

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№4 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Казань

2018

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №4 2018г. – Казань:
Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – 188 с.

ISSN 2079-5920

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

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» № 12025.

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.; П.П. Суханов – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.;
Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

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

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

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Научно-технический вестник Поволжья, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

В.С. Минкин, А.Г. Замалиев, М.А. Мухамедзянов, Р.Г. Галимуллин, И.Н. Набиуллин МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ С МАГНИТНОЙ СВЯЗЬЮ 9

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

Н.Т. Валишин, И.С. Ибрагимов, И.В. Ковалевский РЕШЕНИЕ ОДНОГО ЛИНЕЙНОГО ОДНОРОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА 12

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.В. Поветкин, Т.Г. Шиблева, Л.Н. Макарова ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ И КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМЫХ ПОКРЫТИЙ 15

Г.Ю. Тараненко, С.С. Среднев, Г.В. Рыбина, А.Е. Мешечкина ОБ АКТИВНОСТИ ГАЛОГЕНИДОВ ТЕТРААЛКИЛАММОНИЯ В РЕАКЦИИ 1,2-ЭПОКСИЦИКЛОПЕНТАНА С ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА 18

И.С. Черепанов ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИЯ ПРОДУКТОВ N-АРИЛАМИНО-ГЛИКОЗИЛИРОВАНИИ МОНОСАХАРИДОВ 22

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

О.С. Ануфриенко, В.Д. Задорожный К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ 25

В.Н. Ботяшин, Ю.Д. Козинер, В.И. Орлов, Д.А. Кравцов ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ НИОБИЕВЫХ СПЛАВОВ 30

А.П. Буйносов, И.С. Цихалевский ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 33

С.Л. Марулин, А.П. Буйносов СИСТЕМА ГРЕБНЕСМАЗЫВАТЕЛЕЙ «ТВЕРДОГО» ТИПА ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 36

В.П. Новоселов, М.Д. Лукашук АНАЛИЗ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ УПРУГО-ВЯЗКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЛИНЕЙНОГО ТРЕНИЯ 39

А.Р. Фардеев, А.А. Фардеев, Р.Г. Марданишин ДИНАМИКА НАСОСА И ГИДРО-ДВИГАТЕЛЯ МАНИПУЛЯТОРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ КОВКИ ИЛИ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВОК 42

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Х.М. Гукетлов, Р.А. Ульбашев К ВОПРОСУ УЧЕТА СВЕТОВОГО КЛИМАТА ПРИ НОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ СВЕТОВЫЕ УСТРОЙСТВА РАСПОЛОЖЕННЫЕ В ПЛОСКОСТИ НАКЛОННЫХ СКАТОВ КРЫШ 46

С.Н. Дербенева, А.В. Ромодин, Д.Ю. Лейзгольд К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ПОГРЕШНОСТИ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА 49

Г.М. Мучкаева, Т.Б. Махлаев, Б.В. Даваев, Т.И. Фисенко, Е.Н. Сангаджиева МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РЕМОНТЕ КЛАПАННОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ 52

