов корреляции в зависимости от типа шкалы, в которой рассматриваются переменные. Также рассмотрены основные гипотезы, которые выдвигаются при корреляционном анализе.

Ключевые слова: корреляция; коэффициент корреляции Пирсона; коэффициент корреляции Спирмена, коэффициент корреляции Кендалла, статистическая гипотеза; частная корреляция.

Статистические методы, как набор инструментов для исследования самых различных показателей и процессов часто используются в педагогических исследованиях. Но при этом классическое исследование имеет обычно стандартную структуру. В составе данной структуры стандартно включаются экспериментальная и контрольная группы, где в целях чистоты эксперимента, между которыми не должно быть различий. Затем проводится сам педагогический эксперимент, когда в контрольной группе применяется традиционная методика обучения, а в экспериментальной группе исследуемая методика, нововведение. Затем различными статистическими методами изучается влияние эксперимента на педагогический результат.

На практике, когда вводится то или иное нововведение, или проверяется влияние того или иного фактора на педагогические показатели, обычно трудно бывает добиться такой стерильной чистоты педагогического эксперимента. Это отмечается во многих работах. Например, в статье Р.И. Остапенко [1] отмечается следующее. «Анализ диссертационных исследований по психолого-педагогическим специальностям, проведенный Д.И. Фельдштейном, показал, что «реальное состояние педагогических и психологических исследований при разном, разумеется, уровне их проведения, не соответствует по многим параметрам требованиям, предъявляемым современной действительностью, характеризуясь заниженной планкой этих требований» [2]. В частности, автором отмечается что в исследованиях по педагогике и психологии «имеет место узкий научный кругозор и наивный эмпиризм многих соискателей ... экспериментальная слепота, состоящая в слабой прогнозируемости результатов опытных разработок, их уместности, обоснованности, глубине и эффективности воздействия, недостаточная корректность применяемых методов и методик» [2]. Поэтому необходимо тщательно подобрать коррелируемые параметры и обосновать выбор. К тому же надо быть готовым к тому, что самые неожиданные группы параметров могут с коррелироваться.

Таким образом, в реальных условиях остается обработать статистическими инструментами, а точнее средствами корреляционного анализа имеющиеся параметры, в целях обнаружения связей между ними. В целях недопущения ошибок желательно обработать как можно больший объем данных.

Термин корреляция ввели в употребление впервые естествоиспытатели, это французский палеонтолог Ж. Ковье, который вывел «закон корреляции частей и органов животных» (который позволяет восстанавливать по найденным частям тела облик всего животного) и английский статистик и биолог Ф. Гальтон (не просто связь – relation, а как бы связь – correlation). Таким образом, корреляционный анализ – это наука о связях между переменными. При этом используются коэффициенты корреляции, двумерная описательная статистика, количественные меры взаимосвязи, то есть совместной изменчивости двух переменных. При помощи корреляционного анализа можно обнаружить корреляционную зависимость между величинами или признаками.

Корреляционный анализ обычно применяется для двух случайных величин. Когда мы имеем множество параметров, то можно анализировать непосредственную или опосредованную корреляцию. Рассмотрим корреляционный анализ двух случайных величин. Здесь необходимо проделать следующее:

1. Построить корреляционное поле, затем на его основе построить корреляционную таблицу.
2. Вычислить выборочные коэффициенты корреляции корреляционные отношения.
3. И, наконец, проверить статистическую гипотезу значимости связи.

Таким образом, можно выявить связь между двумя или более изучаемыми величинами, которую можно рассматривать как совместное согласованное изменение двух исследуемых параметров-характеристик. Эта закономерность обладает формой, направлением и силой. Форма корреляционной связи может быть линейной и нелинейной. Естественно, линейная форма является более удобной для выявления и исследования. Правлением линейной корреляционной связи можно считать положительное (прямая связь) и отрицательное (обратная связь).

Под силой связи мы будем понимать, насколько ярко связана совместное изменение изучаемых величин. В педагогических исследованиях функциональная связь явлений может быть выявлена как вероятностная связь соответствующих параметров. Характер вероятностной связи хорошо виден на диаграмме рассеивания – на графике, оси которого соответствуют значениям двух переменных, а каждый испытуемый изображается точкой.

Числовой же характеристикой такой вероятностной связи может служить так называемый коэффициент корреляции, значение которого изменяется в диапазоне (-1,1). После проведения исследования обычно отбираются только сильные корреляции, которые затем интерпретируются соответствующим образом.

Когда исследуемых величин или групп величин очень много, необходимо отбирать различные корреляции и на основе их сделать соответствующие выводы. Критерием [3] для того, чтобы отобрать «достаточно сильные» корреляции может быть и значение самого вычисленного коэффициента корреляции (обычно, берется интервал от 0,7 до 0,1) и относительная величина коэффициента, которая определяется по уровне статистической значимости (интервал от 0,01 до 0,1). Когда выборки малые для того, чтобы интерпретировать в дальнейшем, наиболее корректно отбирать корреляции на основе уровня статистической значимости. А в исследованиях, когда объем выборки большой, обычно выбираются абсолютные значения коэффициентов корреляции.

Для статистических испытаний в настоящее время применяются множество самых различных коэффициентов корреляции [4]. Наиболее известными являются коэффициенты Пирсона, Спирмена и Кендалла [5]. А выбор метода вычисления коэффициентов корреляции зависит от типа шкалы, к которой относятся переменные, то есть к средству фиксации результатов измерения свойств объектов путем упорядочивания их в определенную числовую систему, в которой отношение между отдельными результатами выражено в соответствующих числах. Определяют номинальную шкалу (nominal scale), то есть не метрическую, шкалу наименований, когда все объекты делятся на группы по какому-то признаку, затем им присваиваются определенные числа. Количественное соотношение между объектами в номинальной шкале отсутствует. Шкала порядка (ordinal scale)

обозначает степень различия какого-либо признака или свойства у разных объектов. Пример порядковой шкалы – школьные пятибалльные оценки или стобалльные рейтинги у студентов высших учебных заведений. Разновидностями порядкового шкалирования являются ранжирование, группировка, парное сравнение, метод рейтинга и метод полярных профилей. Интервальная же шкала (interval scale) это присвоение чисел объектам, когда определено расстояние между объектами и предусмотрена для всех объектов постоянная единица измерения. В качестве интервальной шкалы можно привести, например, квантование при кодировании звука. Шкала отношений (ratio scale) отличается от интервальной только тем, что ее нулевая точка не произвольна, а указывает на полное отсутствие измеряемого свойства. Дихотомическая шкала (dichotomous scale) - шкала, содержащая только две категории. Пример – мужчины и женщины.

Когда мы исследуем корреляцию результатов педагогических измерений, приходится иметь дело со всем типом шкал и при этом исследовать соответствующую корреляцию. При этом, целесообразно применение следующих коэффициентов корреляции:

Типы шкал		Мера связи
переменная 1	переменная 2	
Интервальная или отношений	Интервальная или отношений	Коэффициент Пирсона
Порядковая, интервальная или отношений	Порядковая, интервальная или отношений	Коэффициент Спирмена
Порядковая	Порядковая	Коэффициент Кендалла
Дихотомическая	Дихотомическая	Коэффициент ϕ , четырехполевая корреляция
Дихотомическая	Порядковая	Рангово-бисериальный коэффициент
Дихотомическая	Интервальная или отношений	Бисериальный коэффициент
Интервальная	Порядковая	Коэффициент Спирмена

Выводы

Проведен анализ методов корреляционного анализа в педагогических исследованиях. Обсуждается применение различных способов исследования корреляции при самых разных параметрах.

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

Список литературы

1. Остапенко Р.И. О корректности применения количественных методов в психолого-педагогических исследованиях //Перспективы Науки и Образования, №3. 2013. - С. 63-67
2. Фельдштейн Д.И. О состоянии и путях повышения качества диссертационных исследований по педагогике и психологии // Вестник ракической психологии образования. 2008, №3. – С. 63-66
3. Шишлянникова Л.М. Применение корреляционного анализа в психологии // Психологическая наука и образование, 2009, №1. – С. 98-106
4. Граничина О.А. Математико-статистические методы психолого-педагогических исследований. – СПб.: Издательство ВВМ, 2012.-115 с.
5. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. СПб, 2004 – 388 с.

05.13.18

Г.М. Гузаиров канд. физ.-мат. наук

Оренбургский государственный педагогический университет,
кафедра математики и методики преподавания математики
Оренбург, gafur.mustafin@mail.ru

**ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ НА ГРУППЕ ЛОРЕНЦА.
Часть II: РАЗЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ НА C ПО ФУНКЦИЯМ КУММЕРА**

Комбинируя разложения функций на C в комплексные интегралы Фурье и Меллина, мы получим реализацию представлений группы Лоренца интегральными операторами представлений в смешанных базисах. Ядра этих интегральных операторов выражаются через произведения двух гипергеометрических рядов Куммера. С этими ядрами будет получена пара взаимно обратных интегральных преобразований функций на C типа преобразований Фурье на группе Лоренца.

Ключевые слова: *представления группы Лоренца, интегральные преобразования, комплексные преобразования Фурье, комплексные преобразования Меллина, интегральные операторы представлений, ядра интегральных операторов, гипергеометрические ряды Куммера.*

Далее S – группа комплексных унитарных матриц 2-го порядка:

$$S = SL(2, C) = \left\{ s = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \mid a, b, c, d \in C, \det s = 1 \right\}. \quad (G)$$

Представления группы S задают операторы

$$T[L; s] \circ f(z) = |bz + d|^{-2-2\lambda+2l} (bz + d)^{-2l} f\left(\frac{az + c}{bz + d}\right), \quad (T)$$

действующие в подходящих пространствах Ω_L функций $f(z)$ на C . Эти представления описаны в [1].

Для “матричной записи” представлений (T) мы применим разложения функций из Ω_L в комплексные интегралы Фурье и Меллина. Интегральный метод в приложениях к теории представлений групп хорошо известен; он широко применялся, например, в работе [2] к различным матричным группам, в том числе, к вещественному аналогу группы $SL(2, C)$ – группе $SL(2, R)$. Аналогичные построения для группы Лоренца были выполнены в работе [3]: повторим коротко эти построения.

Обозначим характеры аддитивной группы комплексных чисел $C_0 = \langle C, + \rangle$ и мультипликативной группы комплексных чисел $C_1 = \langle C, \times \rangle$:

$$\chi_0[A; z] = \exp(-2i \operatorname{Re}(Az)), \quad A \in C; \quad \chi_1[M; z] = |z|^{1-\mu+m} z^{-m}, \quad M = (\mu, m), \quad \mu \in C, \quad m \in Z, \quad (0)$$

Следующие интегралы назовем интегралами Эйлера, Фурье, Меллина соответственно:

$$\int d(z) \cdot f(z) = \frac{1}{\pi} \cdot \int_C d(\operatorname{Re} z) d(\operatorname{Im} z) \cdot f(z) \quad (1)$$

$$\int d_0[A] \cdot f_0[A] = \frac{1}{\pi} \cdot \int_C d(\operatorname{Re} A) d(\operatorname{Im} A) \cdot f_0(A) \quad (2)$$

$$\int d_1[M] \cdot f_1[M] = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \frac{1}{4i\pi} \cdot \int_{-i\infty}^{+i\infty} d\mu \cdot f_1[M] \quad (3)$$

Интеграл (2) в развернутом виде ничем не отличается от интеграла (1), но мы рассматриваем его как интеграл по двойственному объекту группы C_0 – совокупности унимодулярных характеров χ_0 ; точно так же интеграл (3) мы рассматриваем как интеграл по совокупности характеров χ_1 группы C_1 (где контур интегрирования по непрерывному параметру совпадает с мнимой осью или является ее непрерывной трансформацией).

В обозначениях (0)-(1) преобразования Фурье и Меллина функции $f(z)$ на C запишутся единообразно

$$f_k[X] = \int d[z] \cdot \chi_k[-X; z] \cdot f(z), \quad k = 0, 1. \tag{4}$$

Для функций с интегрируемым модулем и квадратом модуля имеют место: формулы обращения

$$f(z) = \int d_k[X] \cdot f_k[X] \cdot \chi_k[X; z], \quad k = 0, 1, \tag{5}$$

равенства Парсевала

$$\int d_k[X] \cdot f_k[X] \cdot h_k[-X] = \int d(z) \cdot f(z) \cdot h(z), \quad k = 0, 1, \tag{6}$$

формулы Планшереля

$$\int d_k[X] \cdot |f_k[X]|^2 = \int d(z) \cdot |f(z)|^2, \quad k = 0, 1, \tag{7}$$

(для $k=1$ – лишь при совмещении контура интегрирования по параметру μ с мнимой осью без изменения значения интеграла).

Следующие интегралы:

$$\chi_{ij}[X, Y; L; g] = \int d(z) \cdot \chi_i[-X; z] \cdot (T[L; g] \circ \chi_j[Y; z]), \quad i, j = 0, 1, \tag{8}$$

являются аналогами матричных элементов операторов представлений (T) . Для них справедливы теоремы сложения

$$\int d_k[Z] \cdot \chi_{ik}[X, Z; L; g_1] \cdot \chi_{kj}[Z, Y; L; g_2] = \chi_{ij}[X, Y; L; g_1 g_2], \tag{9}$$

формулы обращения

$$\int d_i[X] \cdot \chi_i[X; z] \cdot \chi_{ij}[X, Y; L; g] = T[L; g] \circ \chi_j[Y; z], \tag{10}$$

сопряженные формулы

$$\int d_j[Y] \cdot \chi_j[-Y; z] \cdot \chi_{ij}[X, Y; L; g] = T[-L; g^{-1}] \circ \chi_i[-X; z], \tag{11}$$

эквивалентные (10) с помощью соотношений симметрии для ядер

$$\chi_{ji}[Y, X; L; g^{-1}] = \chi_{ij}[-X, -Y; -L; g], \tag{12}$$

которые легко могут быть получены заменой переменной в интегралах (8).

Отметим также соотношения однородности для ядер $\chi_{01}[A, M; L; g]$:

$$\begin{aligned} & \chi_{01} \left[A, M; L; \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ u & 1 \end{pmatrix} g \begin{pmatrix} v & 0 \\ 0 & \frac{1}{v} \end{pmatrix} \right] = \\ & = \exp(-2i \operatorname{Re} Au) \cdot |v|^{-2\mu+2\lambda+2m-2l} v^{-2m+2l} \cdot \chi_{01}[A, M; N, L; g]. \end{aligned} \tag{13}$$

В работах [4], [5] были получены интегральные преобразования с ядрами χ_{00} – комплексные аналоги преобразований Конторовича-Лебедева и Ганкеля. В [6] были получены аналоги преобразований Ганкеля с ядрами χ_{01} и χ_{10} . Тут будут получены интегральные преобразования с этими же ядрами – аналоги комплексных преобразованиям Конторовича-Лебедева.

Преобразование Фурье функции $f(g)$ на группе G называют операторную функцию

$$T[L; f] = \frac{1}{2\pi^3} \int_G D(g) \cdot T[L; g^{-1}] \cdot f(g) \quad (14)$$

где $D(g)$ – инвариантная мера на группе G :

$$D(g) = \frac{1}{|a|^2} d[a]d[b]d[c] \quad (15)$$

и, по-прежнему, $d[z] = d(\operatorname{Re} z)d(\operatorname{Im} z)$. Для функции $f(g)$ с интегрируемым по мере (15) модулем и квадратом модуля имеет место формула обращения:

$$f(g) = \sum_{l \in \mathbb{Z}-n} \frac{1}{\pi \cdot i} \int_0^{+\infty} d\lambda \cdot (l^2 - \lambda^2) \cdot \operatorname{tr}\{T[N, L; f]T[N, L; g]\} \quad (16)$$

где tr – след оператора, $L = (\lambda, l)$.

Введем на G новые параметры, соответствующие разложению матриц

$$g = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ u & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & w \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v & 0 \\ 0 & 1/v \end{pmatrix} \quad (17)$$

Найдем: $a = v$, $b = \frac{w}{v}$, $c = uv$, $d = \frac{1+uw}{v}$ ($ad - bc = 1$), $u = \frac{c}{a}$, $v = a$, $w = ab$, т.е.

разложение осуществимо почти всюду на группе (при $a \neq 0$).

$$D(g) = d[u] \cdot \frac{d[v]}{|v|^2} \cdot d[w]$$

Мера (15) в новых параметрах примет вид:

Для функции $f(g)$, зависящей от параметров u , v , w , следующим образом:

$$f(g) = \exp(-2i \operatorname{Re} Au) \cdot |v|^{-2\mu+2m} v^{-2m} \cdot \varphi(w)$$

разложение (16) примет вид следующего разложения для $\varphi(w)$:

$$\begin{aligned} \varphi(z) = & (-1)^{2m} \sum_{l \in \mathbb{Z}-m} \frac{1}{2\pi \cdot i} \int_0^{+\infty} d\lambda \cdot (l^2 - \lambda^2) \cdot \Phi[AM; L] \times \\ & \times \left\{ |A|^{-\lambda+l-m} (iA)^{-l+m} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{1+\mu-\lambda+m-l}{2}\right)\Gamma(+\lambda-l)}{\Gamma\left(\frac{1-\mu+\lambda+m-l}{2}\right)\Gamma(1-\lambda-l)} \cdot |z|^{-1-\mu+\lambda+m-l} (z)^{-m+l} \times \right. \\ & \times {}_1F_1\left(\frac{1+\mu-\lambda+m-l}{2}; 1-\lambda-l; i\frac{A}{z}\right) {}_1F_1\left(\frac{1+\mu-\lambda-m+l}{2}; 1-\lambda+l; i\frac{\bar{A}}{z}\right) + \\ & + {}_1F_1\left(\frac{1+\mu+\lambda+m+l}{2}; 1+\lambda+l; i\frac{A}{z}\right) {}_1F_1\left(\frac{1+\mu+\lambda-m-l}{2}; 1+\lambda-l; i\frac{\bar{A}}{z}\right) \times \\ & \left. |A|^{+\lambda-l-m} (iA)^{+l+m} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{1+\mu+\lambda+m+l}{2}\right)\Gamma(-\lambda+l)}{\Gamma\left(\frac{1-\mu-\lambda+m+l}{2}\right)\Gamma(1+\lambda+l)} \cdot |z|^{-1-\mu-\lambda+m+l} (z)^{-m-l} \right\} \quad (19) \end{aligned}$$

$$\Phi[A, M; L] = \frac{1}{2\pi} \int_c d(\operatorname{Re} z)d(\operatorname{Im} z) \cdot \varphi(z) \times$$

где

(20)

$$\begin{aligned} & \times \left\{ |A|^{+\lambda-l+m} (-iA)^{+l-m} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{1-\mu+\lambda-m+l}{2}\right)\Gamma(-\lambda+l)}{\Gamma\left(\frac{1+\mu-\lambda-m+l}{2}\right)\Gamma(1+\lambda+l)} \cdot |z|^{-1+\mu-\lambda-m+l} (z)^{+m-l} \times \right. \\ & \times {}_1F_1\left(\frac{1-\mu+\lambda-m+l}{2}; 1+\lambda+l; -i\frac{A}{z}\right) {}_1F_1\left(\frac{1-\mu+\lambda+m-l}{2}; 1+\lambda-l; -i\frac{\bar{A}}{z}\right) + \\ & + {}_1F_1\left(\frac{1-\mu-\lambda-m-l}{2}; 1-\lambda-l; -i\frac{A}{z}\right) {}_1F_1\left(\frac{1-\mu-\lambda+m+l}{2}; 1-\lambda+l; -i\frac{\bar{A}}{z}\right) \times \\ & \left. \times |A|^{-\lambda+l+m} (-iA)^{-l-m} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{1-\mu-\lambda-m-l}{2}\right)\Gamma(+\lambda-l)}{\Gamma\left(\frac{1+\mu+\lambda-m-l}{2}\right)\Gamma(1-\lambda-l)} \cdot |z|^{-1+\mu+\lambda-m-l} (z)^{+m+l} \right\}, \end{aligned}$$

Пара (19)-(20) снабжается равенством Парсеваля и формулой Планшереля

$$\int_C d(\operatorname{Re} z)d(\operatorname{Im} z) \cdot \varphi(z) \cdot \phi(z) = \sum_{l \in \mathbb{Z}-m} \frac{1}{i} \int_0^{+i\infty} d\lambda (l^2 - \lambda^2) \cdot \Phi[A, M; L] \cdot \Psi[-A, -M; -L] \quad (21)$$

$$\int_C d(\operatorname{Re} z)d(\operatorname{Im} z) \cdot |\varphi(z)|^2 = \sum_{l \in \mathbb{Z}-m} \frac{1}{i} \int_0^{+i\infty} d\lambda (l^2 - \lambda^2) \cdot |\Phi[A, M; L]|^2 \quad \text{при } \mu \in i\mathbb{R}. \quad (22)$$

Список литературы

1. Гельфанд, И.М. Унитарные представления группы Лоренца / И.М. Гельфанд, М.А. Наймарк // Известия АН СССР. – 1947. – сер.матем.11 (5).
2. Виленкин Н.Я. Специальные функции и теория представления групп / Н.Я. Виленкин. – М.: Наука, 1965. – 588 с.
3. Гузаиров Г.М. Матричные элементы представлений группы $SL(2, \mathbb{C})$ в смешанных базисах и некоторые соотношения для гипергеометрических функций ${}_0F_1, {}_1F_1, {}_2F_1$ // Депонировано в ВИНТИ 14.04.92, N 1274–B92.
4. Гузаиров Г.М. Представления группы Лоренца и разложения функций по функциям Бесселя / Научно-технический вестник Поволжья №4, 2019.–Казань: ООО «Научно-технический вестник Поволжья», 2019. – С.11-14.
5. Гузаиров Г.М., Мунасытов Н.А. Преобразования Фурье на группе Лоренца и комплексные преобразования Конторовича-Лебедева / Научно-технический вестник Поволжья №8, 2019. – Казань: ООО «Научно-технический вестник Поволжья», 2019. – С.69-72.
6. Гузаиров Г.М. Интегральные преобразования функций на S типа интегральных операторов представлений группы $SL(2, \mathbb{C})$ в смешанных базисах / Научно-технический вестник Поволжья №9, 2019. – Казань: ООО «Научно-технический вестник Поволжья», 2019. – С.69-72.

05.13.18

А.Н. Кожевников, Т.В. Бурнышева д-р техн. наук

Новосибирский государственный технический университет,
факультет летательных аппаратов,
кафедра прочности летательных аппаратов,
Новосибирск, kozhevnikov.2010@corp.nstu.ru, tburn@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАСЧЕТАХ НА ПРОЧНОСТЬ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Представлен подход к моделированию динамического взаимодействия отдельных элементов сложной пространственной системы – линии электропередачи. Предложено разбиение системы на структурные элементы, описаны подходы к построению расчетных моделей отдельных элементов. Указаны особенности построения расчетных конечно-элементных моделей опор линий электропередачи в среде ANSYS Mechanical APDL.

Ключевые слова: линии электропередачи, дискретная модель, исследование НДС конструкции, динамическое взаимодействие, метод конечных элементов, ANSYS Mechanical APDL.