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

<i>А.И. Акимов, И.А. Акимов, Д.И. Сиделов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ФОРМЕ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ	54
<i>И.И. Аликина, С.В. Бочкарев</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО МИКРОРАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИКИ СРЕДНИХ	58
<i>М.А. Аль-Аскари, С.А. Федосин, В.В. Афонин</i> ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ	62
<i>Н.В. Андриевская, О.А. Андриевский</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЯ АДЕКВАТНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	66
<i>О.А. Андриевский, Н.В. Андриевская, М.А. Базаров</i> ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА LEGOMINDSTORMSEV3 ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	69
<i>А.А. Бачурин, Н.В. Павлов</i> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	72
<i>А.А. Бачурин, Н.В. Павлов, П.А. Сливницин</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩЕГО РАЗЪЕМА-КРЕПЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКА НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	75
<i>А.А. Бачурин, П.А. Сливницин</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКАМИ В СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	78
<i>О.А. Билоус, Д.В. Шильев</i> ОПИСАНИЕ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ВЕРХЕГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА И SCADA СИСТЕМЫ	82
<i>И.Б. Бондаренко, В.В. Назарова</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ В ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ	85
<i>С.В. Бочкарев, И.И. Аликина, А.Ю. Глухов</i> АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	88
<i>Д.А. Быстров</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ЗОНЫ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПОВ С ТРЕМЯ ПЬЕЗОКОРРЕКТОРАМИ	91
<i>И.Р. Давлетишин, Л.А. Симонова, В.В. Абрамова</i> ВЫБОР НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ	94
<i>Т.А. Деменкова, А.А. Финенко, Д.Д. Яровов</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО SAR ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА	99
<i>Т.А. Деменкова, Е.В. Шпиева</i> АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ	102
<i>А.О. Казакова</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЦИЛИНДРА В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ МАЛЫХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА	105
<i>А.А. Клюкин, А.А. Широков</i> ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	109
<i>Г.Е. Кокиева, И.Б. Елтунова, В.В. Рабданова</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ	112

<i>Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ЗАЩИТЫ	118
<i>Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ WI-FI	121
<i>В.Н. Костин, Н.А. Соловьев, Н.А. Тишина</i> ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ	125
<i>Е.М. Куралесова, С.С. Павлов, М.О. Фофанов</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	129
<i>А.В. Кухарчук, П.М. Спешиллов</i> К ВОПРОСУ О ПОМЕХАХ В ТОКОВЫХ ЦЕПЯХ ЗАЩИТ МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ	132
<i>В.Ю. Мельцов, В.Д. Подковырин, В.Л. Клюкин, А.К. Крутиков</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАСКАДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРЯМОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ТОЛКАНИИ ЯДРА	136
<i>И.М. Минвалеев</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ	140
<i>И.М. Минвалеев</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БАЗ ДАННЫХ СКУД	143
<i>А.А. Пантелеева, А.А. Широков, А.А. Клюкин</i> АБСТРАКТНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	146
<i>В.О. Раскошинский, Н.В. Андриевская</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА	149
<i>Д.А. Селиванова, Ф.А. Попов, М.Н. Школьникова, Н.Ю. Ануфриева, О.А. Бубарева</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ	152
<i>М.С. Семенцов</i> АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕКСТА ИСХОДНЫХ КОДОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК СИМВОЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ	155
<i>А.И. Сокол, Л.Р. Сокол</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ ОТ ФАЛЬСИФИКАЦИИ НА СТАДИИ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ	159
<i>А.А. Сучкоусов, В.В. Андреев, В.Н. Хохлов</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВИХРЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНА НА ОСНОВЕ ЕЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПРИВЕДЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ	163
<i>Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ	167
<i>Д.В. Шиляев, О.А. Билоус, А.С. Морозов</i> ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ И НАЛАДКА СРЕДНЕГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА И РЕЛЕЙНОЙ ЛОГИКИ	170
<i>И.А. Шмидт, П.В. Варзаносов, А.В. Долгопалов</i> СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	173

АННОТАЦИИ

176

THE RELEASE MAINTENANCE

- V.S. Minkin, A.G. Zamaliev, M.A. Mukhamedzyanov, R.G. Galimullin, I.N. Nabiullin* MECHANISMS OF MOTION OF LINKS WITH MAGNETIC COUPLING 9

01.01.00 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICS

- N.T. Valishin, I.S. Ibragimov, I.V. Kovalevsky* SOLUTION OF A SINGLE LINEAR HOMOGENEOUS DIFFERENTIAL EQUATION OF THE SECOND ORDER 12

02.00.00 — CHEMICAL SCIENCES

- V.V. Povetkin, T.G. Shibleva, L.N. Makarova* THE EFFECT OF MAGNETIC ACTIVATION OF ELECTROLYTE ON ELECTRODEPOSITION AND THE QUALITY OF THE COATING 15
- G.Yu. Taranenko, S.S. Srednev, G.V. Rybina, A.E. Meshechkina* OF THE CATALYTIC ACTIVITY OF TETRAALKYLAMMONIUM HALOGENIDES IN THE REACTION OF CARBON DIOXIDE WITH 1,2-EPOXYCYCLOPENTANE 18
- I.S. Cherepanov* IR-FOURIER SPECTROSCOPY OF MONOSACCHARIDE'S N-ARYLAMINOGLYCOSIDE FORMATION PRODUCTS 22

05.02.00 — TECHNICAL SCIENCES — MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE

- O.S. Anufrienko, V.D. Zadorozhny* TO THE QUESTION OF THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF COGENERATION PLANTS IN THE EASTERN ORENBURG REGION 25
- V.N. Botyashin, Y.D. Koziner, V.I. Orlov, D.A. Kravtsov* INCREASE OF EFFICIENCY OF GRINDING PROCESS OF REFRACTORY NIOBIUM ALLOYS 30
- A.P. Buinosov, I.S. Tsikhalevsky* INCREASE IN LEVEL OF THE ORGANIZATION OF TECHNOLOGY PROCESS OF RUNNING REPAIRS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES 33
- S.L. Marulin, A.P. Buinosov* THE GREBNESMAZYVATELEY SYSTEM OF «FIRM» TYPE FOR THE MAIN ELECTRIC LOCOMOTIVES 36
- V.P. Novoselov, M.D. Lukashuk* ANALYSIS OF HARMONIC MASS OSCILLATIONS UNDER CONDITIONS OF VISCOELASTIC RESISTANCE AND LINEAR FRICTION 39
- A.R. Fardeyev, A.A. Fardeyev, R.G. Mardashin* THE DYNAMICS OF THE PUMP AND HYDRAULIC MOTOR OF THE MANIPULATOR USED IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF BLANKS FORGING OR HOT STAMPING 42

05.11.00 — TECHNICAL SCIENCES — INSTRUMENTATION, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

- H.M. Guketlov, R.A. Ulbashev* TO THE QUESTION OF LIGHTING OF THE LIGHT CLIMATE WHILE NORMALIZING THE NATURAL LIGHTING OF THE PREMISES THROUGH THE LIGHTING DEVICES LOCATED IN THE PLANE OF THE INCLINED SKATS OF THE ROOF 46
- S.N. Derbeneva, A.V. Romodin, D.Yu. Leyzgold* ON THE ESTIMATE OF ERROR IN THE CURRENT TRANSFORMERS MODELS 49
- G.M. Muchkaeva, T.B. Makhlaev, B.V. Davaev, T.I. Fisenko, E.N. Sangadzhiyeva* METHODS AND MEANS OF MEASURING THE ERRORS THAT ARISE IN THE REPAIR OF A VALVE GROUP OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES 52