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) широко применяются для передачи электрической энергии на большие расстояния. Каждая линия состоит из отдельных элементов трех видов: провода электросети, набор изоляторов между проводниками тока и опорами ВЛ и сами опоры линии электропередачи, которые в свою очередь могут иметь сложную структуру. Таким образом, ВЛ следует рассматривать как сложные пространственные системы [1], а при изучении и описании происходящих в них процессах использовать дискретное моделирование.

На системы ВЛ негативно воздействуют как эксплуатационные нагрузки (вес проводов, ветровое воздействие), так и факторы окружающей среды (обледенение проводов, налипание снега, коррозионные повреждения). Из практики эксплуатации известны случаи не только обрыва проводов, но и разрушения отдельных или нескольких опор из многокилометровой линии. Причинами таких разрушений указывают чрезмерные ветровые нагрузки и/или гололедные явления. Однако, не всегда официальное заключение подтверждается показаниями метеорологических станций. Одной из причин таких аварийных ситуаций является возникновение динамического взаимодействия между отдельными элементами ВЛ, которое непосредственно влияет на прочность опор ВЛ [1].

Проведение моделирования динамических процессов всей системы ВЛ не представляется возможным в силу необходимости стыковки балочной или стержневой модели для проводников электрического тока и расчетной модели для опор. Даже для небольшого количества опор получаемая расчетная конечно-элементная модель будет иметь такое количество степеней свободы, что решение системы уравнений системы займет излишне много времени и вычислительных ресурсов. Одним из вариантов решения проблемы является разделение системы «опоры ВЛ – провода электросети» на отдельные элементы, динамическое поведение которых достаточно просто определить.

Динамическое поведение проводников тока при практически любом виде закрепления и нагружения предлагается исследовать с помощью модели гибкого упругого стержня [2]. Исследование опор ВЛ на прочность и их динамического поведения требует разработки математической и расчетной моделей. Рассматриваемые типы металлических опор представляют собой пространственные ферменные конструкции, поэтому для исследования их поведения использовался конечно-элементный пакет ANSYS Mechanical APDL [3]. Известны случаи применения аналогичного программного продукта SAP2000 при проектировании новых типов опор воздушных линий электропередачи [4].

Анализ типов металлических опор ВЛ позволил выделить универсальные структурные модули и использовать их при построении геометрических моделей таких конструкций. Данное наблюдение привело к созданию алгоритма и на его основе программы автоматизированного построения расчетных моделей опор в среде ANSYS Mechanical APDL [5]. Использование этой программы позволяет оперативно строить модели новых типов опор и вносить изменения в существующие модели при формировании локальных дефектов в конструкции (деформация или отсутствие силовых элементов, монтажные усилия).

При построении дискретных моделей опор в качестве конечного элемента использовался элемент Beam4 – трехмерная упругая балка, который характеризуется двумя узлами с шестью степенями свободы в каждом: три перемещения в направлениях x , y , z и три угла поворота вокруг осей Ox , Oy , Oz [6]. Опционально можно задать дополнительную точку по длине элемента для использования квадратичных функций формы, кроме того, ориентация поперечного сечения каждого элемента также может быть определена введением дополнительного узла.

Отдельной самостоятельной задачей является определение и внедрение в расчетную модель опоры внешних нагрузок и граничных условий. В качестве внешней нагрузки рассматривается собственный вес конструкции, задаваемый в виде распределенной инерциальной нагрузки, сосредоточенные силы от действия проводников тока и ветровая нагрузка. Влияние проводов можно представить в виде двух различных подходов: использование присоединенных масс в точках подвеса или задание сосредоточенных сил необходимой амплитуды. Оба подхода имеют преимущества и недостатки при формулировании задач определения напряженно-деформированного состояния опоры и модального анализа. Например, влияние внешних нагрузок не оказывает практически никакого влияния на значения частот собственных колебаний конструкции, в то время как присоединенные массы снижают значения соответствующих собственных частот и изменяют формы собственных колебаний.

Закрепление конечно-элементной модели проводится путем жесткого защемления опорных точек конструкции: все шесть узловых степеней свободы указанных точек имеют нулевые перемещения или углы поворота. В практике эксплуатации известны случаи рассогласования опорных узлов конструкции, поэтому необходимо предусмотреть возможность моделирования и такой ситуации. Данная задача решается заданием соответствующих узловых перемещений подпятников опоры ВЛ или приложением сосредоточенных нагрузок, которые и приведут к необходимой величине перемещения узла.

На рисунке 1 представлено, рассчитанное в пакете ANSYS с применением описанных выше подходов к моделированию ВЛ, поле эквивалентных напряжений для опоры П110-3 (слева) под действием модельных динамических ветровых нагрузок и фотография аналогичной разрушенной опоры (справа) [7].

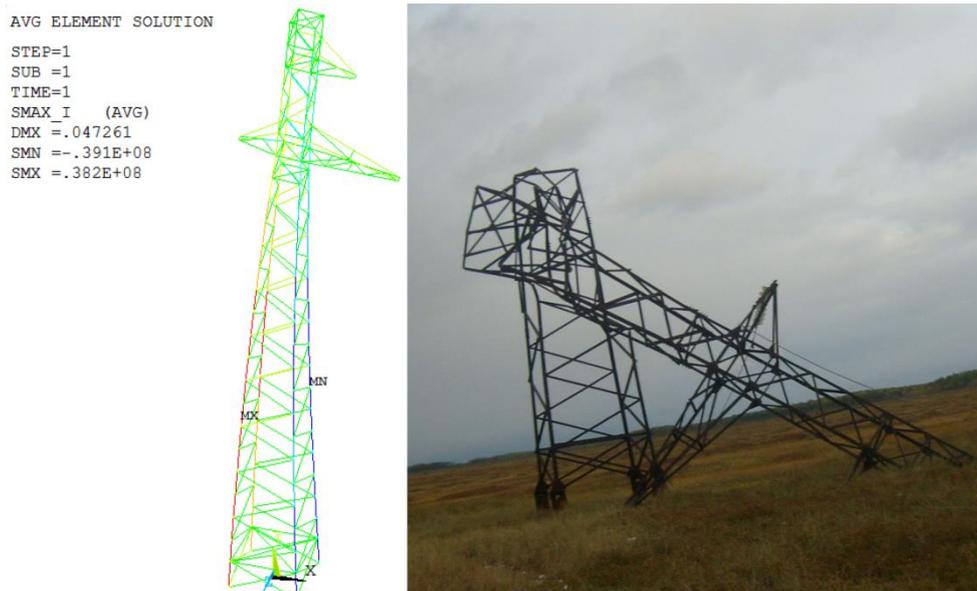


Рис. 1 – Поле распределения эквивалентных напряжений опоры (слева) и пример разрушенной конструкции (справа)

Полученные в расчете максимальные напряжения имеют величину до 39 МПа, но разный знак для поясных силовых элементов. Вполне возможно, что подобные напряжения являются причиной разрушения конструкции опоры П110-3, что согласуется с описанными фактами разрушений опор ВЛ эксплуатирующими организациями.

Представленный выше подход к моделированию воздушных линий электропередачи, как совокупности проводников тока, изолирующих устройств и опор ВЛ, предлагается использовать при дальнейших исследованиях влияния различных видов внешнего нагружения, способов закрепления, степени и локализации отдельных типов дефектов.

Построенная расчетная конечно-элементная модель опоры с применением алгоритма автоматизированного построения обладает универсальностью и легко адаптируется к расчетам конкретной опоры заданием фактически измеренного рассогласования опорных точек, деформаций отдельных уголков, длин прилегающих пролетов проводов электросети.

Список литературы

1. *Langlois S., Prud'homme S., Légeron F., Poursharh F.* Review of advanced modelling methods for lattice steel towers // CIGRE-IEC Colloquium, May 9-11, 2016. Montréal, Canada.
2. *Красноруцкий Д.А.* Методика расчета механики систем связанных тонких упругих стержней по дифференциальной модели // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. - 2016. - № 2. - С. 69- 88.
3. *Moaveni S.* Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS (3rd edition). PrenticeHall, 2008. 868 p.
4. *Dua, A. , Clobes, M. , Höbbel, T. and Matsagar, V.* (2015) Dynamic Analysis of Overhead Transmission Lines under Turbulent Wind Loading. Open Journal of Civil Engineering, 5, 359-371. doi: 10.4236/ojce.2015.54036.
5. *Kozhevnikov A.N., Krasnorutskiy D.A., Levin V.E.* Development of subroutine for automatic building of finite-element models of typical metal pylons of air power transmission lines // 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), Tomsk, 2015, pp. 1-4.
6. ANSYS Inc. ANSYS mechanical APDL structural analysis guide release 14.0, 2011.
7. *Кожевников А.Н.* Анализ напряженно-деформированного состояния опоры воздушных линий электропередачи под действием ветровых нагрузок на провода электросети / *А. Н. Кожевников, Д. А. Красноруцкий ; науч. рук. В. Е. Левин* // Наука. Промышленность. Оборона : тр. 19 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 18–20 апр. 2018 г. В 4 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1. – С. 51–54.

05.13.18

В.В. Корепанов канд. физ.-мат. наук, Р.В. Цветков канд. техн. наукИнститут механики сплошных сред УрО РАН,
Пермь, kvv@icmm.ru**ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА СИСТЕМЫ
«ГРУНТ – ФУНДАМЕНТ – ЗДАНИЕ»**

Рассмотрено влияние импульсного силового воздействия на поверхность грунтового основания для оценки деформационной реакции системы «грунт – фундамент – здание». На основе численных экспериментов были получены результаты по оценке амплитудно-частотного диапазона колебаний конструкции здания, которые можно использовать для выбора параметров динамических датчиков системы мониторинга здания.

Ключевые слова: вибрационный мониторинг, система «грунт-фундамент-здание», вейвлет-спектр, метод конечных элементов.

Известно, что параметры динамической реакции системы «грунт– фундамент – здание» на внешнее динамическое воздействие являются информативными для вибрационного мониторинга [1]. В качестве параметров динамической реакции могут выступать: значения и распределения собственных частот; уровни амплитуд ускорений в элементах сооружения; величины, характеризующие диссипативное поведение элементов сооружения. Так, например, изменение спектра собственных частот может свидетельствовать об изменении жесткостных характеристик элементов здания за счет накопленных повреждений, что является важной информацией при оценке их напряженно-деформированного состояния, а также об изменениях параметров грунта. Параметры динамической реакции могут быть получены с использованием широкого спектра современных датчиков, в том числе со встроенных волоконно-оптических датчиков, внедренных в элементы зданий.

В данной работе рассмотрим влияние импульсного силового воздействия на поверхность грунтового основания для оценки деформационной реакции системы «грунт – фундамент – здание».

Для математической постановки рассматривается следующая начально-краевая задача, расчетная схема которой представлена на рис. 1.

- Уравнение движения:

$$\sigma_{ij,j}(\vec{\mathbf{x}}) + F_i = \rho \ddot{u}_i, \quad \vec{\mathbf{x}} \in V, \quad (1)$$

где: $\vec{\mathbf{x}} = (x_1, x_2, x_3)$ — радиус-вектор точки области V «грунт–фундамент–здание» (рис. 1).

- Физические соотношения – это соотношения связи тензора напряжений и деформаций для упругих тел.

- Краевые условия запишем в виде:

$$\sigma_{1,j}n_j = 0, \quad \sigma_{2,j}n_j = 0, \quad \sigma_{3,j}n_j = P \cdot \delta(\vec{\mathbf{x}}^*, \vec{\mathbf{x}}) \cdot \delta(0, t) \quad \vec{\mathbf{x}} \in (\Gamma_3) \quad (2)$$

$$u_n(\vec{\mathbf{x}}) = 0, \quad \vec{\tau}|_{\Gamma_1}(\vec{\mathbf{x}}) = 0, \quad \vec{\tau}|_{\Gamma_2}(\vec{\mathbf{x}}) = 0, \quad \vec{\mathbf{x}} \in (\Gamma_1 \cup \Gamma_2) \quad (3)$$

начальные условия заданы в следующем виде:

$$u_i|_{t=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial u_i}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (4)$$

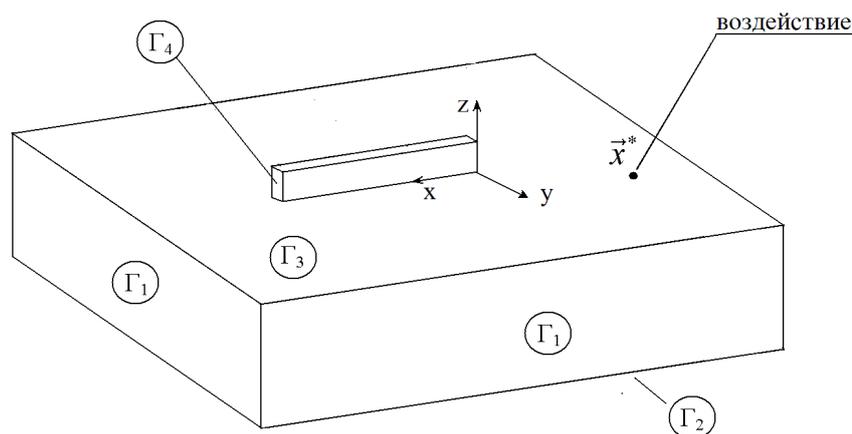


Рис. 1. – Расчетная схема системы «грунт – фундамент – здание»

Поставленную задачу решаем на основе вариационного принципа возможных перемещений, в котором учтена виртуальная работа сил инерции, с использованием конечно-элементного пакета ANSYS.

Следует отметить известную проблему появления отраженных волн при численном решении динамической задачи. Эти волны возникают при вычленении из упругого полупространства грунтового основания расчетной области в виде параллелепипеда, при наличии границ раздела слоев грунта и т.д. Существует ряд приемов [2, 3], позволяющих устранить данный дефект, но эти процедуры достаточно трудоемки.

Путем численного эксперимента были определены такие размеры грунтового основания, при которых характер частот колебаний конструкции не менялся. В модели многослойное грунтовое основание было заменено однородной средой.

Значения физических свойств материалов, использованные в численных расчетах, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физические свойства материалов

№	Материал	Плотность, кг/м ³	Е, МПа	ν
1	Бетон	2500	20000	0,22
2	Кирпичная кладка	1900	2000	0,25
3	Грунт	2000	100	0,3

Полученные численные результаты вибрационного поведения различных точек здания соответствуют следующим исходным данным (рис. 1):

- размеры грунтового основания в плоскости xOy : 600×600м;

- глубина грунтового основания: 200м;

- величина импульсного усилия: $P = 100\text{кН}$;

- координаты приложения силы P : $x = -60\text{м}$, $y = -60\text{м}$, $z = 0$.

Полученные численные результаты представим в виде виброграмм для отдельных точек расчетной модели: один из датчиков располагается на границе контакта плиты основания и грунта в середине здания («в подвале»), а другой датчик - на стене в верхней части здания («на крыше»).

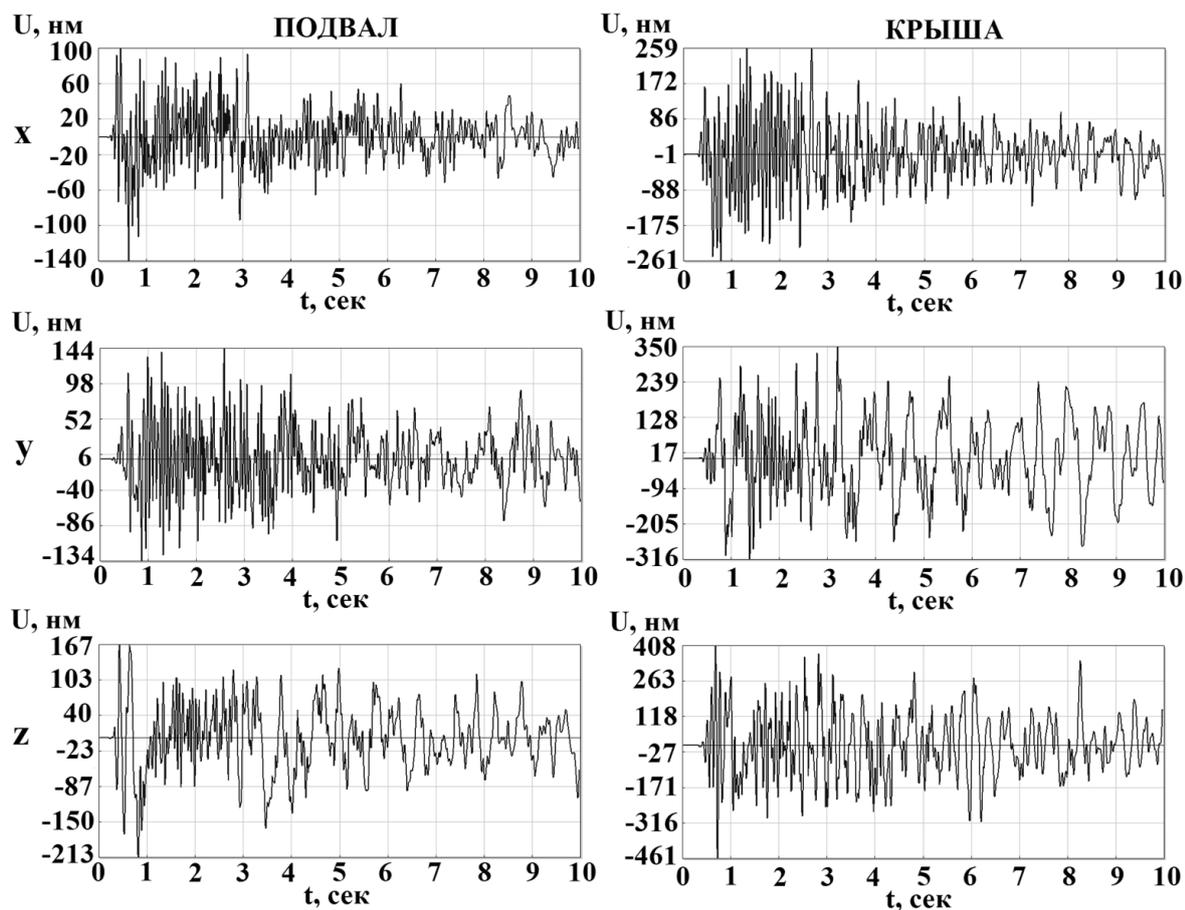


Рис. 2. – Компоненты виброперемещений в подвале и на крыше при расчете на импульсное воздействие

На рис. 2 представлены компоненты виброперемещений. Эти данные позволяют оценить интервалы изменения амплитуд для виброперемещений (10^{-8} – 10^{-6} м) и виброскоростей (10^{-7} – 10^{-5} м/с).

На рис. 3 представлены тоновые изображения вейвлет-спектры приведенных выше виброперемещений. В качестве базисной функции был использован вейвлет Морле [4].

Полученные численные результаты позволяют оценить диапазоны уровней и частот измеряемых величин для мониторинга зданий, в частности, с использованием волоконно-оптических датчиков.

Так, произведена оценка частотного диапазона колебаний конструкции здания, который составил >1 Гц. Помимо этого возможно появления в массиве грунта более низких частот, связанных с распространением волн. Величина перемещений, связанных с естественным уровнем сейсмического фона составила порядка 10^{-8} – 10^{-6} м, величина скоростей – 10^{-7} – 10^{-5} м/с.

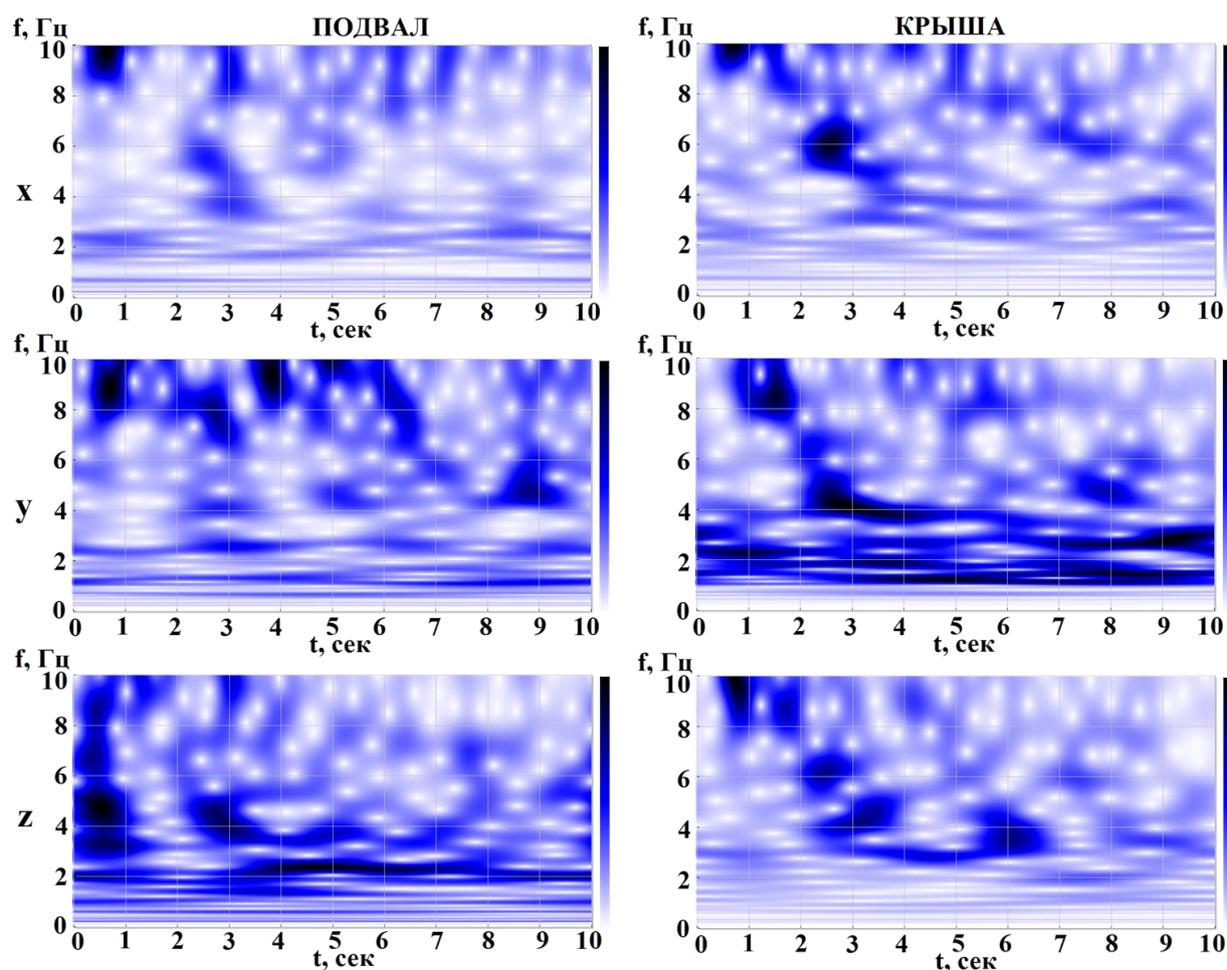


Рис. 3. – Вейвлет-спектры соответствующих компонент виброперемещений в подвале и на крыше при расчете на импульсное воздействие

Список литературы

1. Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н. Инженерно-сейсмические исследования геологической среды и строительных конструкций с использованием ветровых колебаний зданий. – Екатеринбург: ИЭПС УрО РАН. – 2007.
2. Ильгамов М.А., Гильманов А.Н. Неотражающие условия на границах расчетной области. – М.: Физматлит. - 2003.
3. Калиткин Н.Н., Альшин А.Б., Альшина Е.А., Rogov В.В. Вычисления на квазиравномерных сетках. – М.: Наука. - 2005.
4. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». - 2001.