**05.13.00 — TECHNICAL SCIENCES — COMPUTER SCIENCE, COMPUTER
ENGINEERING AND MANAGEMENT**

<i>A.I. Akimov, I.A. Akimov, D.I. Sidelov</i> RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF THERMOELASTIC STRESSES AND STRAINS IN THE PRODUCTION OF MULTILAYER STRUCTURES IN THE FORM OF AN INFINITE PLATE BY POLYMERIZATION METHOD	54
<i>I.I. Alikina, S.V. Bochkarev</i> EVALUATION OF THE RELIABILITY OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE URBAN MICRODISTRICT USING THE METHOD OF THE DYNAMICS OF AVERAGE	58
<i>M.A. Al-Askari, S.A. Fedosin, V.V. Afonin</i> PROBABILISTIC EVALUATION OF IMAGE QUALITY	62
<i>N.V. Andrievskaya, O.A. Andrievskiy</i> ALGORITHM DEVELOPMENT OF FADE QUACY OF IDENTIFICATION'S MODEL	66
<i>N.V. Andrievskaya, O.A. Andrievskiy, M.A. Bazarov</i> THE USE OF ROBOTIC COMPLEX LEGO MINDSTORMS EV3 IN THE STUDY OF AUTOMATIC CONTROL THEORY	69
<i>A.A. Bachurin, N.V. Pavlov</i> AUTOMATED CHECK OF QUALITY OF OUTDOOR LIGHTING	72
<i>A.A. Bachurin, N.V. Pavlov, P.A. Slivnitsin</i> DESIGNING THE RESOURCE-SAVING CONNECTOR-BRACKET FOR OUTDOOR LIGHTING	75
<i>A.A. Bachurin, P.A. Slivnitsin</i> EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT WAYS OF CONTROL OF LAMPS IN OUTDOOR LIGHTING SYSTEMS	78
<i>D.V. Shilyaev, O.A. Bilous</i> DESCRIPTION OF UPPER LEVEL CONFIGURATION IN AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF VENTILATION AND AIR CONDITIONING ON THE BASIS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND SCADA SYSTEM	82
<i>I.B. Bondarenko, V.V. Nazarova</i> DEVELOPMENT OF AN ELECTROPHYSICAL METHOD OF DETERMINATION OF AMOUNT OF GLUTEN IN WHEAT FLOUR	85
<i>S.V. Bochkarev, I.I. Alikina, A.Yu. Glukhov</i> THE ARCHITECTURE OF THE INFORMATION SYSTEM FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF THE WATER SUPPLY SYSTEM	88
<i>D.A. Bystrov</i> DEVELOPMENT OF METHOD COMPLEX FOR LOCK-IN MEASURING OF LASER GYRO GENERATORS WITH THREE PIEZOCORRECTORS	91
<i>I.R. Davletshin, L.A. Simonova, V.V. Abramova</i> SELECTION OF NEURON NETWORK FOR SOLVING THE PROBLEM OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS FORECASTING ON THE EXAMPLE OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF MINERAL WOOL	94
<i>T.A. Demenkova, A.A. Phinenko, D.D. Yarovov</i> APPLICATION OF TWO-DIMENSIONAL SAR IMAGE FOR POSITIONING OF THE OBJECT	99
<i>T.A. Demenkova, E.V. Shpieva</i> SOFTWARE ARCHITECTURE FOR THE CONTROL TASK	102
<i>A.O. Kazakova</i> NUMERICAL MODELLING OF TRANSLATIONAL MOTION OF THE CYLINDER IN VISCOUS FLUID IN CASE OF SMALL REYNOLDS NUMBERS	105
<i>A.A. Klyukin, A.A. Shirokov</i> THE PRINCIPLES OF CREATION OF INFORMATION MODEL	109
<i>G.E. Kokieva, I.B. Eltunova, V.V. Rabdanova</i> MATHEMATICAL COMPUTER MODELING OF CONSTRUCTIVE-REGIMENT AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE INSTALLATION	112
<i>G.V. Komkov, V. Kopotilova, A.N. Moiseev</i> DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE VALUE OF INFORMATION TO INCREASE EFFICIENCY OF ITS SECURITY	118