05.13.18

И.В. Нестеров канд. техн. наук, А.Д. Мерзлякова

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),
Институт пути, строительства и сооружений,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,
Москва, acad_miit@mail.ru, merzlyakova.aleksandra@inbox.ru

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МКЭ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МАССИВА ГРУНТА С ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Моделирование взаимодействия инженерных сооружений с грунтом – это нетривиальная задача, постоянно возникающая при проектировании транспортных сооружений. Для уточнения расчётных моделей необходимо учитывать нелинейную работу грунта с использованием различных алгоритмов теории пластичности и механики грунтов. Результаты расчета зависят от густоты сетки конечных элементов. Исследованию этого вопроса посвящён материал этой статьи.

Ключевые слова: МКЭ, густота сетки, напряжение, грунт

Аналитическая модель предельной поверхности устойчивости грунта по критерию прочности Кулона-Мора

Для численной реализации в программном комплексе «КАТРАН-грунт», разработанном авторами, уравнение предельной поверхности устойчивости грунтового массива, определяемой по критерию Кулона-Мора [1,2]:

$$\tau_n = C + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

$$\tau_{12} = (\sigma_1 + \sigma_2 + 2C * \operatorname{ctg}(\varphi)) \sin(\varphi) / 2 \quad (2)$$

Где τ_{12} - главные касательные напряжения

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (3)$$

$$\tau_{12} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (4)$$

σ_{12} – главные нормальные напряжения, при этом $\sigma_1 > \sigma_2$

C – удельное сцепление грунта, φ – угол внутреннего трения

Аналитическая модель предельной поверхности устойчивости грунта по критерию прочности Мизеса-Шлейхера-Боткина

Как указывалось ранее, критерий прочности Кулона-Мора не учитывает влияния промежуточного главного напряжения. Более универсальным с этой точки зрения является критерий Мизеса-Шлейхера-Боткина [1,3]:

$$\tau_i \geq C_M + f_M \sigma \quad (5)$$

Где τ_i - интенсивность касательных напряжений:

$$\tau_i = \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_3 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2} \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{3} \quad (7)$$

среднее (гидростатическое) напряжение,

C_M и f_M - параметры, аналогичные C и φ в критерия прочности Кулона-Мора:

$$C_M = \frac{2}{\sqrt{3}} C, \quad f_M = \sqrt{3} \operatorname{tg} \varphi \quad (8)$$

В случае плоско-деформированного напряжённо деформированного состояния σ_1 и σ_2 вычисляются по соотношению (3), а $\sigma_3 = \mu(\sigma_x + \sigma_y)$

Численная реализация нелинейных моделей грунта по критериям прочности Кулона-Мора и Мизеса-Шлейхера-Боткина

Для численной реализации нелинейных моделей грунта в системе КАТРАН был использован метод секущих модулей [1].

На текущей итерации КЭ-расчёта вычисляется либо главное касательное напряжение τ_{12} по критерию Кулона-Мора, либо интенсивность касательных напряжений τ_i по критерию Мизеса-Шлейхера-Боткина. Если вычисленное касательное напряжение не превышает величины предельного касательного напряжения $\tau_{пр}$, вычисленного по соотношению (2) для критерия Кулона-Мора или по формуле (5) для критерия Мизеса-Шлейхера-Боткина, то модуль сдвига не меняется.

Если вычисленное касательное напряжение превышает величину предельного касательного напряжения $\tau_{пр}$, тогда выполняется пересчёт секущего модуля сдвига:

$$G_{new} = (\tau_{пр} - \tau) / \gamma, \quad (9)$$

$$\gamma = \tau / G_{old} \quad (10)$$

G_{old} - значение секущего модуля сдвига на предыдущей итерации

Стандартно матрицы жёсткости пластинчатых конечных элементов [4,5] вычисляются по соотношению:

$$r = \int_V B^T D B dV \quad (11)$$

Где D – матрица обобщённого закона Гука:

$$D = \frac{E}{1-\mu^2} \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Так как модуль сдвига $G = E / (2(1+\mu))$, то для решения физически-нелинейных задач матрицу D удобно представить в виде:

$$D = \begin{bmatrix} \frac{E}{1-\mu^2} & \frac{E\mu}{1-\mu^2} & 0 \\ \frac{E\mu}{1-\mu^2} & \frac{E}{1-\mu^2} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \quad (13)$$

Для вычисления компонентов тензора напряжений воспользуемся зависимостью:

$$\vec{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau \end{bmatrix} = D \vec{\varepsilon} = \frac{1}{2F} D B \vec{Z} \quad (14)$$

B – матрица деформаций, вычисляемая по формулам Коши:

$$\vec{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{du}{dx} \\ \frac{dv}{dy} \\ \frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{dn_1(xy)}{dx} & 0 & \frac{dn_2(xy)}{dx} & 0 & \frac{dn_3(xy)}{dx} & 0 \\ 0 & \frac{dn_1(xy)}{dy} & 0 & \frac{dn_2(xy)}{dy} & 0 & \frac{dn_3(xy)}{dy} \\ \frac{dn_1(xy)}{dy} & \frac{dn_1(xy)}{dx} & \frac{dn_2(xy)}{dy} & \frac{dn_2(xy)}{dx} & \frac{dn_3(xy)}{dy} & \frac{dn_3(xy)}{dx} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Где n_1, n_2, n_3 - функции формы конечного элемента. Для треугольного симплекс-элемента матрица деформаций B выглядит следующим образом:

$$B := \begin{bmatrix} y_{23} & 0 & y_{31} & 0 & y_{12} & 0 \\ 0 & x_{32} & 0 & x_{13} & 0 & x_{21} \\ x_{32}y_{23} & x_{13}y_{31} & x_{21}y_{12} & & & \end{bmatrix} \quad (16)$$

А матрица напряжений вычисляется по формуле:

$$DB := \begin{bmatrix} \mu y_{23} & E \mu x_{32} & \mu y_{31} & E \mu x_{13} & \mu y_{12} & E \mu x_{21} \\ -\mu^2 + 1 - \mu^2 + 1 \\ E \mu y_{23} & \mu x_{32} & E \mu y_{31} & \mu x_{13} & E \mu y_{12} & \mu x_{21} \\ -\mu^2 + 1 - \mu^2 + 1 \\ G x_{32} & G y_{23} & G x_{13} & G y_{31} & G x_{21} & G y_{12} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Итерационный процесс продолжается до тех пор пока разница $G_{old} - G_{new}$ для всех конечных элементов не достигнет предельно допускаемой величины.



Рис. 1 – Алгоритм конечно-элементного расчёта грунтового массива с учётом физической нелинейности

Исследование влияния густоты сетки на результаты КЭ-анализа грунтового массива в упруго-пластической стадии

Решалась задача давления штампа на ограниченный объём грунта (рис. 2). Параметры задачи аналогичны представленным выше. Нагрузка на штамп уменьшена почти в два раза - 5.3т. Задача решалась в упругой и упруго-пластической постановке на трёх адаптивных сетках.

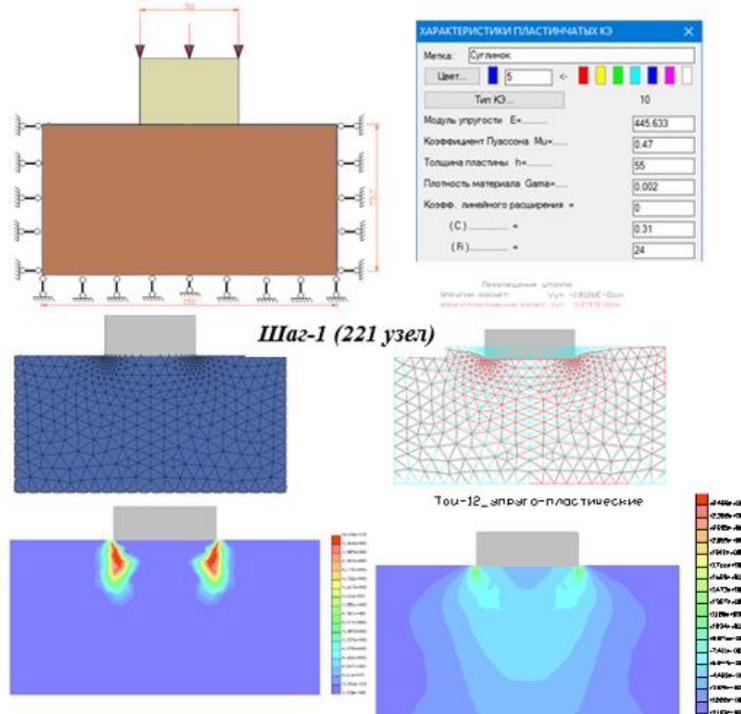


Рис. 2 – Расчетная схема, начальная КЭ сетка и деформированный вид, зона пластических деформаций и эпюра главных касательных напряжений

Различия по перемещениям в упругой и упруго-пластической стадии составили – 3.2%

Шаг-2 (670 узлов)

Для решения, полученного на первом шаге, было выполнено адаптивное сгущение сетки в зоне пластических деформаций шага-1 (рис. 3. слева). Различия по перемещениям в упругой и упруго-пластической стадии составили – 13.8%

Шаг-3 (1970 узлов)

Для решения, полученного на первом шаге, было выполнено адаптивное сгущение сетки в зоне пластических деформаций шага-2 (рис. 4. слева)

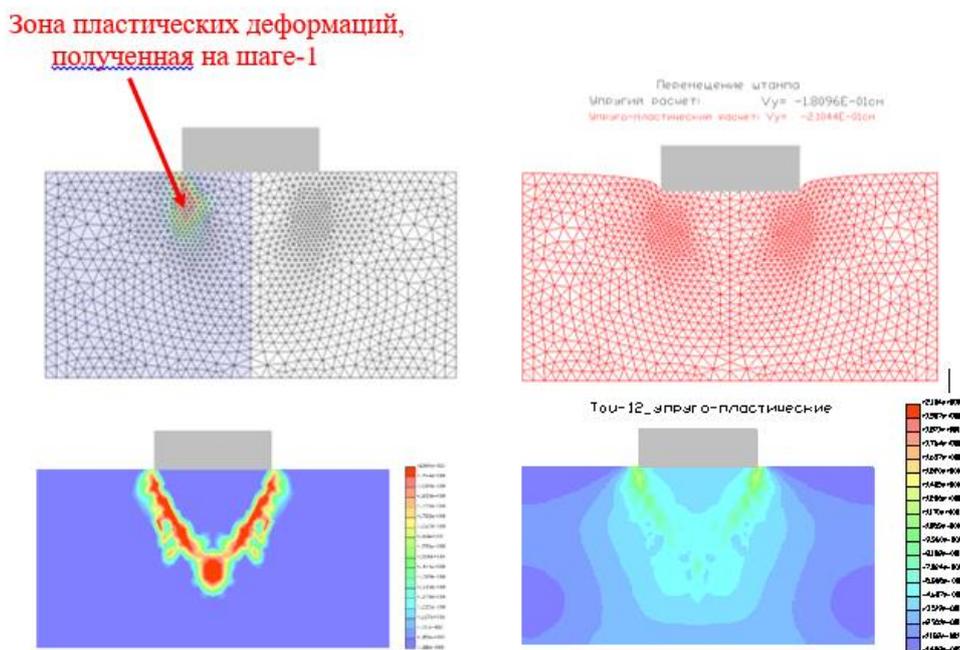


Рис. 3 – Расчётная схема с адаптивным сгущением сетки и деформированный вид, зона пластических деформаций и эпюра главных касательных напряжений

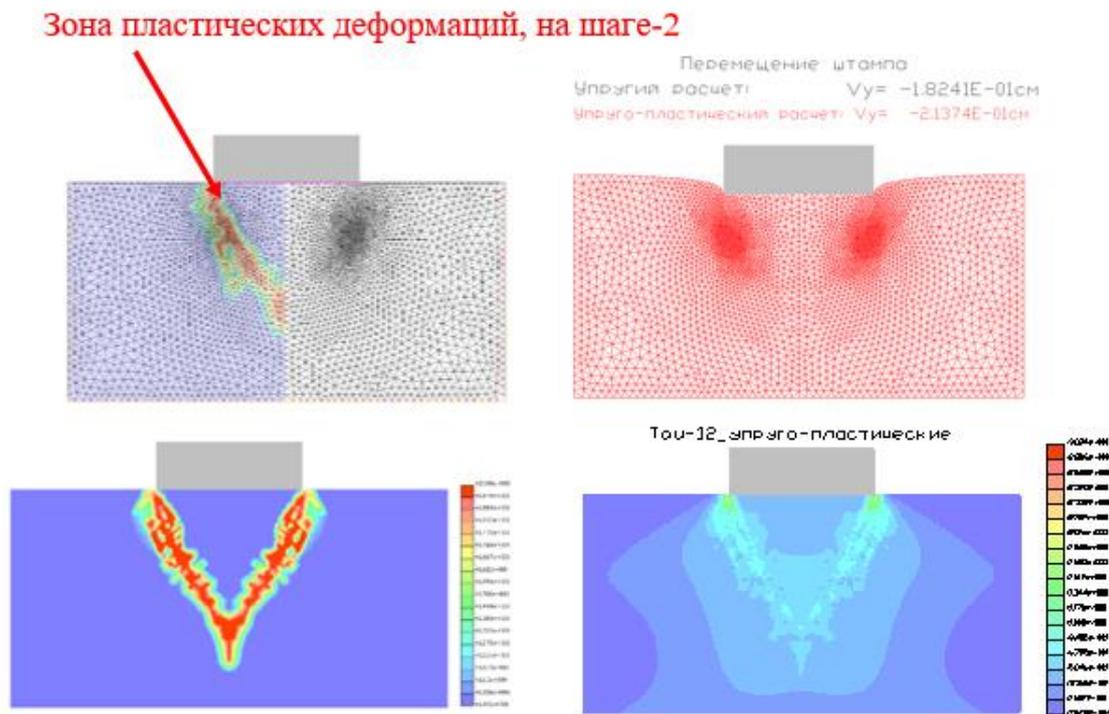


Рис. 4 – Расчётная схема с адаптивным сгущением сетки и деформированный вид, зона пластических деформаций и эпюра главных касательных напряжений

Выводы

Сравнительный анализ расчётов с изменением густоты сетки показал, что в упругой стадии перемещения штампа сильно не изменяются:

0.181 см – на редкой сетке;

0.182 - на густой сетке (шаг-3), погрешность – 0.55%

Густота сетки значительно влияет на расчёты в упруго-пластической стадии. Различия между расчётами в упругой и упруго-пластической стадиях составили:

Шаг-1 (221 узел)-3.2%, Шаг-2 (670 узлов)-13.8%, Шаг-3 (1970 узлов)-15.0%

Различия между расчётами в упруго-пластической стадии при сгущении сетки до шага-3 (1970 узлов) составили 13%. При этом зона пластических деформаций значительно расширилась и фактически получено разрушение грунтового массива (рис.4). Различия между результатами шагов 2 и 3 незначительны, поэтому дальнейшее сгущение сетки нецелесообразно. Таким образом, при определении напряжённо-деформированного состояния в конструкциях, контактирующих с грунтом, в упруго-пластической стадии необходимо выполнять несколько расчётов с различной густотой сетки КЭ с градиентами сгущения минимизированными в пределах зон пластических деформаций.

Список литературы

1. *Фадеев А.Б.* Метод конечных элементов в геотехнике. -М.: Недра, 1987. -224 с.
2. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Основные закономерности взаимодействия основания и надземных конструкций здания. Развитие городов и геотехническое строительство, №10, СПб. 2006, с. 63-92
3. *Парамонов В.Н.* Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геотехники. - СПб., Геоконструкция, 2012, с. 48
4. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике. -М.: Мир, 1975. – 541с.
5. *Дарков А.В., Шапошников Н.Н.,* Строительная механика.- М.: Высшая Школа, 1986. – 607 с.

05.13.18

А.М. Пищухин д-р техн. наук

Оренбургский государственный университет,
аэрокосмический институт,
кафедра управления и информатики в технических системах,
Оренбург, pishchukhin55@mail.ru

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАГРУЗКОЙ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА ВСПЛЕСКА СПРОСА

Все социально-экономические процессы характеризуются наличием низких частот в спектре описывающих их параметров. Однако частотный анализ здесь неточен из-за изменений, протекающих на рынке с более высокими частотами и меняющихся параметров указанных низких частот. В этом случае необходимо отслеживать отдельные всплески случайного процесса – формирования спроса на данную продукцию, которые будут характеризоваться временем начала, средним значением и продолжительностью. По этим показателям можно подготовить предприятие к выпуску именно той продукции, спрос на которую имеется в данное время. Принимая, что вероятность всплеска спроса на данный вид продукции через определенное время носит марковский характер и описывается уравнением Колмогорова можно определить необходимую вероятность готовности производства. В результате можно предложить методику оптимального распределения ресурсов управления.

Ключевые слова: *всплеск спроса, начало всплеска, средняя продолжительность всплеска, средняя амплитуда всплеска, оптимальное управление, уравнение Колмогорова.*

За формированием цен на свою продукцию и объемами ее продаж предприятие следит особенно тщательно [1]. Однако, производство планируется все же по заранее составленному расписанию [2], другими словами маркетинговая информация участвует в формировании текущего производства продукции недостаточно.

Для повышения эффективности производства необходимо производить именно ту продукцию, которая востребована на рынке в данный момент времени и в требуемых рынком же объемах. Исследуем, в связи с этим, задачу оптимального управления вероятностным согласованием рыночного и производственного процессов учитывая эпизодический характер поведения рынка.

Вероятностное описание рыночных и производственных процессов встречается в литературе довольно часто [3-5]. В данной работе ставится управленческая задача: повысить эффективность производства, в первую очередь, за счет повышения коэффициента загрузки оборудования [6] изготовлением востребованной на рынке продукции, на основе вероятностного согласования рыночного и производственного процессов.

Примем самую простую модель всплеска – в виде прямоугольника на оси времени (см. рисунок 1). Здесь всплеск цены на заданный вид продукции предприятия имеет высоту A , протяженность во времени T и наступает через время τ от начала наблюдения. Все три введенных параметра определяются как математическое ожидание от соответствующих плотностей вероятности ($\omega_i, i = 1, \dots, 3$).

Пусть все плотности вероятности имеют марковскую природу, и описываются уравнениями Колмогорова [7], представленными здесь в каноническом виде:

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial t} = b_i \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial x^2}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

где b_i – коэффициенты диффузии, обуславливающие размытие вероятностей относительно их математических ожиданий.

Готовность предприятия обеспечить заданные параметры должна под организационными управляющими воздействиями выходить на уравнения, похожие на (1). Пусть $u_i(x, t)$ - количество долей управляющих ресурсов, направляемых на обеспечение i – го заданного параметра (с математическим

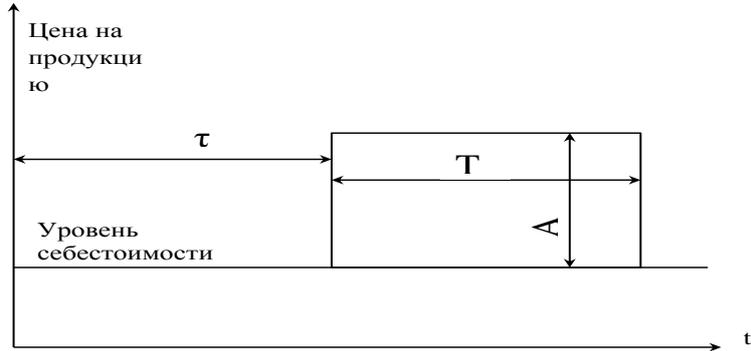


Рис. 1 – Модель всплеска цены на продукцию

ожиданием τ , A и T). Обозначая плотности вероятности готовности предприятия ε_i , имеем:

$$\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial t} = b_i \frac{\partial^2 \varepsilon_i}{\partial x^2} + u_i(x, t), i = 1, \dots, 3 \tag{2}$$

Задача оптимального управления готовностью предприятия заключается в том, чтобы обеспечить возможности выпуска продукции как можно ближе соответствующие заданным параметрам.

Вычтем из (1) выражения (2)–е и получим:

$$\frac{\partial(\omega_i - \varepsilon_i)}{\partial t} = b_i \frac{\partial^2(\omega_i - \varepsilon_i)}{\partial x^2} - u_i, i = 1, \dots, 3 \tag{3}$$

Введем обозначение вероятностной неготовности производства

$$s_i = \omega_i - \varepsilon_i, i = 1, \dots, 3 \tag{4}$$

Тогда (3) преобразуется следующим образом

$$\frac{\partial s_i}{\partial t} = b_i \frac{\partial^2 s_i}{\partial x^2} - u_i, i = 1, \dots, 3 \tag{5}$$

Задача управления готовностью ставится следующим образом: найти оптимальное распределение долей управляющих воздействий u_i для обеспечения минимальных затрат и уровне неготовности к рыночным требованиям. Воспользуемся методом Летова А.М. [8] и представим функционал суммой квадратов потерь и затрат

$$\int_0^{t_k} (\sum_{i=1}^3 \alpha_i u_i^2 + \sum_{i=1}^3 s_i^2) dt \rightarrow \min, i = 1, \dots, 3 \tag{6}$$

где α_i – размерные весовые коэффициенты.

Для решения поставленной задачи оптимального управления методом Эйлера – Лагранжа составим лагранжиан:

$$F(\bar{u}) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i u_i^2 + \sum_{i=1}^3 s_i^2 + \sum_{i=1}^3 \psi_i \left(\frac{\partial s_i}{\partial t} - b_i \frac{\partial^2 s_i}{\partial x^2} + u_i \right) \tag{7}$$

Для обеспечения экстремума $F(\bar{u})$ составляем уравнения Эйлера по всем переменным:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(\bar{u})}{\partial u_i} = 2\alpha_i u_i + \psi_i = 0, i = 1, \dots, 3 \\ \frac{\partial s_i}{\partial t} - b_i \frac{\partial^2 s_i}{\partial x^2} + u_i = 0, i = 1, \dots, 3 \\ 2s_i - \psi_i = 0, i = 1, \dots, 3 \end{cases} \tag{8}$$

Решая совместно первое и последнее уравнения системы (9) и подставляя этот результат во второе уравнение системы (8), получим уравнения в частных производных третьего порядка

$$\alpha_i \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} - b_i \alpha_i \frac{\partial^3 u_i}{\partial x^2 \partial t} - u_i = 0, i = 1, \dots, 3 \tag{9}$$

Применим к решению этого уравнения метод разделения переменных.

$$u = v(t) \cdot w(x) \quad (10)$$

Подставляем в (9) и опускаем для простоты индексы у переменных $v(t)$ и $w(x)$

$$w(x)\alpha_i \frac{\partial^2 v_i}{\partial t^2} - b_i \alpha_i \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - v(t) \cdot w(x) = 0 \quad (11)$$

Разделяем переменные

$$\frac{\alpha_i}{\frac{\partial v_i}{\partial t}} \frac{\partial^2 v_i}{\partial t^2} - \frac{v(t)}{\frac{\partial v_i}{\partial t}} = \frac{b_i \alpha_i}{w(x)} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = M \quad (12)$$

Это цепочечное равенство преобразуется в систему двух уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v_i}{\partial t^2} - \frac{M}{\alpha_i} \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{1}{\alpha_i} v(t) = 0 \\ \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} - \frac{M}{b_i \alpha_i} w(x) = 0 \end{cases} \quad i = 1, \dots, 3 \quad (13)$$

Решение полученных уравнений находим в справочнике [9]

$$\begin{cases} v(t) = C_1 \exp\left(t \frac{M + \alpha_i \sqrt{M^2 + 4\alpha_i}}{2\alpha_i^2}\right) + C_2 \exp\left(t \frac{M - \alpha_i \sqrt{M^2 + 4\alpha_i}}{2\alpha_i^2}\right) \\ w(x) = C_3 \operatorname{ch}\left(x \sqrt{\frac{M}{b_i \alpha_i}}\right) + C_4 \operatorname{sh}\left(x \sqrt{\frac{M}{b_i \alpha_i}}\right) \end{cases} \quad (14)$$

Поскольку при $x=0$ (нулевой спрос на продукцию) нет смысла тратить управляющие ресурсы, то есть управляющие воздействия должны быть нулевыми ($u=0$), во втором уравнении остается только второй множитель. В начальный момент времени так же потребуем отсутствия управляющих воздействий, тогда $C_1 = -C_2$. Окончательно подставляя решения (14) в (10) с учетом высказанных предположений, получим

$$u(x, t) = C \left(\exp\left(t \frac{M + \alpha_i \sqrt{M^2 + 4\alpha_i}}{2\alpha_i^2}\right) - \exp\left(t \frac{M - \alpha_i \sqrt{M^2 + 4\alpha_i}}{2\alpha_i^2}\right) \right) \operatorname{sh}\left(x \sqrt{\frac{M}{b_i \alpha_i}}\right) \quad (15)$$

При нахождении константы интегрирования и постоянной M учитываем факт, что управление начинается при определенном, уже возникшем спросе x_0 , тогда

$$u_0 = \operatorname{sh}\left(x_0 \sqrt{\frac{M}{b_i \alpha_i}}\right) \quad (16)$$

Отсюда

$$M = b_i \alpha_i \left(\frac{\operatorname{arsh}(u_0)}{x_0} \right)^2 \quad (17)$$

Из проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- зависимость управляющих воздействий от времени и от спроса экспоненциальная
- величины весовых коэффициентов для организационных управляющих ресурсов для обеспечения нужной величины, начального момента и продолжительности производства, согласованного со всплеском спроса определяются «априори», в соответствии с коэффициентами удельных эффектов, (то есть величинами эффектов, полученными на единицу приложенных управляющих воздействий).

Таким образом, оптимальное управление загрузкой оборудования по выбранному виду продукции на основе прогноза всплеска спроса позволяет, сократить расходы на подготовку производства, производить продукцию на рынок, а не на склад, вовремя останавливать и перепрофилировать производство. Практическую значимость имеет тот факт, что зависимость управляющих воздействий от времени экспоненциальная, поскольку на этом основании просто разработать методику оптимального перераспределения управляющих ресурсов.

Список литературы

1. *Zhi-Ping, Fan, Yu-Jie, Che, Zhen-Yu, Chen.* (2017). Product sales forecasting using online reviews and historical sales data: A method combining the Bass model and sentiment analysis. *Journal of Business Research*, vol. 74, pages 90–100.
2. *Vinod V., Sridharan R.*, Scheduling a dynamic job shop production system with sequence-dependent setups: An experimental study *Robotics and computer-integrated manufacturing* 24 3 (2008) pp. 435-449
3. *Mohammad M. Hamasha, Azmi Alazzam, Sa'd Hamasha*, Multimachine Flexible Manufacturing Cell Analysis Using a Markov Chain-Based Approach, (*IEEE Transactions on components packaging and manufacturing technology*) 5 3 (2015), pp. 439-446
4. *Savsar M., Majid Aldaihani*, A Stochastic Model for Analysis of Manufacturing Modules, *Applied mathematics & information sciences* 6 3 (2012), pp. 587-600
5. *Yue Wu*, A stochastic model for production loading in a global apparel manufacturing company under uncertainty, *Production planning & control*, 22 3 (2011), pp. 269-281
6. *Пищухин, А.М.* Оптимальные методы построения и управления мультиструктурными системами автоматизации технологических процессов и производств на основе вероятностных критериев качества. // Дис... д-ра техн. наук. Оренбург, 2001, 355 с.
7. *Volkov, I.K., Zuev, S.M., Tsvetkova, G.M.* (2006). *Random processes*. Publishing house of the MSTU, N.E. Bauman, pages 448.
8. *Летов, А.М.* Аналитическое конструирование регуляторов I-IV // *Автоматика и телемеханика*. 1960., №4, с. 436-441; №5, с. 561-568; №6, с. 661-665; 1961, №4 с. 425-435.
9. *Kamke E* (1976) *Handbook of ordinary differential equations*. *M: Nauka*, pages 576

05.13.18

¹Е.В. Поезжаева канд. техн. наук, ²С.Э. Шаклеина канд. техн. наук, ¹Д.Н. Кучев¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь²Пермский национальный исследовательский политехнический университет

(Березниковский филиал),

кафедра Технологии и механизации производств,

Березники, shakleinas@yandex.ru, kuchevedmitri@yandex.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА РОБОТА
ДЛЯ РЕМОНТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РАБОТ ВНУТРИ СЛОЖНЫХ И
ИЗГИБНЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ**

В статье рассматривается проблема изношенных трубопроводов различных отраслях промышленности. Представлена модель нового робота для ремонта и диагностики изгибных участков трубопроводов. Разработана математическая модель для программного управления манипулятора робота. Указано новое направление развития робототехники.

Ключевые слова: *трубопровод, износ, роботы, диагностика, ремонт.*

Более 20% магистральных трубопроводов эксплуатируются свыше 30 лет. При этом, они рассчитаны, без использования антикоррозийного покрытия, на безаварийную работу в течение 15 лет. Поэтому, основной фонд трубопроводного транспорта в Российской Федерации имеет критический уровень износа. Положение усугубляет еще и то, что темпы замены трубопроводов составляют около 2-3% в год от их общей протяженности. Следовательно, такая ситуация грозит РФ огромными экологическими проблемами, что могут появиться в результате аварий на изношенных участках магистральных трубопроводов [1].

Ремонт и диагностика трубопроводов при помощи траншейного метода представляет собой трудоёмкую задачу, в связи с их большой протяжённостью. В настоящее время существует множество методов диагностики и ремонта трубопроводов при помощи роботов, рассматриваемых в работах [2,3].

Существующие ныне роботы не имеют возможности осуществления своей деятельности в сложных и изгибных участках труб, горизонтального и вертикального расположения. Авторами работы [4] был разработан и запатентован робот для диагностики сложных изгибных участков труб, однако такой робот не осуществляет ремонтных работ внутри трубопровода. Целью данного исследования является разработка нового робота, способного производить не только диагностические работы, но и производить ремонт внутри сложных изгибных трубопроводах. В связи с этим была разработана модель робота, представленная на рис.1, для ремонта трубопроводов путём обработки поврежденных участков труб при помощи антикоррозионных покрытий в жидком виде.

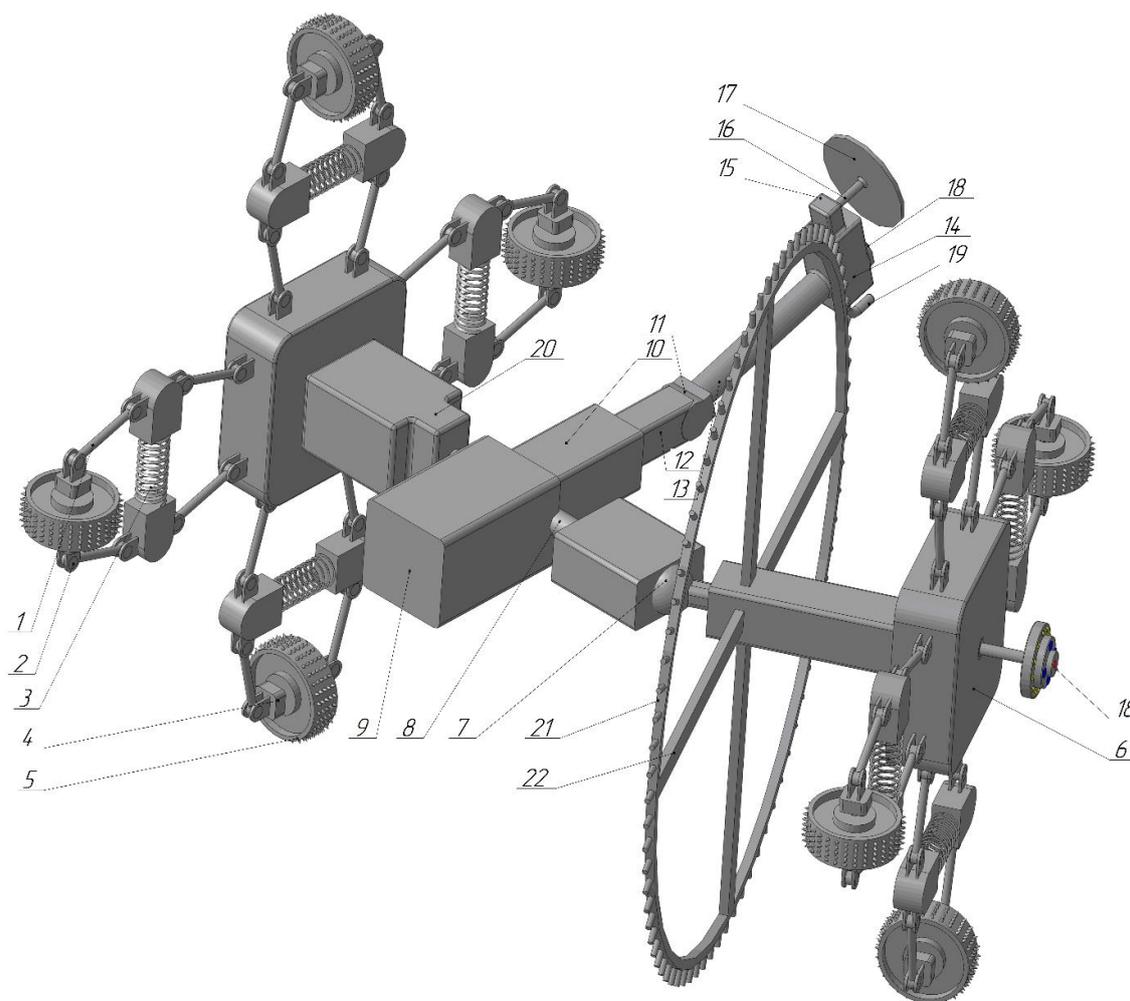


Рис. 1 – Модель сложноорганизованного робота для вырезания отдельных участков труб. 1 – рычаг; 2 – шарнир соединения рычагов; 3 – пружина; 4 – электродвигатель вращения колеса; 5 – колесо с шипами; 6 – корпус; 7 – шарнирное соединение основания вала манипулятора с корпусом; 8 – вал манипулятора; 9 – блок питателя антикоррозийного покрытия; 10 – привод поступательного движения; 11 – привод вращательного движения; 12 – рычаг манипулятора поступательного движения; 13 – рычаг манипулятора вращательного движения; 14 – питатель антикоррозийного покрытия; 15 – привод для очистки поверхности; 16 – вал; 17 – диск с поверхностью высокой абразивности; 18 – видео камера, с расположенными на ней светодиодами; 19 – сопло подачи покрытия; 20 – привод вала манипулятора; 21 – ультразвуковые датчики, 22 – рама крепления датчиков.

В продольной плоскости расположен рычажно-пружинный механизм, состоящий из рычага - 1, соединённого посредством шарнира - 2 с пружиной – 3 и электродвигателем - 4, на вал которого установлено колесо - 5. Корпус - 6 соединён с четырёх сторон с рычажно-пружинным механизмом при помощи шарниров - 2 и рычагов – 1, что позволяет принимать устойчивое положение в трубопроводе при растяжении-сжатии пружин. При этом в продольном направлении корпус - 6 закреплён посредством шарнира - 7 с основанием вала манипулятора - 8, на котором расположен блок питания антикоррозийного покрытия – 9, приводы - 10,11, рычаги - 12,13, причём на последнем закреплён питатель антикоррозийного покрытия – 14, на который, в свою очередь, крепится привод устройства для очистки поверхности - 15, на последнем закреплён вал - 16, что соединён с диском для очистки поверхности – 17. Также на блоке питания - 15 установлена видео камера – 18 и сопло для подачи антикоррозийного покрытия - 19. При этом вал манипулятора приводит в движение привод – 20. Ультразвуковые датчики – 21 установлены на раме – 22, та свою

очередь крепится к основанию сферического шарнира – 7. На корпусе – 6 при помощи сферического шарнира установлена ещё одна видео камера со светодиодами, что позволяет продемонстрировать каждый элемент внутритрубной поверхности.

В исследуемый трубопровод через фланцевое соединение устанавливается робот, который работает автономно при помощи процессора, соединённого с источником питания, расположенным в корпусе – 6, процессор после обработки сигнала координирует работу электродвигателей – 4, 15, 20, а также видео камеры – 18. Электродвигатели – 4 приводят в движение колёса – 5, создавая при этом поступательное движение робота внутри трубопровода, а рычажно-пружинный механизм и шарнирное соединение – 7 обеспечивают прохождение изгибных участков трубопровода. При обнаружении поврежденного участка с помощью датчиков ультразвуковой толщинометрии – 21 отправляется сигнал в процессор для регулирования движения манипулятора. Привод вала манипулятора – 20 вращает манипулятор для обработки поврежденного участка при помощи расположенного на нём дозатора - 14. Приводы – 10,11, используя координаты повреждённого участка, располагаются таким образом, чтобы произвести очистку повреждённого участка для последующего нанесения антикоррозийного покрытия. Диск – 17 приводится в движение при помощи вала – 16 и привода – 15. После очистки при помощи сопла – 19 наносится в жидком состоянии антикоррозийное покрытие из питателя – 14, который соединён с блоком питателя - 9. Антикоррозийное покрытие при застывании образует защитную пленку, что позволяет продлить срок службы трубопровода.

Важной проблемой представляется эксплуатация манипулятора, который выполняет очистку и нанесение антикоррозийного покрытия поврежденной поверхности. Рассмотрим определение управляющего усилия P_2 и момента M для программного управления манипулятором, схема на рис.2.

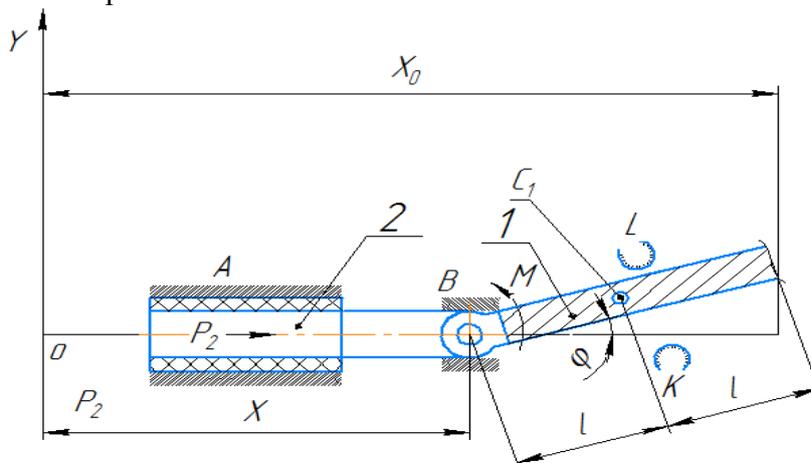


Рис. 2 – Схема манипулятора.

Манипулятор, состоящий из звеньев 1 и 2, приводится в движение приводами А и В. Со стороны привода А используется сила P_2 , со стороны привода В момент M . Требуется рассмотреть движение звена 1, ограниченное препятствиями К и L. Следовательно изменение угла поворота $\varphi = \varphi(t)$ возможно в интервале $[\varphi(0); \varphi(t)]$. Центр тяжести звена 1 находится в точке C_1 . Определим управляющую силу P_2 и управляющий момент M . Для определения управляющих характеристик применим уравнения Лагранжа II рода [5]. Данная механическая система имеет две степени свободы, примем за обобщенные координаты угол φ поворота звена 1 и смещение x звена 2.

Механическая системы будет иметь следующие связи:

$$y_{c_1} = \text{const}; \quad x_{c_2} = x + l \cos \varphi; \quad y_{c_2} = l \sin \varphi. \quad (1)$$

В соответствии с выбранными обобщенными координатами имеем

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= Q_{\varphi}; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} &= Q_x. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) позволяют составить дифференциальные уравнения движения механической системы. Определим выражение для кинетической энергии системы T как функцию обобщенных скоростей $\dot{\varphi}$ и \dot{x} и обобщенных координат φ и x .

Кинетическая энергия системы равна сумме кинетической энергии T_1 звена 1 и T_2 звена 2. Кинетическая энергия звена 1, совершающего плоское движение: $T_1 = \frac{m_1 v_{C_1}^2}{2} + \frac{J_1 \omega_1^2}{2}$. Кинетическая энергия звена 2, совершающего поступательное движение $T_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2}$, где $\omega_1 = \dot{\varphi}$; $v_2 = \dot{x}$.

Продифференцировав (1) по времени, будем иметь: $\dot{x}_{C_1} = \dot{x} - l\dot{\varphi}\sin\varphi$; $\dot{y}_{C_1} = l\dot{\varphi}\cos\varphi$, откуда $v_{C_1}^2 = \dot{x}_{C_1}^2 + \dot{y}_{C_1}^2 = \dot{x}^2 + l^2\dot{\varphi}^2 - 2l\dot{\varphi}\dot{x}\sin\varphi$. Таким образом, $T = \frac{m_1\dot{x}^2}{2} + \frac{m_1l^2\dot{\varphi}^2}{2} - \frac{2m_1l\dot{x}\dot{\varphi}(\sin\varphi)}{2} + \frac{J_1\dot{\varphi}^2}{2} + \frac{m_2\dot{x}^2}{2} = \frac{(m_1+m_2)\dot{x}^2}{2} + \frac{(m_1l^2+J_1)\dot{\varphi}^2}{2} - m_1l\dot{x}\dot{\varphi}(\sin\varphi)$.

Определим значения слагаемых уравнений Лагранжа:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} &= (m_1 + m_2)\dot{x} - m_1l\dot{\varphi}\sin\varphi; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} &= (m_1 + m_2)\ddot{x} - m_1l\ddot{\varphi}\sin\varphi - m_1l\dot{\varphi}^2\cos\varphi; \\ \frac{\partial T}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} &= (m_1l^2 + J_1)\dot{\varphi} - m_1l\dot{x}\sin\varphi; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} &= (m_1l^2 + J_2)\ddot{\varphi} - m_1l\ddot{x}\sin\varphi - m_1l\dot{x}\dot{\varphi}\cos\varphi; \\ \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= -m_1l\dot{x}\dot{\varphi}\cos\varphi. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Найдём обобщенные силы Q_x и Q_φ . Для определения Q_x наложим на механическую систему связь $\varphi = const$ и, задав системе возможную скорость \dot{x} , определим возможную мощность сил, действующих на нее: $N_x = Q_x\dot{x} = F\dot{x}$, откуда

$$Q_x = F. \quad (4)$$

Следовательно, наложив на механическую систему связь $x = const$ и задав ей возможную скорость $\dot{\varphi}$, получим выражение возможной мощности N_φ : $N_\varphi = Q_\varphi\dot{\varphi} = M\dot{\varphi}$, откуда

$$Q_\varphi = M. \quad (5)$$

Обобщенные силы Q_x и Q_φ получим и из выражения работы сил на элементарных перемещениях системы, соответствующих вариации каждой обобщенной координаты:

$$\delta A_x = Q_x\delta x = F\delta x; \delta A_\varphi = Q_\varphi\delta\varphi = M\delta\varphi. \quad (6)$$

Подставляя (3), (4) и (5) в (2), получим

$$\left. \begin{aligned} (m_1 + m_2)\ddot{x} - m_1l\ddot{\varphi}\sin\varphi - m_1l\dot{\varphi}^2\cos\varphi &= F; \\ (m_1l^2 + J_1)\ddot{\varphi} - m_1l\ddot{x}\sin\varphi &= M. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При этом, захват манипулятор движется вдоль прямой, перпендикулярной оси x , на механизм дополнительно оказывается наложенной связь $x + 2l\cos\varphi = x_0$ или $x = x_0 - 2l\cos\varphi$ ($x_0 = const$), следовательно, $\dot{x} = 2l\dot{\varphi}\sin\varphi$, откуда

$$\ddot{x} = 2l\ddot{\varphi}\sin\varphi + 2l\dot{\varphi}^2\cos\varphi. \quad (8)$$

Подставляем (8) в (7), приходим к соотношениям

$$\left. \begin{aligned} M &= (m_1l^2 + J_1)\ddot{\varphi} - 2l^2m_1\dot{\varphi}\sin^2\varphi - l^2m_1\dot{\varphi}^2\sin 2\varphi; \\ F &= (m_1 + 2m_2)(\ddot{\varphi}\sin\varphi + \dot{\varphi}^2\cos\varphi)l. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Равенства (9) представляют собой зависимость управляющего момента M и управляющего усилия F от известных функций φ , $\dot{\varphi}$ и $\ddot{\varphi}$. Так как φ является заданной функцией времени, то определение производных даёт возможность $\dot{\varphi}$ и $\ddot{\varphi}$ определить управляющий момент M , и силу F .

Выводы. Разработана модель робота, который имеет возможность осуществлять ремонт и диагностику в сложных и изгибных участках труб. Робот позволяет увеличить срок службы трубопровода путём его полной диагностики и обработки опасных участков

антикоррозионным покрытием. Описано функционирование робота в рабочем режиме. Представлена математическая модель, что позволяет определить управляющий момент и усилие для обеспечения программного управления манипулятором робота. При этом, разработанная модель робота позволяет обеспечить безопасность технологического процесса и *жизни* людей, снижая при этом финансово-временные затраты при проведении ремонтных работ, в отличие от ныне используемых технологий.