<i>G.V. Komkov, V. Kopotilova, A.N. Moiseev</i> THE DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR ANALYZING THE SECURITY OF WIRELESS NETWORKS WI-FI	121
<i>V.N. Kostin, N.A. Solovyov, N.A. Tishina</i> JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS TO EFFICIENCY FOR SUBSYSTEMS OF PHYSICAL PROTECTION FOR OBJECTS OF INFORMATIZATION	125
<i>E.M. Kuralesova, S.S. Pavlov, M.O. Fofanov</i> EVALUATION OF THE QUALITY OF INFORMATION WITH THE USE OF FUZZY LOGIC	129
<i>A.V. Kukharchuk, P.M. Speshilov</i> THE INTERFERING SIGNAL IN CURRENT CHAIN PROTECTION INSTANT ACTION	132
<i>V.Yu. Meltsov, V.D. Podkovyrin, V.L. Klyukin, A.K. Krutikov</i> THE USE OF CASCADE NEURAL NETWORK DIRECT TRANSFER TO PREDICT ATHLETIC ACHIEVEMENT IN THE SHOT PUT	136
<i>I.M. Minvaleev</i> DEVELOPMENT OF ACCESS CONTROL SYSTEM	140
<i>I.M. Minvaleev</i> COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF ACCESS DATABASES	143
<i>A.A. Shirokov, A.A. Panteleeva, A.A. Klyukin</i> ABSTRACT MODEL OF INFORMATION TRANSFER IN THE INFORMATION SYSTEM	146
<i>V.O. Raskoshinskiy, N.V. Andrievskaya</i> MATHEMATICAL MODEL OF AIR-COOLED GAS APPARATUS	149
<i>D.A. Selivanova, F.A. Popov, M.N. Shkol'nikova, N.Ju. Anufrieva, O.A. Bubareva</i> AUTOMATION OF THE PROCESS OF DESIGNING FOODSTUFFS	152
<i>M.S. Sementsov</i> THE ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF THE TEXT OF SOFTWARE SOURCE CODE USING THE CHARACTERISTICS OF SYMBOLIC DIVERSITY	155
<i>A.I. Sokol, L.R. Sokol</i> INVESTIGATION OF WAYS OF FORMATION OF PROTECTION OF PRINTED PRODUCTS AGAINST FALSIFICATION IN THE PREPRESS STAGE	159
<i>A.A. Suchkousov, V.V. Andreev, V.N. Khokhlov</i> THE SUBSTANTIATION OF DESIGN DECISIONS OF VORTEX TUBES APPLYING TO CONDENSATION OF STEAM OIL STORAGE	163
<i>L.A. Feoktistova, T.B. Rzayeva</i> POSSIBILITIES OF USING COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE PERFORMANCE OF TASKS ON ENGINEERING SCHEDULE	167
<i>D.V. Shilyaev, O.A. Bilous, A.S. Morozov</i> ALGORITHMS DESCRIPTION AND SETUP OF MIDDLE LEVEL IN AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF VENTILATION AND AIR CONDITIONING ON THE BASIS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND RELAY LOGIC	170
<i>I.A. Shmidt, P.V. Varzanosov, A.V. Dolgopalov</i> CONTROL SYSTEM PARAMETERS OF THE EQUIPMENT OF OIL WELLS	173
ABSTRACTS	176

¹В.С. Минкин д-р. хим. наук, ²А.Г. Замалиев, ³М.А. Мухамедзянов канд. техн. наук,
³Р.Г. Галимуллин канд. техн. наук, И.Н. Набиуллин

Казанский научно-исследовательский технологический университет,
¹факультет нанотехнологий, кафедра физики,
²факультет энергомашиностроения, кафедра теории механизмов и машин
³механический факультет, кафедра процессов и аппаратов химической технологии
 Казань, yerus@yandex.ru

МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ С МАГНИТНОЙ СВЯЗЬЮ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-9-11

Рассмотрены механизмы движения звеньев с магнитной связью. Приводятся результаты экспериментальных исследований механизма вращения зубчатых колёс с магнитными пластинками на рабочей поверхности зубцов.

Ключевые слова: двухзвенные механизмы; магнитная связь; зубчатые колёса; степень подвижности.

В механизмах передачи движения соединённые друг с другом звенья образуют замкнутую или разомкнутую кинематическую цепь. Среди всего разнообразия передаточных механизмов наиболее простыми являются двухзвенные механизмы, имеющие третье неподвижное звено- стойку [1-4]. Заслуживают внимание также двухзвенные механизмы передачи движения с магнитной связью [5]. Такие механизмы имеют незамкнутую кинематическую цепь и общее неподвижное звено-стойку.

На рис.1 показан механизм вращения зубчатых колёс с магнитной связью.

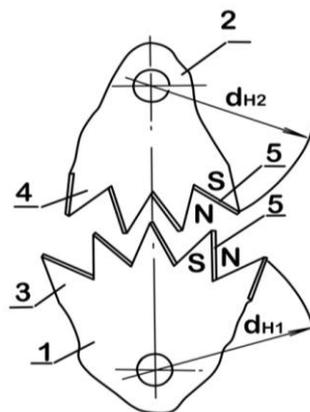


Рис. 1-Механизм вращения зубчатых колёс с магнитной связью

Механизм содержит установленные на стойке с возможностью вращения зубчатые колёса 1 и 2, выполненные из немагнитного материала. На рабочих поверхностях зубцов 3 колеса 1 и зубцов 4 колеса 2 установлены неподвижно магнитные пластинки 5, обращённые полюсами N наружу и полюсами S внутрь. Зубцы 3 и 4 зубчатых колёс 1 и 2 из-за отталкивания их друг от друга магнитными пластинками 5 при вращении колёс не касаются друг друга, создавая незамкнутую кинематическую цепь.

Степень подвижности этого механизма равна:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 0 = 2 \quad (1)$$

где n — число подвижных звеньев, которыми являются зубчатые колёса 1 и 2; p_5 — число кинематических пар пятого класса, которыми являются пары, образованные осями и зубчатыми колёсами; p_4 — число кинематических пар четвертого класса, равное при отсутствии контакта между зубцами колёс нулю.

Однако рассматриваемый передаточный механизм обладает одной степенью подвижности и поэтому магнитную связь следует считать кинематической парой четвертого класса.

Тогда имеем:

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$$

Был исследован механизм вращения зубчатых колёс с магнитной связью, в котором для обоих зубчатых колёс наружный диаметр составлял 138 мм, число зубцов $Z_1 = Z_2 = 8$, а межосевое расстояние $A = 118$ мм.

Каждое зубчатое колесо имело возможность вращаться вокруг своей неподвижной оси.

При вращении от привода одного из зубчатых колёс с частотой порядка 100 об/мин другое зубчатое колесо также вращается с такой же угловой скоростью. Отключение привода не приводит к остановке обоих колёс, которые продолжают вращаться в течение 40-50 сек. Прекращение вращения зубчатых колёс объясняется наличием трения между каждым колесом и его осью, на котором вращается это колесо.

Момент полезного сопротивления передаточного механизма определяется по формуле:

$$M_{п.с.} = -M_a U_{1-2} \eta \quad (2)$$

где M_a – активно приложенный момент, совпадающий с направлением угловой скорости ведущего зубчатого колеса; U_{1-2} – передаточное число пары зубчатых колёс; η – КПД передаточного механизма.

Для исследованной модели $U_{1-2} = Z_1/Z_2 = 1$ и тогда $\eta = M_{п.с.}/M_a$.

Механизмы с вращением зубчатых колёс и магнитной связью могут найти использование в устройствах кондиционирования воздуха, перемешивания различных сред и т.д.

На рис. 2 показан механизм с поступательным движением звеньев и магнитной связью.

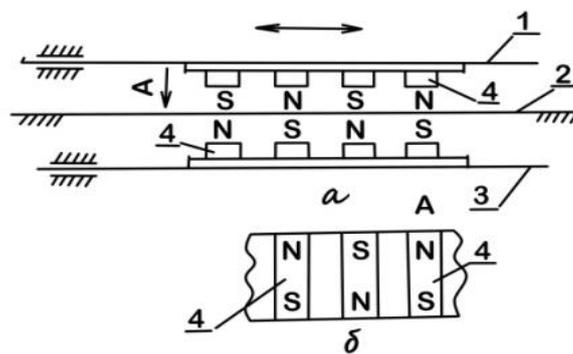


Рис. 2 механизм поступательного движения звеньев с магнитной связью.