Список литературы

1. Фонд развития трубной промышленности [Электронный ресурс] // Новости. 2018. 19 апреля. URL: <http://frtp.ru/2018/04/19/frtp-vystupil-za-uskorenie-obnovlenija-iznoshennyh-truboprovodov-dlja-predotvrashhenija-jekologicheskoj-katastrofy/>(дата обращения: 27.03.2019).
2. *Поезжаева Е.В., Кучев Д.Н., Ляшков Д.В., Новиков Д.С.* Гусеничный робот для ремонтно-диагностических работ в трубопроводах // Строительные и дорожные машины. 2018. № 10. С. 50-51.
3. *Поезжаева Е.В., Кучев Д.Н., Ляшков Д.В., Новиков Д.С.* Сферический робот для диагностики трубопроводов // Строительные и дорожные машины. 2018. № 7. С. 47-49.
4. Пат. № 2707306 РФ, МПК В25J9/00. Робот для технического контроля трубопроводов и сложных изгибных участков труб / Д.Н. Кучев, Д.В. Ляшков, Д.С. Новиков. № 2019105400; заявл. 26.02.2019.
5. *Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 2. Динамика изд.5, стереотипное М. Наука 1972 г. 624 с.

05.13.18

Ю.Г. Полкунов д-р техн. наук

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ПРОСЛОЙКАХ КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Статья посвящена разработке критериев развития магистральных трещин в породных прослойках циклическим способом разрушения.

Ключевые слова: *конический дисковый инструмент, разрушение.*

Математические модели контактного разрушения находят большое практическое приложение в описании механического разрушения крепких пород горными инструментами.

Рассмотрим циклический способ разрушения крепких горных пород коническими дисковыми инструментами.

Экспериментальные исследования установили, что процесс разрушения и нагрузки на коническом дисковом инструменте формируется из двух стадий – образование устойчивой трещины и неустойчивой, которая раскалывает крепкие породы магистральной трещиной, имеющей вид прямоугольной плоскости.

На рисунке 1 приведена схема воздействия конического дискового инструмента при формировании магистральной устойчивой и неустойчивой трещин.

Раскрытие берегов неустойчивой трещины от воздействия нормальных постоянных напряжений, приложенных к берегам устойчивой трещины, осуществлялось на основе метода разрывных смещений в объемной постановке для плоских трещин ортогональных плоскости Ox_2x_3 [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_{nx}^i &= G \sum_{j=1}^N [A11_{ij} D_{nxj} + A12_{ij} D_{nyj} + A13_{ij} D_{nzj}] \\ \sigma_{ny}^i &= G \sum_{j=1}^N [A21_{ij} D_{nxj} + A22_{ij} D_{nyj} + A23_{ij} D_{nzj}] \\ \sigma_{nz}^i &= G \sum_{j=1}^N [A31_{ij} D_{nxj} + A32_{ij} D_{nyj} + A33_{ij} D_{nzj}] \end{aligned}$$

где

$\sigma_{nx}^i, \sigma_{ny}^i, \sigma_{nz}^i$ - касательные и нормальные напряжения, заданные на границе $(i = 1, 2, \dots, N)$;

$D_{nxj}, D_{nyj}, D_{nzj}$ - компоненты разрыва смещений j -го граничного элемента в касательных и нормальном направлениях соответственно;

$A11, A12, \dots, A33$ - коэффициенты влияния;

$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ - модуль сдвига; E - модуль Юнга; ν - коэффициент Пуассона.

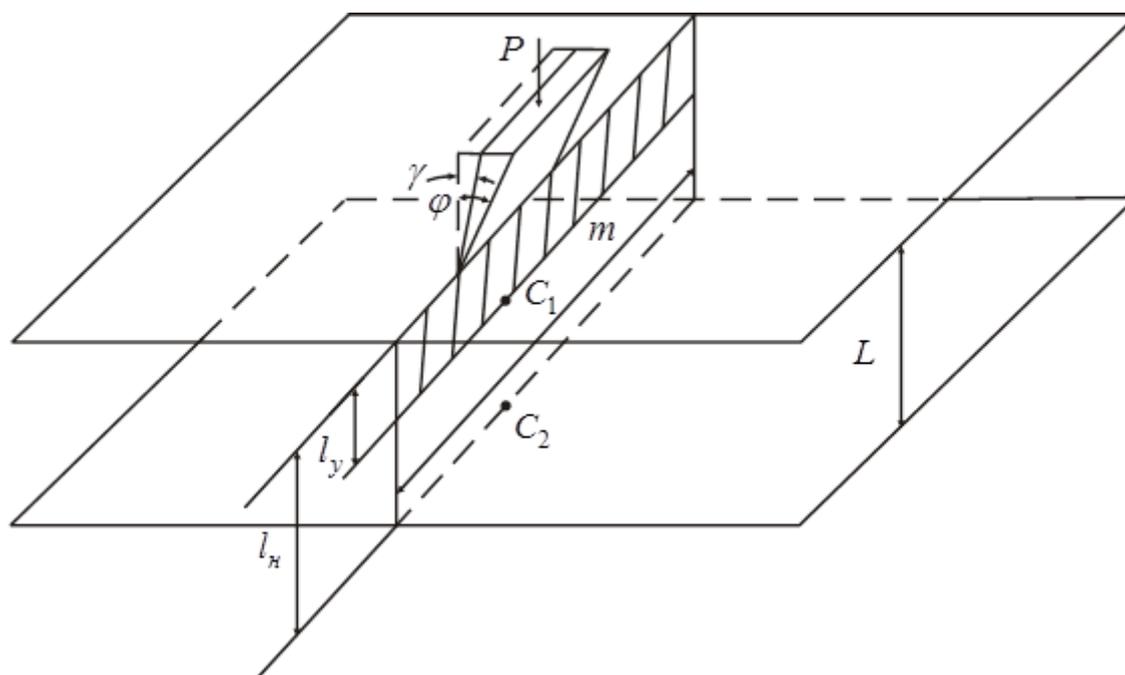


Рис. 1 – Схема взаимодействия конического дискового инструмента с упругим слоем
Вычисление коэффициента интенсивности напряжений первого типа осуществлялось по асимптотическому методу, учитывающему разрывы смещений [2].

Критерии развития прямоугольной магистральной трещины в упругом слое, нагруженном коническими дисковыми инструментами, состоят из двух частей:

- коэффициента интенсивности напряжений первого типа для устойчивой трещины [3]

$$K_I = A \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin \alpha} P_y \frac{\sqrt{\pi}}{S_y^{3/4}} k_L, \quad (1)$$

- коэффициента интенсивности напряжений первого типа для неустойчивой трещины в крепких хрупких породах

$$K_I = B \operatorname{ctg} \alpha \cdot P_n \sqrt{\pi} \frac{S_n^{1/4}}{S_y}, \quad (2)$$

где

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\cos \varphi \cdot \cos \gamma} \right], \text{ град.};$$

P_y , P_n - равнодействующая сила, действующая на ось конического дискового инструмента при устойчивом и неустойчивом развитии трещины соответственно, Н;

$S_y = m \cdot l_y$ - площадь устойчивой трещины, м²;

m , l_y - геометрические размеры устойчивой трещины, м;

$A = 0,5019205$ - постоянная величина;

φ - угол заострения инструмента ($20^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$), град.;

γ - задний угол ($0^\circ \leq \gamma \leq 12^\circ$), град.;

$\beta = 72,43758$ - постоянная величина, град.;

$S_n = m \cdot l_n$ - площадь неустойчивой трещины, м²;

m, l_n - геометрические размеры неустойчивой трещины, м;

$B = 0,159572488$ - постоянная величина;

K_I - коэффициент интенсивности напряжений первого типа, Н/м^{3/2};

$k_L = 1 - 0,784015 \cdot \exp(-D \cdot L)$;

L - высота упругого слоя, м;

$D = 11,8609$ - постоянная величина, м⁻¹.

Критерии развития устойчивых и неустойчивых магистральных трещин в упругом слое крепких хрупких породах установили зависимость площади неустойчивой трещины от площади устойчивой трещины, углов заострения конических дисковых инструментов и высоты упругого слоя в следующем виде

$$\left(\frac{S_n}{S_y} \right)^{1/4} = \frac{A \sin(\beta - \alpha)}{B \cos \beta} k_L \tag{3}$$

В таблицах 1 и 2 приведены зависимости длины устойчивой трещины, с которой образовывается магистральная трещина, от угла заострения конического дискового инструмента и высоты упругого слоя, равного величине неустойчивой магистральной трещины. Ширина трещины $m = 1$ м.

Таблица 1- Зависимость длины устойчивой трещины от угла заострения конического дискового инструмента и высоты упругого слоя, равного величине неустойчивой трещины

φ , град	γ , град	$L = l_n$, м	l_y , м
30	0	0,50	0,017953
		0,40	0,014638
		0,30	0,011692
		0,25	0,010499
		0,20	0,009649
		0,15	0,009423
		0,10	0,010642
35	0	0,50	0,021818
		0,40	0,017790
		0,30	0,014209
		0,25	0,012759
		0,20	0,011726
		0,15	0,011452
		0,10	0,012933

В таблице 3 приведены результаты расчетов для конического дискового инструмента с углами заострения $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 12^\circ$. Длина упругого слоя соответствовала величине неустойчивой трещины $L = l_n$, а ширина трещины $m = 1$ м. Критический коэффициент интенсивности напряжений $K_I = 120 \cdot 10^4$ Н/м^{3/2}. Вычисление устойчивой трещины осуществлялось по формуле (3), а расчет усилий на оси конического дискового инструмента P_y и P_n проводились соответственно по соотношениям (1) и (2).

Таблица 2 - Зависимость длины устойчивой трещины от угла заострения заострения конического дискового инструмента и высоты упругого слоя, равного величине неустойчивой трещины

φ , град	γ , град	$L = l_n$, м	l_y , м
40	0	0,50	0,027530
		0,40	0,22447
		0,30	0,017929
		0,25	0,016099
		0,20	0,0147969
		0,15	0,014456
		0,10	0,016319
45	12	0,50	0,025209
		0,40	0,020555
		0,30	0,016400
		0,25	0,014700
		0,20	0,013549
		0,15	0,013232
		0,10	0,014943

Таблица 3- Зависимость нагруженности конического дискового инструмента для устойчивой и неустойчивой трещин от высоты упругого слоя, равного величине неустойчивой трещины

$L = l_n$, м	l_y , м	P_y , кН	P_n , кН
0,50	0,025209424	78,42	78,42
0,40	0,020555148	67,61	67,61
0,30	0,01641841	58,03	58,03
0,25	0,014742677	52,53	54,53
0,20	0,013549585	52,99	52,99
0,15	0,013232485	55,61	55,61
0,10	0,014943605	69,51	69,51

Анализ результатов расчетов показал, что:

- с увеличением угла заострения конического дискового инструмента возрастает величина устойчивой трещины;

- существует масштабный эффект при формировании неустойчивой трещины.

Таким образом, разработанные критерии развития неустойчивых трещин позволяют прогнозировать процесс раскалывания породного прослойка коническим дисковым инструментом.

Список литературы

1. Полкунов Ю.Г., Лобода М.Ю. Математическое моделирование развития объемных трещин // Научно-технический вестник Поволжья.-2019.-№4.-С.26-29.
2. Линьков А.М. Комплексный метод граничных интегральных уравнений теории упругости / А.М.Линьков.-СПб.: Наука,1999.-382.
3. Нестеров В.И., Полкунов Ю.Г. Разрушение твердых включений трещинами нормального разрыва // Вестн. КузГТУ.-1998.-№6.-С.64-66.

05.13.18

Н.А. Федюшкин, Ю.С. Вечканова, Н.П. Плотникова канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»,
институт электроники и светотехники,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Саранск, fedyushkinna@gmail.com, yuliya_kolushova@mail.ru, linsierra.mail@gmail.com

**ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ
НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ
НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON**

В статье рассматривается применение дерева решений для классификации нормативно-справочной информации. Анализируются несколько методов определения схожести текста для корректировки показателя точности рассмотренного классификатора. Проводится сравнение этих методов и дается вывод об их эффективности.

Ключевые слова: *DecisionTreeClassifier*, классификация, схожесть, *SequenceMatcher*.

Расширение набора классов в нормативно-справочной информации (НСИ) часто осуществляется извлечением сущностей из неструктурированных или слабоструктурированных текстов, например прайс-листов товаров и т.д. Предпосылка классификации проста: дана категориальная целевая переменная, обучаются шаблоны, которые существуют между экземплярами, состоящими из независимых переменных, и их отношением к цели. Поскольку цель задана заранее, классификация называется контролируемым машинным обучением или машинным обучением с учителем. Как только классификационная модель подходит, она присваивает категориальные метки новым экземплярам на основе шаблонов, обнаруженных во время обучения [1].

Создание классификационной модели состоит из двух этапов. Первый — это создание и сбор предметно-ориентированного корпуса для построения моделей, второй этап — это составление аналитического решения для конкретной задачи приложения. В данной работе используется корпус нормативно-справочной информации, состоящий из 1373104 записей. В корпусе содержится 458986 уникальных наименований товаров, которые относятся к одному из 7268 классов. Фрагмент этого корпуса представлен на рисунке 1.

	id_mtr	name_mtr	id_class	name_class	head_class	least_class
0	0	Компрессор автомобильный Торнадо AC-580. 14 A...	0	Авто и мото - Компрессоры	Авто и мото	Компрессоры
1	1	Компрессор автомобильный AVS KS750D, двухцилин...	0	Авто и мото - Компрессоры	Авто и мото	Компрессоры
2	2	Компрессор автомобильный Airline X3. 40 л/мин...	0	Авто и мото - Компрессоры	Авто и мото	Компрессоры
3	3	Компрессор автомобильный Airline X5, двухпоршн...	0	Авто и мото - Компрессоры	Авто и мото	Компрессоры
4	4	Компрессор автомобильный Airline "Professional...	0	Авто и мото - Компрессоры	Авто и мото	Компрессоры
...
373100	1373099	Универсальное дезинфицирующее средство "Лайна"...	23524	Зоотовары - Товары для собак - Уборка за собак...	Зоотовары	Устранители запахов от собак
373101	1373100	Мыло дегтярное «Чистотел». 80 г 1146646	23524	Зоотовары - Товары для собак - Уборка за собак...	Зоотовары	Устранители запахов от собак
373102	1373101	Чистотел мыло ординарное "Луговые травы" 80 гр...	23524	Зоотовары - Товары для собак - Уборка за собак...	Зоотовары	Устранители запахов от собак
373103	1373102	Поглотитель запаха и пятен для владельцев соба...	23524	Зоотовары - Товары для собак - Уборка за собак...	Зоотовары	Устранители запахов от собак
373104	1373103	Поглотитель запаха и очиститель туалетов. клет...	23524	Зоотовары - Товары для собак - Уборка за собак...	Зоотовары	Устранители запахов от собак

1373104 rows x 6 columns

Рис. 1 – Корпус нормативно-справочной информации

Поля **id_mtr** и **id_class** содержат идентификационные номера конкретного товара и класса, к которому товар относится, соответственно. Поле **name_mtr** содержит наименование товара, поле **head_class** - название заглавного класса, **least_class** - наименование листового класса, **name_class** - полное наименование цепочки от заглавного класса к листовому. В данной статье используем для обучения только наименования листовых классов.

Существует большое разнообразие классификационных моделей и механизмов, которые сравнительно математически более разнообразны, чем линейные модели, в основном используемые для регрессии. В данной статье рассматривается метод классификации, который называется дерево решений. Деревья решений используются в повседневной жизни в самых разных областях человеческой деятельности, порой и очень далеких от машинного обучения. Деревом решений можно назвать наглядную инструкцию, что делать в какой ситуации [2].

Дерево решений как алгоритм машинного обучения – по сути то же самое: объединение логических правил вида "Значение признака a меньше x И Значение признака b меньше y ... => Класс 1" в структуру данных "Дерево". Огромное преимущество деревьев решений в том, что они легко интерпретируемы, понятны человеку.

Для анализа наших данных используется язык программирования Python, и библиотеки для машинного обучения и интеллектуального анализа текста: Scikit-learn, Gensim, Difflib, NLTK (Natural Language Toolkit).

С помощью встроенных методов данные считываются из таблицы, содержащей нормативно-справочную информацию. Так как изначально данные представлены в текстовом формате, для создания модели обучения необходимо их привести в цифровую форму. Для этого использовалась обученная на корпусе НСИ модель векторизации. Каждому слову с помощью модели Word2Vec ставился в соответствие вектор длиной 50 символов. Далее для целого наименования применялось обычное усреднение векторов всех слов предложения по каждой позиции и после этого кроме простого усреднения добавлялась метрика TF-IDF. Она учитывает частоту, с которой слово встречается в тексте, но в то же время уменьшает вес широко распространенных слов и увеличивает вес более редких. В результате чего каждый элемент вектора предложения является взвешенным средним соответствующих элементов векторов слов [3].

Следующим шагом было разделение данных на обучающую и тестовую выборки. Деление происходило в следующих пропорциях: 75% данных – на обучение модели, 25 % - на тест точности.

В качестве данных для обучения используется столбец наименований товаров, а в качестве ответов или целевого вектора – столбец наименования классов.

Собственно, далее применяется класс DecisionTreeClassifier в Scikit-learn для построения дерева решений и для обучения на нем данных.

Параметры дерева надо настраивать в зависимости от входных данных. Параметры класса sklearn.tree.DecisionTreeClassifier были выбраны стандартные. Зафиксировался только критерий разбиения дерева (criterion) и параметр random_state, который отвечает за генерацию случайных значений. Этот параметр фиксируется для того, чтобы воспроизводимые псевдослучайные величины имели одни и те же значения при каждом вызове.

В нашем примере максимальная глубина дерева (max_depth: int, default=None) не ограничивается, для того чтобы построить дерево с узлами, расширяющимся до тех пор, пока все листовые узлы не будут чистыми или пока они не будут содержать всего 1 элемент.

В качестве критерия разбиения дерева (criterion) на узлы была выбрана энтропия. Энтропия определяется для системы с N возможными состояниями следующим образом:

$$E = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i,$$

где p_i – вероятности нахождения системы в i -ом состоянии. Это очень важное понятие, используемое в физике, теории информации и других областях. Опуская предпосылки введения (комбинаторные и теоретико-информационные) этого понятия, отметим, что, интуитивно, энтропия соответствует степени хаоса в системе. Чем выше энтропия, тем менее упорядочена система и наоборот [4].

По результатам обучения модели построили дерево решений. Визуализировать дерево решений для такого большого объема данных не имеет смысла, так как это будет крайне неинформативно в связи с тем, что глубина и ширина получившегося дерева имеют большие значения.

Сравнивая предсказанные ответы с правильными целевыми значениями из тестового набора, определяем относительную точность модели.

В итоге оценка полученной модели метрикой ассигасу показала точность предсказания равную 55.51 %. Анализируя таблицу с результатами классификации и сравнивая их с исходным можно отметить, что классы модели отличаются от исходных классов, но при этом по смыслу — это были одни и те же классы. На рисунке 2 показан фрагмент таблицы с исходными и получившимися после применения дерева решений классами. В связи с этим возникла задача корректировки (повышения) точности модели.

	Name_mtr	After	Before
1029831	Серьги "Роскошь бирюзы" позолота, 338960 2146576	Серьги	Серьги из камня
1029837	Гарнитур 2 предмета: серьги, кольцо "Камбос", ...	Комплекты	Гарнитуры
1029838	Ветерок многолистник "Улыбайся!" 35см 2745916	Ветерки	Игры разные
1029843	Топпер "Сердце" набор 7 шт, цвет красный 396...	Сердечки на палочке	Топперы
1029844	Детская пластиковая подставка "Самый лучший" 2...	Детские подставки	Табуреты для ванной
...
1373096	Контур для ткани акрил 18мл 3ХК Decola 5403211...	Контур	Контур для ткани
1373097	Счетчик "Меркурий" 230 АМ-02, 3ф, 10-100 А, 1 ...	Аксессуары для монтажа	Счётчики электроэнергии
1373100	Свеча декоративная "Шишка с мышонком", микс, 6...	Фигурные свечи	Свечи
1373101	Набор ткани пэчворк «Любимая принцесса», 50 × ...	Ткани для пэчворка	Комплекующие для создания игрушек
1373103	Ключница "Песнь в Сибири" мини 18x23 см венге ...	Коврики и салфетки для стола	Закрытые

152708 rows × 3 columns

Рис. 2 – Сравнение исходных и получившихся классов

Поле **Name** содержат наименование конкретного товара. Поле **Before** содержит наименование исходного класса из первоначального корпуса нормативно-справочной информации, поле **After** – это результирующий класс, присвоенный товару после классификации деревом решений.

Как видно из таблицы некоторые классы из столбцов **Before** и **After** отличаются в одном или нескольких словах, а иногда и просто в окончании. Поэтому далее было решено провести сравнение этих двух столбцов и определить степень их схожести.

Для определения схожести двух строк были использованы метод SequenceMatcher библиотеки difflib в Python, коэффициент Жаккара и коэффициент Отиаи, который более известен, как косинусное расстояние [5] и метод, основанный на применяемой модели векторизации.

На основе вычисленных процентов схожести наименований классов были построены графики зависимости точности от этих значений (рисунок 3).

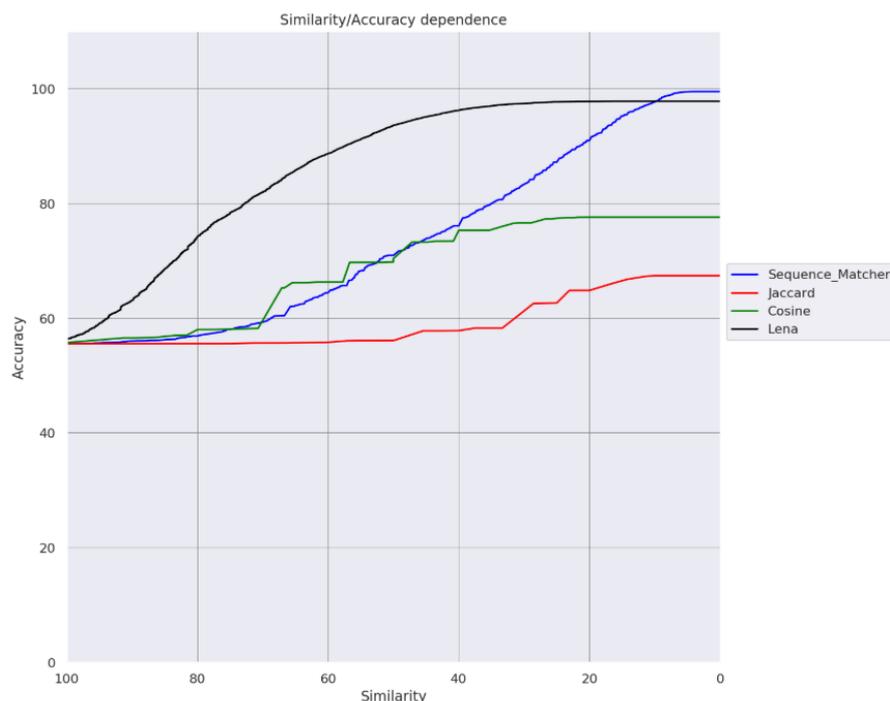


Рис.3 – Зависимость точности от схожести, вычисленной различными методами

По оси абсцисс откладывается процент схожести по убыванию, а по оси ординат - процент точности. Смысл состоит в определении какой процент схожести будем считаться достаточным, чтобы сказать, что исходный и результирующий классы эквивалентны по смыслу. То есть чем меньший процент схожести выбирается, тем точнее будет классификация. Отсчёт точности начинается с отметки 55.51 %, так как это то значение, которое получилось после применения классификации деревом решений. Из графиков видно, что наилучший результат достигается методом, основанным на модели, обученной на корпусе слов НСИ [6,7]. Далее из полученной таблицы для сравнения классов с добавленными к ней результатами вычисления схожести двух строк наименований классов случайно было выбрано 100 элементов и каждому наименованию экспертом присвоено одно из двух значений: 0 - классы не эквивалентны, 1 - классы эквивалентны. На основе этого был построен график для схожести методом, основанном на обученной на исходном корпусе модели, представленный на рисунке 4.

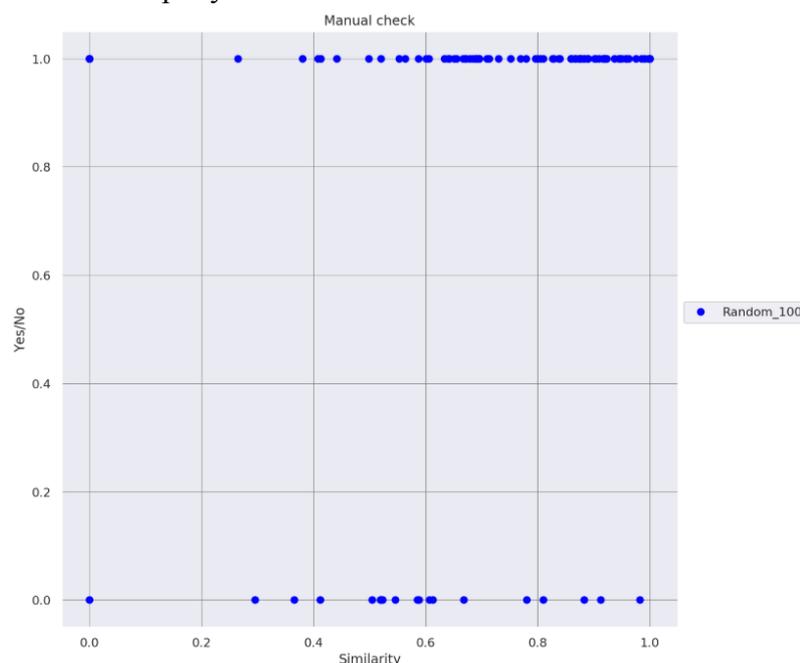


Рис. 4 – Схожесть с экспертными метками

Из графика видно, что основные скопления меток со значением 1 соответствуют проценту схожести от 0.6 до 1.

Исходя из этого можно сделать вывод, что, если Similarity > 60%, то исходный и результирующий класс эквивалентны по смыслу. В таком случае из графика зависимости точности и схожести делаем вывод, что результирующая точность классификации с помощью дерева решений $\approx 90\%$.

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 высокотехнологического производства".

Список литературы

1. Benjamin Bengfort, Rebecca Bilbro, Tony Ojeda. Applied Text Analysis with Python // ISBN: 978-1-491-96304-3, O'Reilly Media, Inc., 2018, 478 pages
2. Федюшкин Н.А., Федосин С.А., Краткий обзор методов и моделей интеллектуального анализа текста // Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции - № 4 - г. Омск - 2017 - С. 10-12
3. Федюшкин Н.А., Федосин С.А., О выборе методов векторизации текстовой информации // Научно-технический вестник Поволжья — № 6 — г. Казань — 2019 — С. 129-134
4. Открытый курс машинного обучения. Тема 3. Классификация, деревья решений и метод ближайших соседей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/322534/> - Загл. с экрана, свободный
5. Text Similarities : Estimate the degree of similarity between two texts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/@adriensieg/text-similarities-da019229c894-> Загл. с экрана, свободный, Яз. англ.
6. Julia Silge, David Robinson, Text Mining with R. A Tidy Approach // ISBN: 978-1-491-98165-8, O'Reilly Media, Inc., 2017, 193 pages
7. Word2vec в картинках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/446530/> - Загл. с экрана, свободный

05.13.18

П.С. Чуринов канд. техн. наук, А.Н. Федосова канд. техн. наук, В.Ю. Помелов

Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
кафедра физики и строительной аэродинамики,
Москва, ChurinPS@mgsu.ru

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе рассматривается один из наиболее эффективных способов повышения устойчивости пролетного строения мостовой конструкции в ветровом потоке - аэродинамическое гашение колебаний. Приведены результаты исследований влияния различных конструкций обтекателей и дефлекторов на устойчивость большепролетного однобалочного металлического моста.

Ключевые слова: *мостовые конструкции, аэродинамическая устойчивость, гашение колебаний, резонансное вихревое возбуждение.*

Аэродинамическая устойчивость мостовых конструкций является одним из наиболее сложных и наукоемких разделов архитектурно-строительной аэродинамики [1-3]. Возникновение явлений аэродинамической неустойчивости именно на протяженных пролетах вантовых, подвесных, и даже балочных мостов ставит перед специалистами ряд важных инженерных задач. Исследование этих явлений и разработка решений по компенсации их последствий является неотъемлемой частью любого проекта в соответствии с требованиями нормативных документов.

Существует несколько основных способов динамической стабилизации конструкции в ветровом потоке: аэродинамическое; динамическое; конструктивное.

Динамический способ предполагает использование механических гасителей колебаний (массовых, гидравлических демпфирующих систем). Основное преимущество данного способа – сохранение архитектурной концепции проектируемого объекта. Основным недостатком – высокие затраты на эксплуатацию демпфирующей системы, необходимость постоянного контроля за ее состоянием [4].

Конструктивный способ, фактически, предлагает нам изменение расчетной схемы мостовой конструкции (устройство дополнительных опор, оттяжек и др.).

Аэродинамическое гашение колебаний – использование аэродинамических дефлекторов, обтекателей, перфорация ограждений, сквозных каналов и т.д [5-6]. Стабилизация достигается за счет изменения характера обтекания конструкции ветровым потоком. Основным преимуществом данного метода является его экономичность, кроме того в расчетную схему самой конструкции вносятся минимальные изменения.

Корректировка параметров строительных конструкций с точки зрения обеспечения аэродинамической устойчивости в ветровом потоке выполняется на основании анализа результатов расчетно-экспериментальных исследований ветровых воздействий на динамически подобных моделях. При этом необходимо отметить, что значительную роль здесь играет этап предварительного численного моделирования, позволяющий оценить влияние той или иной формы дефлектора на обтекание конструкции ветровым потоком. В ходе испытаний фиксируется факт возникновения того или иного явления аэродинамической неустойчивости, а также соответствующие значения скорости ветрового потока и амплитуды колебаний конструкции.

В настоящее время нормативные документы регламентируют два основных параметра, характеризующих допустимые колебания конструкции: скорость возникновения явления аэроупругой неустойчивости должна превышать максимальную скорость ветра для площадки строительства; максимальное значение амплитуды колебаний конструкции не

должно превышать допустимое значение упругого прогиба (определяемого согласно действующим нормативным документам).

Рассмотрим результаты оптимизации формы пролетного строения на примере балочного неразрезного металлического пролетного строения через р. Москву с типовым поперечным сечением (рис. 1).

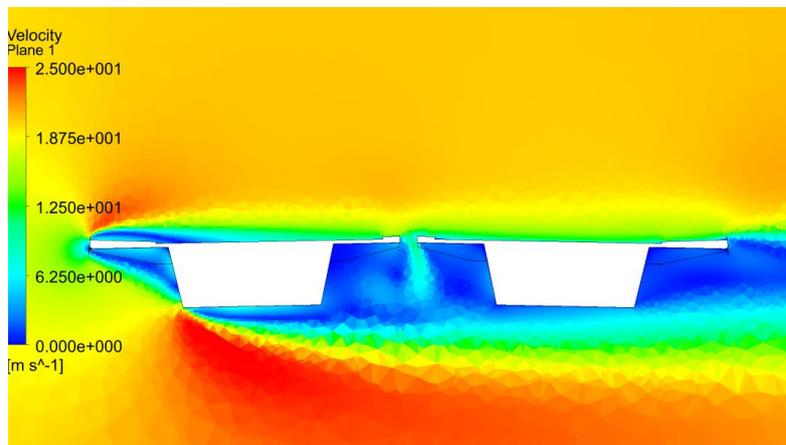


Рис. 1 – Предварительное численное моделирование обтекания исследуемого объекта ветровым потоком

Испытания исходной модели пролетного строения выявили возникновение эффекта вихревого резонанса для изгибных колебаний на скоростях ветрового потока от 9 до 14 м/с для углов атаки $+3^\circ$ и 0° , с увеличением амплитуды колебаний до 95 мм, и на скоростях от 19 до 22 м/с для угла атаки -3° , с увеличением амплитуды колебаний до 73,5 мм.

Несмотря на сравнительно низкую амплитуду колебаний пролетного строения, эффект вихревого резонанса для изгибных колебаний возникает на скоростях ветрового потока с достаточно частой повторяемостью. При проведении дополнительных экспериментальных исследований аэродинамической устойчивости рассматривались следующие схемы расположения конструкций, позволяющих снизить амплитуду колебаний пролетного строения:

- 1) Без установленного дефлектора (рис. 2) и обтекателя (рис. 3) типа «клюв»;
- 2) С установленным дефлектором, без установленного обтекателя;
- 3) С установленными дефлектором и обтекателем;

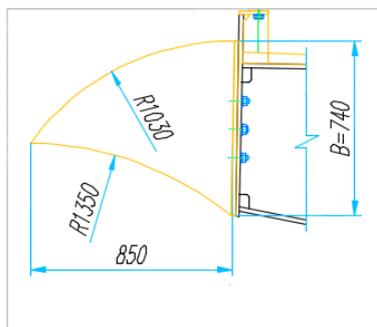


Рис. 2 – Габаритные размеры обтекателя типа «клюв»

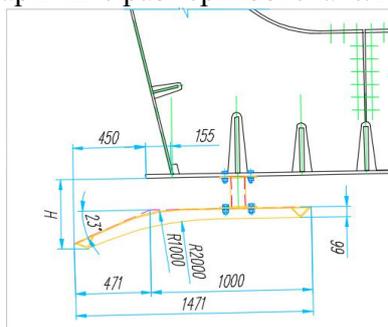


Рис. 3 – Габаритные размеры дефлектора

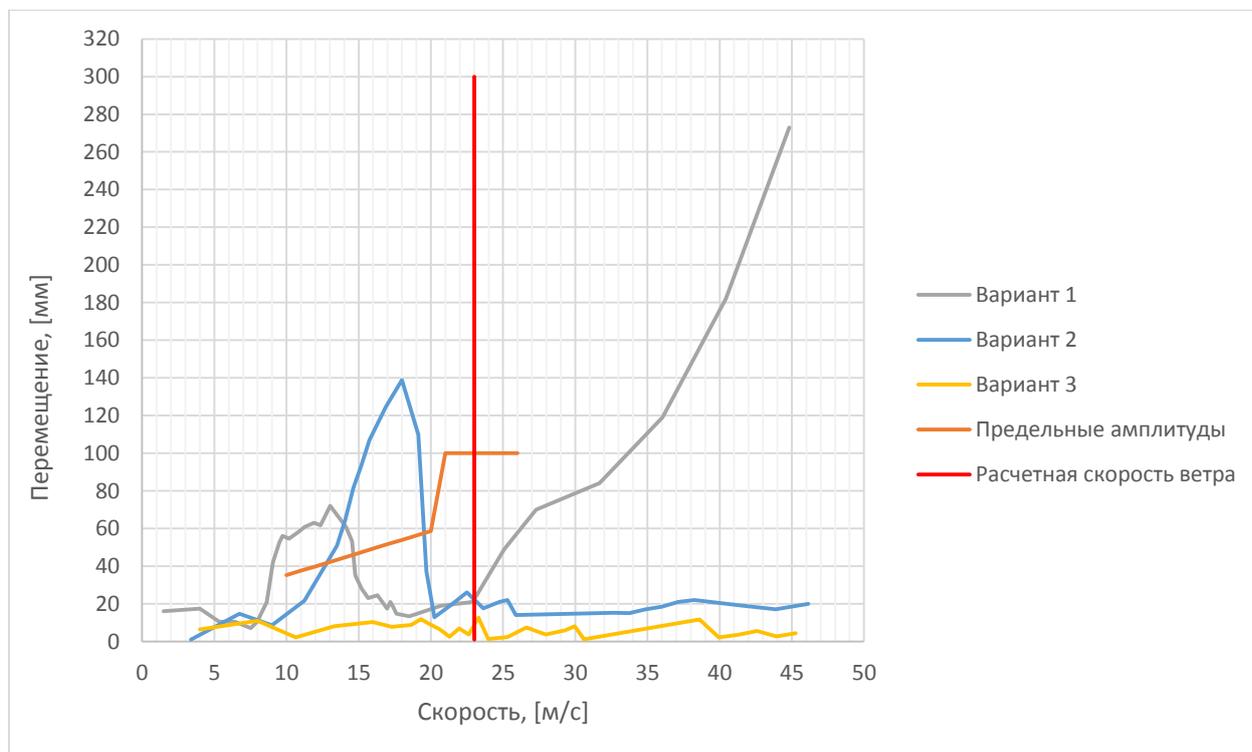


Рис. 4 – Результаты экспериментальных исследований

На основании результатов расчетно-экспериментальных исследований установлено, что с целью повышения устойчивости конструкции рекомендуется использование схемы с установленными дефлектором и обтекателем типа «клюв».

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых в рамках научных исследований МК-1403.2020.8, а также при поддержке Министерства науки и высшего образования (проект Теоретико-экспериментальное конструирование новых композитных материалов для обеспечения безопасности при эксплуатации зданий и сооружений в условиях техногенных и биогенных угроз # FSWG-2020-0007)

Список литературы

1. Казакевич М.И. Ветровая безопасность конструкций. Теория и практика. – 2015.
2. Poddaeva O.I., Ageev N.D., Fedosova A.N. Investigation of the influence of various factors on the results of a calculation-experimental assessment of frequencies and amplitudes during vortex excitation of bending vibrations of building structures //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – Т. 1425. – №. 1. – С. 012135.
3. Наумова Г.А., Пономаренко С.А., Борисанова Я.А. Оценка экономической эффективности устройства гидродинамического гасителя для предотвращения колебаний на Волгоградском мосту //Современные железные дороги: достижения, проблемы, образование. – 2012. – С. 37-42.
4. Гузев, А.С., Соловьев, С.Ю., Соколов, В.В., & Новиков, А.Н. Устройство для уменьшения колебаний мостовой конструкции, вызванных ветром. – 2018.
5. Саленко С.Д., Обуховский А.Д., Телкова Ю.В. Пассивные гасители аэроупругих колебаний пролетного строения моста на стадии монтажа //Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2011. – №. 2. – С. 4-4.
6. Nagao F. et al. Aerodynamic efficiency of triangular fairing on box girder bridge //Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1993. – Т. 49. – №. 1-3. – С. 565-574.

05.13.18

**А.Г. Шляхова канд. техн. наук, А.Т. Шляхов канд. физ.-мат. наук,
О.А. Шпилова канд. техн. наук**

Альметьевский государственный нефтяной институт,
кафедра нефтегазового оборудования и технологии машиностроения,
Альметьевск, 9274573382@mail.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕХАНИКЕ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ EXCEL**

В данной работе рассмотрены физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Получены и проанализированы зависимости физических величин от времени. Построены графики этих функций, что способствует более полному пониманию решаемой задачи.

Ключевые слова: *физические законы, дифференциальные уравнения, метод Лагранжа, неберущийся интеграл, ряд Маклорена, программа Excel.*

С введением новых стандартов ФГОС ВПО, кроме фундаментального обучения, необходимо развивать навыки экспериментально-исследовательской деятельности. Поэтому даже по дисциплине «Математика», «Теоретическая механика» вводится лабораторный практикум, сочетающий знания математики, физики и информатики [1-6], что способствует усилению прикладной направленности обучения. Многие физические законы имеют вид дифференциальных уравнений. Вывод этих уравнений основан на знании законов изучаемых явлений. Задача интегрирования этих уравнений - важнейшая задача математики. Использование компьютерных прикладных программ, в частности, Microsoft Excel позволяет автоматизировать расчеты и строить качественные графики функций искомых физических величин [7].

Задача: Материальная точка массой $m=1$ г движется прямолинейно. На нее действует сила $F=k/t$ в направлении движения, обратно пропорциональная времени ($k = 6 \cdot 10^{-5}$ кг*м/с), и сила сопротивления среды $F_c=k_1v$, пропорциональная скорости ($k_1=3 \cdot 10^{-3}$ кг/с). Найти зависимость скорости движения точки от времени, если ее начальная скорость $v(0)=0$.

Решение задачи основано на втором законе Ньютона: $ma=F-F_c$.

$\frac{dv}{dt} + \frac{k_1v}{m} = \frac{k}{mt}$ (1) Решим уравнение (1) методом Лагранжа. Сначала найдем общее решение однородного уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} + \frac{k_1v}{m} &= 0 & \frac{dv}{dt} &= -\frac{k_1v}{m} & \frac{dv}{v} &= -\frac{k_1dt}{m} \\ \ln|v| &= \frac{k_1t}{m} + \ln|C| & \ln\left|\frac{v}{C}\right| &= -\frac{k_1t}{m} & v &= C * e^{-\frac{k_1t}{m}} \end{aligned}$$

Общее решение неоднородного заданного уравнения ищем в виде:

$$v = C(t)e^{-\frac{k_1t}{m}}$$

Находим: $v' = C'(t)e^{-\frac{k_1t}{m}} - C(t)\frac{k_1}{m}e^{-\frac{k_1t}{m}}$

Подставим v и v' в (1) и после преобразований имеем: $C'(t) = e^{\frac{k_1t}{m}} * \frac{k}{mt}$

$C(t) = \frac{k}{m} \int \frac{1}{t} e^{\frac{k_1t}{m}} dt$ неберущийся интеграл

Пусть $p = \frac{k_1}{m}$ Разложим экспоненту $\exp(p t)$ в ряд Маклорена

$$e^{pt} = 1 + p * t + \frac{(p*t)^2}{2!} + \frac{(p*t)^3}{3!} + \frac{(p*t)^4}{4!} + \frac{(p*t)^5}{5!} + \frac{e^{pt}}{t} = \frac{1}{t} + p + \frac{p^2*t}{2!} + \frac{p^3*t^2}{3!} + \frac{p^4*t^3}{4!} + C(t) =$$

$$\frac{k}{m} \left(\ln|t| + pt + \frac{1}{2} \frac{p^2}{2!} t^2 + \frac{1}{3} \frac{p^3}{3!} t^3 + \frac{1}{4} \frac{p^4}{4!} t^4 + \dots + C_1 \right)$$

и находим

$$v = \frac{k}{m} \left(\ln|t| + \frac{k_1}{m}t + \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^2}{2!}t^2 + \frac{1}{3} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^3}{3!}t^3 + \dots + C_1 \right) * e^{-\frac{k_1}{m}t}$$

Из начального условия находим $C_1: v(0) = 0 = \ln|t| + C_1$, $C_1 = -\ln|t|$

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения:

$$v = \frac{k}{m} \left(\frac{k_1}{m}t + \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^2}{2!}t^2 + \frac{1}{3} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^3}{3!}t^3 + \dots \right) * e^{-\frac{k_1}{m}t}$$

Чем больше членов ряда мы рассматриваем - тем лучше будет точность. Для достижения точности $\varepsilon = 0,01$ (1%) для времен до $t=0,5$ с достаточно ограничиться первыми пятью членами ряда. Для больших времен необходимо учитывать больше членов ряда вплоть до двадцатого. Использование компьютерных прикладных программ, в частности, Microsoft Excel позволяет автоматизировать расчеты и строить качественные графики искомых физических величин.

На рис.1 представлена зависимость $v=v(t)$ при $v(0)=0$ для различной силы трения при $k_1 = 3 \cdot 10^{-3}$ кг/с (1) и $k_1 = 3 \cdot 10^{-4}$ кг/с (2)

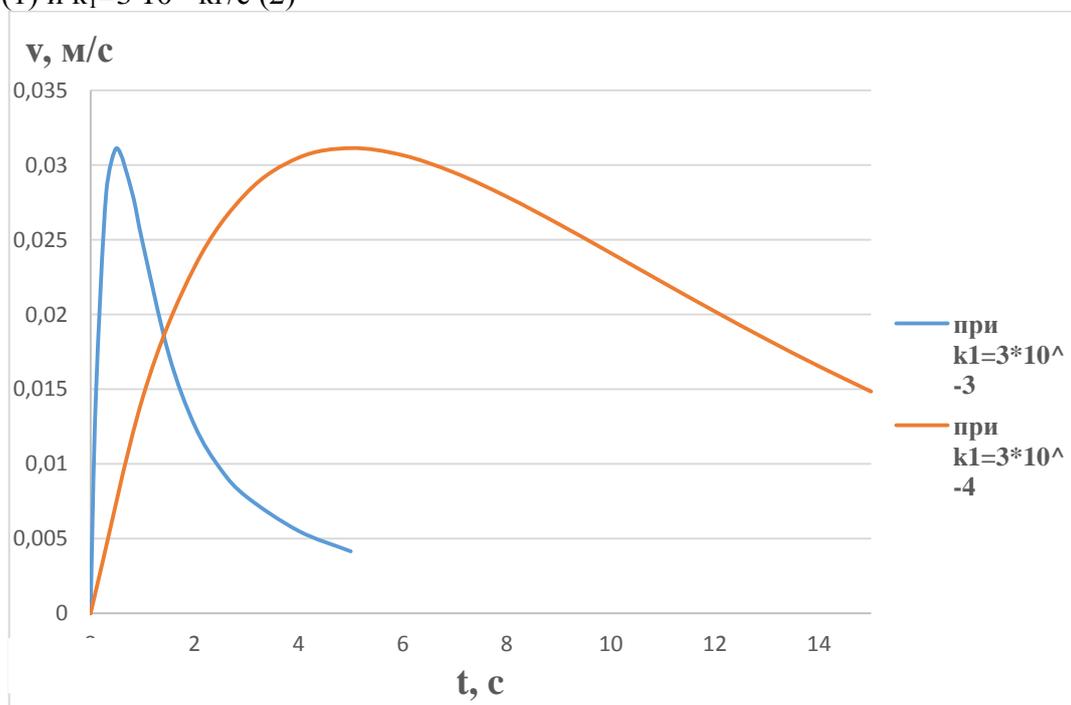


Рис. 1 – Зависимость $v=v(t)$ при $v(0)=0$ для различной силы трения.

Проведем анализ общего выражения скорости. На начальной стадии движения внешняя сила равна $F = \frac{k}{t}$, несмотря на ее уменьшение, преобладает над силой трения, поэтому скорость растет. Далее, наоборот, доминирует сила трения тело тормозится и скорость уменьшается. Следовательно, наблюдается v_{\max} при $t = 0,5$ с. В подтверждении приводим зависимости F , F_c и F_r от времени (рис.2).