В этом механизме движение от входного звена 1 передается через герметичную перегородку 2 выходному звену 3.

На движущихся друг относительно друга входного и выходного звеньях из немагнитного материала установлены неподвижно магнитные пластинки 4 с чередующимися друг за другом полюсами N и S.

Как и в первом случае, работа механизма с поступательно движущимися звеньями и магнитной связью характеризуется взаимодействием магнитов обоих подвижных звеньев. Благодаря этому взаимодействию и передаются усилия со стороны одного звена другому звену при отсутствии их контакта.

Механизмы с поступательным движением звеньев и магнитной связью могут найти использование в устройствах непрерывного транспорта мелкосыпучего и кускового материала.

Испытания механизмов с магнитной связью в водной среде показывают на их эффективную работу в жидких средах, что открывает возможности использования магнитного поля для перемещения надводно-подводных объектов и в различных промышленных технологиях. Также механизмы с магнитной связью могут иметь широкое применение в космической промышленности.

Выводы

1. Подтверждена возможность передачи движения в механизмах с магнитной связью от одного звена к другому звену при отсутствии контакта между ними.
2. При правильном подборе магнитов и расположении их на движущихся в магнитном поле звеньях затраты энергии приводом на приведение в движение ведущего звена можно свести к минимуму и даже использовать в качестве привода магнитное поле.
3. Использование магнитной связи в механизмах передачи движения расширяет их использование в различных аппаратах и технологических процессах.
4. Кроме того, работы механизмов с магнитной связью бесшумны и существенно улучшают экологическую обстановку в атмосфере.

Список литературы

1. *О.В. Козулина, Н.Н. Маряхин, М.Г. Кузнецов, Ю.Ф. Коротков, А.Г. Замалиев.* Вестник казанского технологического университета, 17, 6, 231-232(2014).
2. Пат. РФ 122722 (2012).
3. *О.В. Козулина, М.Г. Кузнецов, М.А. Мухамедзянов, Б. С. Азизов, Р.Х. Зиятдинов.* Вестник казанского технологического университета, 17, 9, 237-239(2014).
4. Пат. РФ 2499935(2012)
5. *А.Ф. Крайнев.* Словарь-справочник по механизмам. Машиностроение, Москва, 1987. 560с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА (01.01.00)

01.01.00

Н.Т. Валишин, канд. физ.-мат. наук, И.С. Ибрагимов, И.В. Ковалевский

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева-КАИ, физико-математический факультет, кафедра специальной математики,
Казань, vnailt@yandex.ru

РЕШЕНИЕ ОДНОГО ЛИНЕЙНОГО ОДНОРОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-12-14**

Ищется частное решение с помощью степенного ряда. Показывается условие, при котором степенной ряд обрывается и решение получается в виде многочлена. Приводится способ нахождения второго частного решения, спадающего с расстоянием к нулю. Такое уравнение возникает при моделировании траекторно-волнового движения объекта с помощью метода V-функции.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, степенной ряд, траекторно-волновое движение.

Рассмотрим следующее дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \left(\frac{k_0^2 \alpha}{\alpha - \beta_0^2 r} - k_0^2 \right) u = 0, \quad (1)$$

где $k_0^2, \beta_0^2, \alpha > 0$ - числовые коэффициенты.

Данное уравнение (1) допускает решение когда $r \rightarrow \infty$.