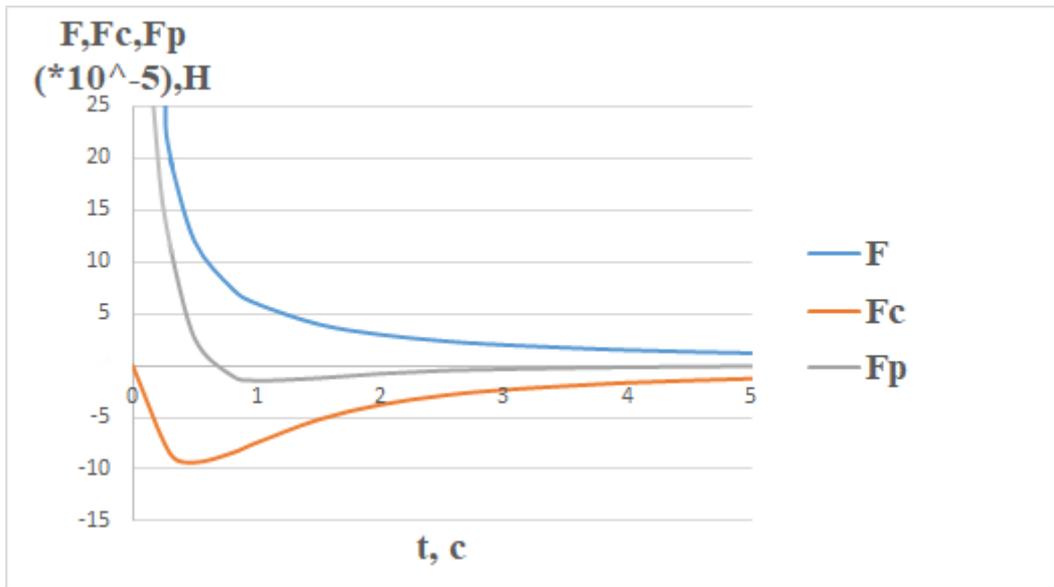


Рис. 2 – Зависимость F(t), Fc(t), Fp(t) от времени

С течением времени t экспоненциальный множитель приближается к нулю быстрее, чем рост ряда Маклорена, поэтому $v \rightarrow 0$. Применяя правило Лопиталья убеждаемся, что $\lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = 0$. Определим экстремум скорости.

$$v_t = -\frac{k_1 * k}{m^2} \left(\frac{k_1}{m} t + \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^2}{2!} t^2 + \frac{1}{3} * \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^3}{3!} t^3 + \dots \right) * e^{-\frac{k_1}{m} t} + \frac{k}{m} e^{-\frac{k_1}{m} t} \left(\frac{k_1}{m} + \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^2}{2!} t + \frac{\left(\frac{k_1}{m}\right)^3}{3!} t^2 + \dots \right)$$

Из условия $\dot{v}_t = 0$ и подстановки констант k, k_1, m (1) получим для времени кубическое уравнение:

$$t^3 + 0,5 * t^2 + t - \frac{2}{3} = 0$$

Уравнение имеет один действительный корень $t \approx 0.5$ с. Используя стандартную методику для нахождения экстремума: находим максимум скорости $v(0,5) = 3,1 * 10^{-2}$ м/с, что совпадает с полученной зависимостью.

Заключение. При решении физических задач реализованы фундаментальные и практические знания по темам «Теоретическая механика», «Дифференцирование и интегрирование функций», «Информатика». Вначале задача должна решаться аналитическим способом с выводом всех формул, определяющих искомые величины. Затем необходимо уметь анализировать результаты исследований и для их полного понимания необходимо уметь строить графики функций с помощью прикладных математических программ. Компьютерная графика используется как новое средство для визуализации результатов исследований. Графический способ отображения информации стимулирует изучение компьютерных программ, в частности, программ Word, Excel и Power Point. Современный инженер, кроме фундаментальных знаний, должен уметь анализировать результаты исследований [8-10] и для их полного понимания необходимо уметь строить графики функций с помощью прикладных математических программ.

Список литературы

1. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Гайнулова Л.А.* Математическое моделирование движения в центрально-симметрическом поле. // *Научно-технический вестник Поволжья.* - 2019.-№1-С.21-25.
2. *Шляхов А.Т., Шляхова А.Г.* Математическое моделирование в механике. // *Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института – 2019. – т.18. – С.233-239.*
3. *Шляхов А.Т., Шляхова А.Г., Рахматуллин М.Х.* Физические задачи из динамики, приводящие к дифференциальным уравнениям. // *Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института – 2010. – т.8. – С.310-318.*
4. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Шипилова О.А., Филимонова М.Ю.* Математическое моделирование задач с применением дифференциальных уравнений. // *Научно-технический вестник Поволжья.* - 2019.-№9-С.114-118.
5. *Калугин К.С.* Построение графиков функций в решении задач по общей физике с помощью программы Excel (на примере домашнего задания по теме «Электромагнитная индукция») // *«Молодой ученый»-2018-№12(198)-С.18-22.*
6. *Заблоцкий В.Р.* Решение задач домашнего задания по физике на затухающие механические колебания с помощью программы Excel.//*Труды восьмой Всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике» 27 29 января -2015-М.:МГТУ им Н. Э. Баумана - 2015-С.140-143.*
7. *Уокенбах Д.* Microsoft Excel. Библия пользователя. М.: ООО «И.Д.Вильямс»- 2014- 912с.
8. *Шляхова А.Г., Дивин Н.П., Шляхов А.Т.* Быстродействующий дифференциальный микрокалориметр. // *Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института – 2005. – т.3. – С.225-235.*
9. *Шляхов А.Т., Шляхова А.Г.* Термический анализ веществ: история разработок авторских изобретений. // *Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института – 2015. – т.14. – С.292-311.*
10. Патент на изобретение №2561335 (RU) Способ определения содержания металлических микровключений в полупроводниковых материалах // *Шляхов А.Т., Шляхова А.Г.* Приоритет: 24.03.14. Опубликовано: 27.08.15. Бюл.№24.

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

05.13.19

Н.Н. Симченко канд. педагог. наук, Е.В. Бурькова канд. педагог. наук

Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра геометрии и компьютерных наук,
кафедра вычислительной техники и защиты информации,
Оренбург, natalia_sim66@mail.ru, evb99@yandex.ru

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ВАРИАТИВНОЙ ЧАСТИ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**

В работе представлена функциональная модель выбора структуры системы защиты информации в автоматизированной системе для формирования содержания вариативной части образовательных программ подготовки IT-специалистов. Разработанная модель позволит спланировать процесс проектирования системы защиты, разработать перечень требований для обеспечения заданного уровня безопасности, осуществить обоснование и выбор методов и средств защиты.

Ключевые слова: *автоматизированная система, угрозы безопасности, несанкционированный доступ, межсетевое экранирование, криптографическая защита, интеллектуальные методы, вариативная часть основной образовательной программы (ООП).*

К качеству подготовки специалистов в области информационных технологий в настоящий момент предъявляются высокие требования. Содержание образовательных программ должно максимально отражать требования рынка труда, потребности субъектов образовательного процесса, обеспечивать высокий уровень квалификации выпускников и по максимуму соответствовать требованиям профессиональной сферы.

Для решения данной задачи разработана автоматизированная система оптимизации содержания вариативной части образовательных программ (АС «ОСВЧОП»). Назначение автоматизированной системы – создание инструмента для автоматизированного формирования содержания образовательных программ с использованием интеллектуальных методов [1].

Информационная система представляет собой совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств [2]. На всех этапах жизненного цикла информация подвергается различного рода воздействиям, в результате которых могут быть нарушены ее защищаемые свойства такие, как конфиденциальность, целостность, доступность, что может привести к уничтожению, утечке, блокированию данных и в конечном итоге привести к ущербу для всей организации. При анализе и проектировании системы защиты ИС необходимо рассматривать все виды источников угроз: антропогенные, техногенные, стихийные.

Разработанная автоматизированная система интегрируется в информационную среду университета, в связи с этим для решения вопросов защиты информации необходимо рассматривать эксплуатацию такой системы в комплексном взаимодействии всех компонентов интегрированной информационной среды университета. Структура информационной среды университета приведена на рисунке 1. АС «ОСВЧОП» относится к подсистеме «Организация учебного процесса».

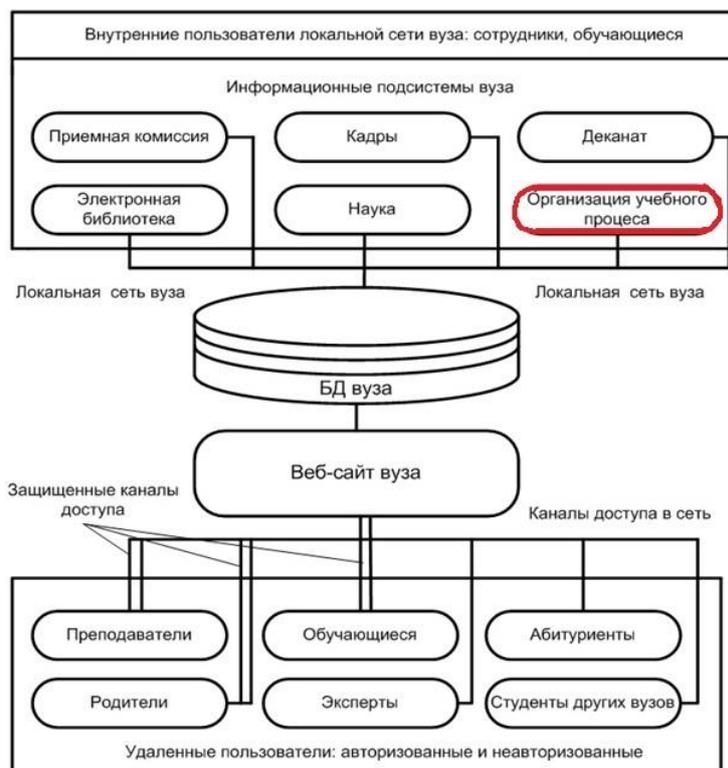


Рис. 1 – Структура информационной среды университета

Функциональная составляющая АС представляется в виде иерархии функций, отражающей перечень задач, разбитых далее на более мелкие составляющие (функции). Разработка иерархии функций АС требует знаний о технологиях реализации компонентов автоматизированной системы. Поскольку АС разрабатывается на основе данных из учебных планов, то обязательными задачами являются «Авторизация пользователя» и «Ввод данных о направлении подготовки». Ведение данных подразумевает функции по их добавлению, обновлению, поиску и просмотру. Главные узлы иерархии функций АС – это задачи системы. Иерархия функций АС «ОСВЧОП» приведена на рисунке 2.

Авторизация пользователя			
АС	Ввод данных о направлении подготовки	Название специальности, форма обучения и квалификация выпускника	Загрузка
	Загрузка данных из БДКД	Связи между дисциплинами и компетенциями	Понск/Просмотр
			Загрузка
	Формирование ВЧОП	Упорядоченный список дисциплин	Понск/Просмотр
Построение/Просмотр Печать			
			Φ1
			Φ2
			Φ3
			Φ4

Рис. 2 – Иерархия функций АС «ОСВЧОП»

В результате анализа информационной структуры университета с точки зрения безопасности данных, можно сделать вывод о том, что наиболее уязвимыми являются процессы сетевого взаимодействия. Статистика инцидентов информационной безопасности подтверждает, что на долю сетевых ресурсов приходится около 40 % всех нарушений.

В работе [3] были определены основные угрозы безопасности информации: перехват аутентифицирующей информации; несанкционированный доступ к сервисам вуза, получение доступа во внутренние информационные подсистемы, получение доступа и возможности

модификации учебных документов, получение доступа к научным исследованиям и интеллектуальной собственности, нарушение доступности веб-сайта. Для реализации названных выше угроз нарушитель может использовать следующие уязвимости: уязвимости каналов передачи данных, слабые пароли, непрофессиональное конфигурирование сети, вредоносное программное обеспечение, уязвимости средств и мер защиты.

В соответствии с актуальными угрозами необходимо проектировать систему защиты информационной системы [4]. Структура системы защиты должна включать следующие подсистемы:

- подсистема управления доступом, обеспечивающая организацию режима безопасности помещений, управление доступом к информационным ресурсам, к внешним носителям информации;
- подсистема регистрации событий безопасности, обеспечивающая сохранность носителей данных, регистрацию и сбор событий безопасности, реагирование на события безопасности;
- подсистема обеспечения целостности, осуществляющая контроль состава и обеспечение неизменности программной среды, серверов, контроль состава технических средств обработки информации в информационной системе, обеспечение возможности восстановления информации и программного обеспечения АС «ОСВЧОП»;
- подсистема антивирусной защиты;
- подсистема защиты межсетевое взаимодействия, обеспечивающая межсетевое экранирование сегментов сети передачи данных, криптографическую защиту данных при передаче.

Система защиты автоматизированной системы должна быть гибкой и адаптируемой к изменяющимся условиям. Поэтому важно правильно определить состав системы защиты, исходя из таких факторов:

- перечень актуальных угроз безопасности;
- перечень опасных нарушителей;
- перечень требований к системе защиты.

Для решения задачи выбора структуры системы защиты информации была разработана функциональная модель в нотации IDEF0, представленная на рисунке 2.

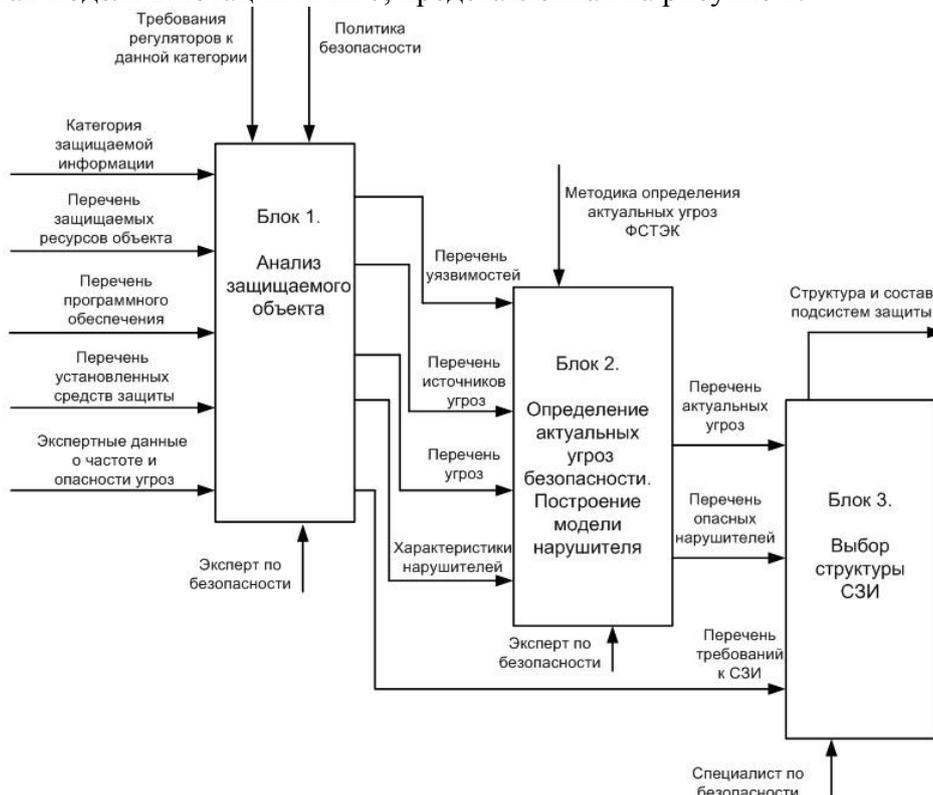


Рис. 3 – Функциональная модель выбора структуры СЗИ

Выбор структуры системы защиты осуществляется специалистом по безопасности, который на основании всех требований и критериев, а также результатов выполнения, необходимых этапов определяет структуру системы защиты, то есть набор мер и средств, направленных на организацию защиты информационных ресурсов. Разработанная функциональная модель выбора структуры системы защиты информации АС «ОСВЧОП» позволит спланировать процесс проектирования системы защиты, разработать перечень требований для обеспечения заданного уровня безопасности, осуществить обоснование и выбор методов и средств защиты.

Список литературы

1. *Симченко, Н.Н.* Формирование содержания вариативной части профессиональных образовательных программ с использованием интеллектуальных методов / Н.Н. Симченко // *Научно-технический вестник Поволжья*, 2019. – № 5. – С. 132-134.
2. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный Закон от 26.07.07 № 149-ФЗ // *Собрание законодательства Российской Федерации*. – 2005. – 609 с.
3. *Бурькова, Е.В.* Система защиты персональных данных в высшем учебном заведении / Е.В. Бурькова // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2017. – № 7. – С. 69–74.
4. *Бурькова, Е.В.* Метод автоматизированной оценки актуальности угроз безопасности информационных систем / Е.В. Бурькова // *Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов IX Всерос. конф. с междунар. участием*. Оренбург : ОГУ, 2019. - С. 144-149.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTSД.А. Андриков
МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКА
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТИ СОСТОЯНИЙ

Ключевые слова: транспортное средство, устойчивость, матричный подход, странный аттрактор.

В работе описывается как связана блокировка одной или двух пар. Для описания вначале предлагается усовершенствовать программу принятия решений, а именно метод анализа структур. Далее для обработки временных рядов при движении транспортного средства используются странные аттракторы, что дает сформировать управляющее воздействие, которое будет являться эффективно оптимальным решением.

В.В. Афанасьев, С.С. Логинов
ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ
СТАБИЛИЗИРУЕМЫХ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНЫХ
СИСТЕМ

Ключевые слова: дискретно-нелинейная система, диагностика, динамический хаос, осциллятор, стабилизация.

Рассмотрены особенности диагностики стабилизируемых дискретно-нелинейных динамических систем с регулярной и хаотической динамикой по порождаемым ими сигналам, на основе методов обобщенных представлений нелинейными осцилляторами, геометрических представлений и обобщенного спектрального анализа сигналов.

Г.Ф. Ахмедьянова
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ
ВУЗА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ

Ключевые слова: гибридная интеллектуальная система, виды преподавательской деятельности, экспертные системы, решатели интеллектуальных задач, нейронная сеть, метасистема.

Главным в образовательном процессе является обучающийся – человек, являющийся здесь, выражаясь языком системного анализа, слабоформализуемой и плохоструктурированной системой. С другой стороны, невозможно, с целью получения объективности, многократно оценить педагогические средства в процессе их создания на одних и тех же людях, в одинаковых условиях, на одном и том же материале дисциплины для получения репрезентативной статистики, если образовательный процесс один раз уже прошел. В этих условиях перспективно применение систем искусственного интеллекта. В связи с большим разнообразием видов преподавательской деятельности, обширным набором решаемых интеллектуальных задач и необходимостью подключения огромного накопленного преподавательского опыта, возникает необходимость гибкого переключения интеллектуальных технологий, то есть синтеза гибридной системы. Поэтому деятельность преподавателя необходимо разбить на области, для каждой из которых наилучшим образом подойдет та или иная технология искусственного интеллекта, а переключения осуществлять на основе метасистемного принципа.

Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин
МНОГОУРОВНЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ
СОСТОЯНИЕМ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: абстрактный объект управления, организационные воздействия, структурные воздействия, параметрические воздействия, многоуровневость управления, алгоритм управления.

Иерархия позволяет эффективно разделять области управления на направленные цели и сосредоточить ресурсы кумулятивно. В работе исследуется трехуровневая схема управления

D.A. Andrikov
MATRIX APPROACH FOR VEHICLE STABILITY
ESTIMATION FOR TIME SERIES PROCESSING AND
SURFACE STATE PREDICTION

Keywords: vehicle, stability, matrix approach, strange attractor.

This research work describes how the blocking of one or two pairs is related. To describe it, we first propose to improve the decision-making program, namely, the method of structure analysis. Further, strange attractors are used to process time series when the vehicle is moving, which makes it possible to form a control effect that will be effectively the optimal solution.

V.V. Afanasiev, S.S. Loginov
COMPLEMENTARY DIAGNOSTICS METHODS OF
STABILIZING DISCREET NONLINEAR SYSTEMS

Keywords: discreet nonlinear system, diagnostics, dynamic chaos, oscillator, stabilization.

The diagnostics peculiarity of stabilizing discreet nonlinear dynamic systems with regular and chaotic dynamics by system signals are investigated on the basis of methods of generalized oscillators representations, geometrical representations and generalized spectral analysis of signals.

G.F. Akhmedyanova
AUTOMATION OF A UNIVERSITY TEACHER'S
WORKPLACE BASED ON HYBRID
INTELLECTUALIZATION

Keywords: workstation, hybrid intelligent system, types of teaching activities, expert systems, information retrieval systems, intelligent problem solvers, neural network, metasystem.

The main thing in the educational process is the student - a person who, in the language of systems analysis, is a poorly formalized and poorly structured system. On the other hand, it is impossible, in order to obtain objectivity, to repeatedly evaluate pedagogical tools in the process of their creation on the same people, in the same conditions, on the same discipline material to obtain representative statistics, if the educational process has already passed. Under these conditions, the use of artificial intelligence systems is promising. In connection with a wide variety of types of teaching activities, a wide range of solved intellectual problems and the need to connect a huge accumulated teaching experience, there is a need for flexible switching of intelligent technologies, that is, the synthesis of a hybrid system. Therefore, the teacher's activity must be divided into areas, for each of which one or another artificial intelligence technology is best suited, and the switching should be carried out on the basis of the metasystem principle.

G.F. Akhmedyanova, A.M. Pishchukhin
MULTI-LEVEL CONTROL TECHNICAL SYSTEM STATE

Keywords: abstract control object, organizational influences, structural influences, parametric influences, multilevel control, control algorithm.

The hierarchy allows you to effectively divide management areas into targeted goals and focus resources cumulatively. The paper investigates a three-level control scheme for the state of a technical system. At the first level, management is focused on the technical devices that make up the system and

состоянием технической системы. На первом уровне управление сосредоточено на технических устройствах составляющих систему и реализующих основную ее функцию, для которой она создана. На втором уровне контролируется работоспособность составляющих на основе оценки готовности выполнять их частные функции. При этом оценка осуществляется упрощенно - на уровне исправна/неисправна. И только на третьем уровне управление имеет целью изменение или удержание технического состояния системы. Третий уровень освобожден от необходимости дублировать функции управления нижних уровней, поэтому его воздействия сводятся к заданию для них уставок, изменению структуры, если необходимо, и обеспечению благоприятных, для надежного функционирования, условий. Эти воздействия разделены на три класса: параметрические, структурные, организационные.

К.З. Билятдинов

МОДЕЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ключевые слова: качество, модель, оценка, сопровождение, техническая система, источники информации, эффективность. Модель представлена в виде схемы описания рабочих процессов сопровождения технических систем во взаимосвязи с типами управленческих решений, принимаемых на основе оценки качества систем в процессе эксплуатации. При этом рассмотрены источники информации и учитываются виды обрабатываемой информации.

К.З. Билятдинов

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ключевые слова: методика, техническая система, неисправность, оценка, устойчивость, ресурсы, критерий. В методике реализован подход к оценке устойчивости технической системы на основе использования формулы расчета критерия эффективности сложной системы при разделении элементов системы на три функциональные группы. Описана и предлагается программа для ЭВМ для применения на практике данной методики.

И.В. Грубрин

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: адаптация, сверхширокополосность, сигнал. В работе развивается подход к решению задачи адаптивной обработки сверхширокополосных сигналов. Предложен алгоритм адаптации при выделении сигнала из заданного элемента разрешения. Получено наилучшее, в квадратичном смысле, решение в классе линейной фильтрации

А.В. Мельничук

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО СУДНА

Ключевые слова: взлетно-посадочные характеристики, экспертная система, прямой логический вывод, CLIPS, электронный планшет лётчика, EFB.

В настоящей работе рассмотрены принципы создания автоматизированной системы определения взлетно-посадочных характеристик для пилотов, применимой для широкого спектра военных и гражданских воздушных судов российского производства. В разрабатываемом решении предложено применение технологии экспертных систем, основанных на правилах. Разработан алгоритм прямого логического вывода рассматриваемой экспертной системы.

implement its main function for which it was created. At the second level, the performance of the components is monitored based on an assessment of the readiness to perform their particular functions. In this case, the assessment is carried out in a simplified manner - at the serviceable / defective level. And only at the third level, management has the goal of changing or maintaining the technical state of the system. The third level is freed from the need to duplicate the control functions of the lower levels, therefore, its effects are reduced to setting their settings, changing the structure, if necessary, and providing favorable conditions for reliable operation. These impacts are divided into three classes: parametric, structural, organizational.

K.Z. Biliatdinov

MODEL OF TECHNICAL SYSTEMS MAINTENANCE IN THE OPERATIONAL PROCESS

Keywords: quality, model, assessment, maintenance, technical system, sources of information, effectiveness. The article describes the model of technical systems maintenance as a scheme of operational process in correlation with types of managerial decisions made on the basis of assessment of systems quality in the operational process. Also, the article describes different sources of information and types of processed information.

K.Z. Biliatdinov

METHOD OF ASSESSMENT OF TECHNICAL SYSTEMS' STABILITY

Keywords: method, technical system, malfunction, assessment, stability, resources, criterion. The method described in the article presents an approach to assessment of a technical system's stability based on the calculation of the criterion of effectiveness of a complex system when dividing the system's elements into three functional groups. To apply the method on practice the author proposes to use a specially designed software.

I.V. Grubrin

ADAPTIVE PROCESSING OF THE ULTRA-WIDE BAND SIGNALS IN THE MULTICHANNELS INFORMATION SYSTEMS

Keywords: adaptive processing, ultra-wide band, signal. The paper develops an approach to solving the problem of adaptive processing of ultra-wideband signals. An adaptation algorithm is proposed for selecting a signal from a given resolution element/ It is the best solution in the quadratic sense in the class of linear filtering is obtained.

A.V. Melnichuk

DEVELOPING OF PRODUCTION EXPERT SYSTEM FOR CALCULATION OF AIRCRAFT'S TAKE-OFF AND LANDING CHARACTERISTICS

Keywords: take-off and landing characteristics, expert system, forward-chaining inference, CLIPS, electronic flight bag, EFB. Principles of creating an automated system for calculations of takeoff and landing characteristics for pilots using, applicable to a wide range of military and civil Russian aircrafts are considered in this paper. Application of rule based expert system technology is proposed in the developed solution. The algorithm of forward chaining inference for the considered expert system is developed.

С.И. Мунтанилов, В.В. Родин
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ АККРЕДИТАЦИИ И
ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕТОВЫХ
ПАРАМЕТРОВ

Ключевые слова: световые параметры, измерение, поверка, средства измерений, аккредитация.

Рассмотрены организационные вопросы аккредитации и поверки средств измерений световых параметров. Проанализирован рынок средств измерений, принадлежащих предприятиям и организациям. Приведены данные по оптимизации эталонной базы поверки средств измерений для прохождения процедуры подтверждения компетентности.

Р.Н. Зарипова, Н.Н. Алаева
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИН
ПО ДАННЫМ ГЗУ И СИКНС

Ключевые слова: измерение производительности скважин, счетчик количества жидкости, групповая замерная установка, система измерений количества и качества сырой нефти, погрешность измерений.

В работе выявляется погрешность при сравнении измерений дебита жидкости на скважинах с ГЗУ с суммарным дебитом на СИКНС Архангельского месторождения. Проведенный в процессе работы анализ расхождений результатов контроля производительности скважин, позволяет сделать выводы и найти пути решения. Предлагается проводить профилактические мероприятия для уменьшения погрешности при измерениях дебита жидкости.

Ю.Д. Кореньков
АЛГОРИТМ ИТЕРАТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАММ,
РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ
ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Ключевые слова: семантическая трансляция, предметно-ориентированные языки, инкрементальный анализ.

В работе рассматривается способ реализации метода предметно-ориентированного анализа исходных текстов программ на основе семантических моделей. Предложен алгоритм итеративного преобразования семантических моделей программ, позволяющий в реальном времени выполнять предметно-ориентированный семантический анализ текстов программ.

С.Д. Шибайкин, А.А. Аббакумов, А.Д. Плеханова,
М.А. Лебедев, В.А. Пинимаскин

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО
КОНВЕРТЕРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЗ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ключевые слова: медицинское изображение, DICOM, комплекс, телекоммуникационный конвертер, обработка изображений.

В работе подробным образом рассмотрен популярный формат медицинских изображений DICOM. Предлагается алгоритм преобразования данных в типовые стандарты графических файлов для использования в телекоммуникационном конвертере.

А.И. Акимов, И.А. Акимов, А.А. Мукашев, А.Н. Лацвеев
УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОНВЕКТИВНЫХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ, ВХОДЯЩИХ В
ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТРЕТЬЕГО РОДА ЗАДАЧИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ ИХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Ключевые слова: нестационарная теплопроводность, граничные условия, нелинейная задача, обратная задача, конечное интегральное преобразование.

В данной работе рассматривается один из вариантов уточнения значений конвективных коэффициентов теплоотдачи, входящих в граничные условия третьего рода задачи теплопроводности на основе их обратных задач. Такие проблемы возникают в производстве композитов методом полимеризации.

S.I. Muntanilov, V.V. Rodin
ORGANIZATIONAL QUESTIONS OF ACCREDITATION
AND VERIFICATION OF MEASURING MEASURES OF
LIGHT PARAMETERS

Keywords: light parameters, measurement, verification, measuring instruments, accreditation.

The organizational issues of accreditation and verification of measuring instruments of light parameters are considered. The market of measuring instruments belonging to enterprises and organizations has been analyzed. The data on the optimization of the reference base for the verification of measuring instruments for the passage of the competence confirmation procedure are given.

R.N. Zaripova, N.N. Alaeva
COMPARATIVE ANALYSIS OF WELL PERFORMANCE
RESULTS FOR GSU AND SICNS DATA

Keywords: measuring well performance, liquid quantity counter, group measuring unit, crude oil measurement system, measurement error.

The work reveals the error in comparing the measurements of debits at wells with the GSU with the total debit on the SICNS of the Arkhangelsk field. The analysis of the discrepancies in the results of well performance control, conducted in the process, allows us to draw conclusions and find solutions. It is proposed to carry out periodic updating of liquid meters and to carry out preventive measures to reduce the error.

I.D. Korenkov
ALGORITHM FOR ITERATIVE TRANSFORMATION OF
SEMANTIC MODELS DERIVED FROM PROGRAM
SOURCES IN MULTIPLE PROGRAMMING LANGUAGES

Keywords: semantic translation, domain-specific languages, incremental analysis.

This paper discusses algorithm for implementation of domain-specific analysis method for program sources based on semantic models, which was presented in earlier work. Presented algorithm based on iterative transformations of semantic models for semantic translation. This algorithm allows semantic analysis in a domain-specific way in real time while program source being edited.

S.D. Shibaykin, A.A. Abbakumov, A.D. Plehanova,
M.A. Lebedev, V.A. Pinimaskin

DEVELOPMENT OF A TELECOMMUNICATION
CONVERTER FOR MEDICAL US-IMAGES

Keywords: medical image, DICOM, complex, telecommunication converter, image processing.

The paper discusses in detail the popular DICOM medical image format. An algorithm for converting data into standard graphic files for use in a telecommunication converter is proposed.

I.A. Akimov, A.I. Akimov, A.A. Mukashev, A.N. Latsveev
REFINING THE VALUES OF CONVECTIVE HEAT
TRANSFER FACTORS INCLUDED IN THE BOUNDARY
CONDITIONS OF THE THIRD GENERAL HEAT
CONDUCTIVITY PROBLEM BASED ON THEIR INVERSE
PROBLEMS

Keywords: non-stationary thermal conductivity, boundary conditions, nonlinear problem, inverse problem, finite integral transformation.

In this paper, we consider one of the options for refining the values of convective heat transfer coefficients included in the boundary conditions of the third kind of heat conduction problems based on their inverse problems. Such problems arise in the production of composites by polymerization.

А.Ф. Галимянов, Ф.А. Галимянов

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ
НА ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ

*Ключевые слова: корреляция; коэффициент корреляции
Пирсона; коэффициент корреляции Спирмена, коэффициент
корреляции Кендалла, статистическая гипотеза; частная
корреляция.*

*В статье рассматриваются возможности и способы
использования в педагогических исследованиях в реальных
условиях корреляционного анализа. Обсуждаются основные
определения корреляционной связи применительно к
педагогическим исследованиям. Описываются основные шкалы
и возможности применения коэффициентов корреляции в
зависимости от типа шкалы, в которой рассматриваются
переменные. Также рассмотрены основные гипотезы, которые
выдвигаются при корреляционном анализе.*

Г.М. Гузаиров

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ НА ГРУППЕ ЛОРЕНЦА.
ЧАСТЬ II: РАЗЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ НА C ПО ФУНКЦИЯМ
КУММЕРА

*Ключевые слова: представления группы Лоренца, интегральные
преобразования, комплексные преобразования Фурье,
комплексные преобразования Меллина, интегральные
операторы представлений, ядра интегральных операторов,
гипергеометрические ряды Куммера.*

*Комбинируя разложения функций на C в комплексные
интегралы Фурье и Меллина, мы получим реализацию
представлений группы Лоренца интегральными операторами
представлений в смешанных базисах. Ядра этих интегральных
операторов выражаются через произведения двух
гипергеометрических рядов Куммера. С этими ядрами будет
получена пара взаимно обратных интегральных преобразований
функций на C типа преобразований Фурье на группе Лоренца.*

А.Н. Кожевников, Т.В. Бурнышева

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАСЧЕТАХ
НА ПРОЧНОСТЬ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ
ДЕФОРМИРОВАНИИ

*Ключевые слова: линии электропередачи, дискретная модель,
исследование НДС конструкции, динамическое взаимодействие,
метод конечных элементов, ANSYS Mechanical APDL.*

*Представлен подход к моделированию динамического
взаимодействия отдельных элементов сложной
пространственной системы – линии электропередачи.
Предложено разбиение системы на структурные элементы,
описаны подходы к построению расчетных моделей отдельных
элементов. Указаны особенности построения расчетных
конечно-элементных моделей опор линий электропередачи в
среде ANSYS Mechanical APDL.*

В.В. Корепанов, Р.В. Цветков

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА
СИСТЕМЫ «ГРУНТ – ФУНДАМЕНТ – ЗДАНИЕ»

*Ключевые слова: вибрационный мониторинг, система «грунт-
фундамент-здание», вейвлет-спектр, метод конечных
элементов.*

*Рассмотрено влияние импульсного силового воздействия на
поверхность грунтового основания для оценки деформационной
реакции системы «грунт – фундамент – здание». На основе
численных экспериментов были получены результаты по оценке
амплитудно-частотного диапазона колебаний конструкции
здания, которые можно использовать для выбора параметров
динамических датчиков системы мониторинга здания.*

A.F. Galimyanov, F.A. Galimyanov

THE USE OF STATISTICAL METHODS IN THE STUDY
OF THE INFLUENCE OF VARIOUS PARAMETERS ON
THE PEDAGOGICAL RESULT

*Keywords: correlation; Pearson's correlation coefficient;
Spearman's correlation coefficient, Kendall's correlation
coefficient, statistical hypothesis; partial correlation.*

*The article discusses the possibilities and methods of using
correlation analysis in pedagogical research in real conditions.
The main definitions of the correlation in relation to
pedagogical research are discussed. The main scales and the
possibilities of using the correlation coefficients are described,
depending on the type of scale in which the variables are
considered. The main hypotheses that are put forward in the
correlation analysis are also considered.*

G.M. Guzairov

FOURIER TRANSFORMATIONS ON THE GROUP $SL(2, C)$
AND DECOMPOSITIONS OF FUNCTIONS ON C BY
KUMMER SERIES

*Keywords: representations of the Lorentz group, integral
transforms, complex Fourier transforms, complex Mellin
transforms, integral representation operators, kernels of
integral operators, Kummer hypergeometric series.*

*Combining the decompositions of functions on C into complex
Fourier and Mellin integrals, we obtain the realization of the
representations of the group $SL(2, C)$ by the integral operators
of representations in mixed bases. The kernels of these integral
operators are expressed in terms of the products of two
hypergeometric Kummer series. With these kernels a new pair
of mutually inverse integral transformations of functions on C
of the type of Fourier transforms on the Lorentz group will be
obtained.*

A.N. Kozhevnikov, T.V. Burnysheva

MODELLING AS APPROACH TO ANALYZE POWER
TRANSMISSION LINE PYLONS STRENGTH WITH
DYNAMIC DEFORMATION CONSIDERATION

*Keywords: power transmission line, discrete model, structure
stress-strain state, dynamic interaction, finite element method,
ANSYS, ANSYS Mechanical APDL.*

*This paper presents the approach to model dynamic interaction
of power transmission line distinct units. Decomposition of the
system and unit models are proposed. Specialties of power
transmission line pylon ANSYS Mechanical APDL finite
element models creation are specified.*

V.V. Korepanov, R.V. Tsvetkov

NUMERICAL EVALUATION OF DYNAMIC RESPONSE
OF THE "SOIL - FOUNDATION - BUILDING" SYSTEM

*Keywords: vibroseismic monitoring,
"soil - foundation - building" system, wavelet image, FEM.*

*The influence of impulse force action on the surface of the soil
foundation is considered to estimation the deformation reaction
of the "soil - foundation - building" system. On the basis of
numerical experiments, results were obtained on the estimation
of the amplitude-frequency range of oscillations of the building
structure, which can be used to select the parameters of
dynamic sensors of the building monitoring system.*

И.В. Нестеров, А.Д. Мерзлякова
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МКЭ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МАССИВА ГРУНТА С
ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Моделирование взаимодействия инженерных сооружений с грунтом – это нетривиальная задача, постоянно возникающая при проектировании транспортных сооружений. Для уточнения расчётных моделей необходимо учитывать нелинейную работу грунта с использованием различных алгоритмов теории пластичности и механики грунтов. Результаты расчета зависят от густоты сетки конечных элементов. Исследованию этого вопроса посвящён материал этой статьи.

Ключевые слова: МКЭ, густота сетки, напряжение, грунт

I.V. Nesterov, A.D. Merzliakova
FEATURES USING OF ADAPTIVE DISCRETE FEM
MODELS WITH NONLINEAR INTERACTION OF THE
SOIL WITH ENGINEERING STRUCTURES

Keywords: FEM, mesh density, stress, soil

Modeling the interaction of engineering structures with soil is a non-trivial task. To refine the computational models of nonlinear soil work using various algorithms of the theory of plasticity and soil mechanics. The results are calculated from the density of the finite element mesh. The material of this article is devoted to the study of this problem.

А.М. Пищухин

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАГРУЗКОЙ
ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА ВСПЛЕСКА
СПРОСА

Ключевые слова: всплеск спроса, начало всплеска, средняя продолжительность всплеска, средняя амплитуда всплеска, оптимальное управление, уравнение Колмогорова.

Все социально-экономические процессы характеризуются наличием низких частот в спектре описывающих их параметров. Однако частотный анализ здесь неточен из-за изменений, протекающих на рынке с более высокими частотами и меняющихся параметры указанных низких частот. В этом случае необходимо отслеживать отдельные всплески случайного процесса – формирования спроса на данную продукцию, которые будут характеризоваться временем начала, средним значением и продолжительностью. По этим показателям можно подготовить предприятие к выпуску именно той продукции, спрос на которую имеется в данное время. Принимая, что вероятность всплеска спроса на данный вид продукции через определенное время носит марковский характер и описывается уравнением Колмогорова можно определить необходимую вероятность готовности производства. В результате можно предложить методику оптимального распределения ресурсов управления.

A.M. Pishchukhin

OPTIMAL EQUIPMENT LOAD MANAGEMENT BASED
ON DEMAND INSPECTION FORECAST

Keywords: surge in demand, onset of a surge, average duration of a surge, average amplitude of a surge, optimal control, Kolmogorov's equation.

All socio-economic processes are characterized by the presence of low frequencies in the spectrum of the parameters that describe them. However, the frequency analysis is inaccurate here due to changes taking place in the market with higher frequencies and changing the parameters of these lower frequencies. In this case, it is necessary to track individual bursts of a random process - the formation of demand for a given product, which will be characterized by the start time, average value and duration. According to these indicators, it is possible to prepare an enterprise for the release of exactly those products for which there is a demand at a given time. Assuming that the probability of a surge in demand for a given type of product after a certain time has a Markov character and is described by the Kolmogorov equation, it is possible to determine the required probability of production readiness. As a result, it is possible to propose a methodology for the optimal allocation of control resources.

Е.В. Поезжаева, С.Э. Шаклеина, Д.Н. Кучев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА
РОБОТА ДЛЯ РЕМОНТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РАБОТ
ВНУТРИ СЛОЖНЫХ И ИЗГИБНЫХ УЧАСТКОВ
ТРУБОПРОВОДОВ

Ключевые слова: трубопровод, износ, роботы, диагностика, ремонт.

В статье рассматривается проблема изношенных трубопроводов различных отраслях промышленности. Представлена модель нового робота для ремонта и диагностики изгибных участков трубопроводов. Разработана математическая модель для программного управления манипулятора робота. Указано новое направление развития робототехники.

E.V. Poezhaeva, S.E. Shakleina, D.N. Kuchev
SIMULATION OF THE DYNAMICS OF THE ROBOT
MANIPULATOR FOR REPAIR AND DIAGNOSTIC
WORKS INSIDE DIFFICULT AND BENDED PIPELINES

Keywords: pipeline, wear, robots, diagnostics, repair.

The article discusses the problem of worn out pipelines in various industries. A model of a new robot for repair and diagnostics of pipe bend sections is presented. A mathematical model has been developed for programmed control of a robot manipulator. A new direction for the development of robotics is indicated.

Ю.Г. Полкунов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ПРОСЛОЙКАХ
КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, разрушение. Статья посвящена разработке критериев развития магистральных трещин в породных прослойках циклическим способом разрушения.

Yu.G. Polkunov

MATHEMATICAL MODELING OF DEVELOPMENT OF
MAIN CRACKS IN INTERLAYERS WITH CONICAL DISK
TOOLS

Keywords: conical disk tool, destruction.

The article is devoted to the development of criteria for the development of main cracks in rock layers by a cyclic method of destruction.

Н.А. Федюшкин, Ю.С. Вечканова, Н.П. Плотникова
ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ
НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЯЗЫКЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

Ключевые слова: DecisionTreeClassifier, классификация, схожесть, SequenceMatcher.

N.A. Fedyushkin, Y.S. Vechkanova, N.P. Plotnikova
APPLICATION OF DECISION TREE FOR
CLASSIFICATION OF REFERENCE INFORMATION IN
THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE

Keywords: DecisionTreeClassifier, classification, similarity, SequenceMatcher.

В статье рассматривается применение дерева решений для классификации нормативно-справочной информации. Анализируются несколько методов определения схожести текста для корректировки показателя точности рассмотренного классификатора. Проводится сравнение этих методов и дается вывод об их эффективности.

П.С. Чурин, А.Н. Федосова, В.Ю. Помелов
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ
БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ключевые слова: мостовые конструкции, аэродинамическая устойчивость, гашение колебаний, резонансное вихревое возбуждение.

В работе рассматривается один из наиболее эффективных способов повышения устойчивости пролетного строения мостовой конструкции в ветровом потоке - аэродинамическое гашение колебаний. Приведены результаты исследований влияния различных конструкций обтекателей и deflectоров на устойчивость большепролетного однобалочного металлического моста.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, О.А. Шипилова
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕХАНИКЕ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ EXCEL.

Ключевые слова: физические законы, дифференциальные уравнения, метод Лагранжа, неберущийся интеграл, ряд Маклорена, программа Excel.

В данной работе рассмотрены физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Получены и проанализированы зависимости физических величин от времени. Построены графики этих функций, что способствует более полному пониманию решаемой задачи.

Н.Н. Симченко, Е.В. Бурькова
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ВАРИАТИВНОЙ
ЧАСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Ключевые слова: автоматизированная система, угрозы безопасности, несанкционированный доступ, межсетевое экранирование, криптографическая защита, интеллектуальные методы, вариативная часть основной образовательной программы (ООП).

В работе представлена функциональная модель выбора структуры системы защиты информации в автоматизированной системе для формирования содержания вариативной части образовательных программ подготовки IT-специалистов. Разработанная модель позволит спланировать процесс проектирования системы защиты, разработать перечень требований для обеспечения заданного уровня безопасности, осуществить обоснование и выбор методов и средств защиты.

This article discusses the use of a decision tree for the classification of regulatory and reference information. Several methods for determining the similarity of the text are analyzed to correct the accuracy indicator of the considered classifier. A comparison of these methods is carried out and a conclusion is made about their effectiveness.

P.S. Churin, A.N. Fedosova, V.Yu. Pomelov
AERODYNAMIC DAMPING OF LARGE-SPAN BRIDGE
STRUCTURES VIBRATIONS

Keywords: bridge structures, aerodynamic stability, vibration damping, vortex excitation, wind tunnel.

The paper considers one of the most effective ways to increase the stability of the bridge span in the wind flow - aerodynamic vibration damping. The results of studies of the influence of various designs of fairings and deflectors on the stability of a large-span single-girder metal bridge are presented.

A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, O.A. Shipilova.
MATHEMATICAL MODELING IN MECHANICS USING
EXCEL

Keywords: physical laws, differential equations, Lagrange method, non-finite integral, Maclaurin series, Excel program. In this paper, we consider a physical problem that leads to a differential equation. The dependences of physical quantities on time are obtained and analyzed. Graphs of these functions are constructed, which contributes to a more complete understanding of the problem.

N.N. Simchenko, E.V. Burkova
FUNCTIONAL MODEL FOR ENSURING THE SECURITY
OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR OPTIMIZING THE
CONTENT OF THE VARIABLE PART OF EDUCATIONAL
PROGRAMS

Keywords: automated system, security threats, unauthorized access, firewall, cryptographic protection, intelligent methods, variable part of the main educational program (OOP). The paper presents a functional model for selecting the structure of the information security system in an automated system for forming the content of the variable part of educational programs for training IT specialists. The developed model will allow you to plan the process of designing a security system, develop a list of requirements to ensure a given level of security, justify and select methods and means of protection.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№10 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 30.10.2020 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 30.10.2020

10,2 усл.печ.л. 11,4 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3010.

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»