При $r \rightarrow \infty$ уравнение (1) принимает вид

$$\frac{d^2u}{dr^2} - k_0^2 u = 0. \quad (2)$$

С учетом (2) запишем общее решение уравнения (1) в виде

$u = \tilde{N}_1 u_-(r) + \tilde{N}_2 u_+(r) = e^{-k_0 r} f_-(r) + e^{k_0 r} f_+(r)$. Тогда $u' = \pm k_0^2 e^{\pm k_0 r} f_{\pm}(r) + e^{\pm k_0 r} f'_{\pm}(r)$,
 $u'' = e^{\pm k_0 r} (f''_{\pm}(r) \pm 2k_0 f'_{\pm}(r) + k_0^2 f_{\pm}(r))$ и уравнение (1) принимает вид

$$f''_{\pm}(r) \pm 2k_0 f'_{\pm}(r) + \frac{\beta_1}{r_0 - r} f_{\pm}(r) = 0, \quad (3)$$

где $\beta_1 = k_0^2 \alpha / \beta_0^2$, $r_0 = \alpha / \beta_0^2$. (4)

Одно частное решение уравнения (3) будем искать в виде степенного ряда

$$f_{\pm}(r) = \sum_{m=0}^{\infty} a_m^{(\pm)} (r_0 - r)^m, \quad (5)$$

Уравнение (3) после данной подстановки в нее (5) принимает вид

$$\sum_{m=0}^{\infty} m(m-1) a_m^{(\pm)} (r_0 - r)^{m-2} \pm 2k_0 \sum_{m=0}^{\infty} -m a_m^{(\pm)} (r_0 - r)^{m-1} + \beta_1 \sum_{m=0}^{\infty} a_m^{(\pm)} (r_0 - r)^{m-1} = 0, \Rightarrow$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} [(n+1)n a_{n+1}^{(\pm)} \mp 2k_0 n a_n^{(\pm)} + \beta_1 a_n^{(\pm)}] (r_0 - r)^{n-1} = 0. \quad (6)$$

Равенство (6) тождественно выполняется лишь тогда, когда все коэффициенты полученного ряда равны нулю, т.е

$$(n+1)n a_{n+1}^{(\pm)} \mp 2k_0 n a_n^{(\pm)} + \beta_1 a_n^{(\pm)} = 0.$$

Отсюда получаем, что $a_0 = 0$, а коэффициенты $a_{n \geq 1}^{(\pm)}$ удовлетворяют рекуррентному соотношению

$$a_{n+1}^{(\pm)} = \frac{\pm 2k_0 n - \beta_1}{(n+1)n} a_n^{(\pm)} \tag{7}$$

Пусть $\beta_1 = 2k_0 n$ ($\beta_1 > 0, k_0 > 0$). (8)

Данное условие выполняется лишь тогда, когда ряд $f_+(r) = \sum_{m=1}^{\infty} a_m^{(+)}(r_0 - r)^m$ обрывается, т.е. $a_m^{(+)} = 0$ при $m \geq n + 1$, что приводит решению в виде многочлена

$$u_{+,n}(r) = C e^{k_0 n r} \sum_{m=1}^n a_m^{(+)}(r_{0,n} - r)^m, \tag{9}$$

где C – постоянная.

Решение (9) стремится к бесконечности $u(r) \rightarrow \infty$ при $r \rightarrow \infty$. Запишем общее решение

$$u = e^{-k_0 n r} f_-(r) + e^{k_0 n r} f_+(r) = C_1 e^{-k_0 n r} \sum_{m=1}^{\infty} a_m^{(-)}(r_{0,n} - r)^m + C_2 e^{k_0 n r} \sum_{m=1}^n a_m^{(+)}(r_{0,n} - r)^m.$$

Решение $u_-(r)$ также рассмотрено в виде степенного ряда, только ряд, как следует из соотношения (7), не обрывается. Покажем, что при выполнении условия (8) решения $u_-(r), u_+(r)$ будут линейно зависимыми.

Пусть $m=n$, тогда $\beta_{1,n} = 2nk_{0,n}$,

$$u_{+,n}(r) = e^{k_0 n r} \sum_{m=1}^n a_m^{(+)}(r_{0,n} - r)^m = e^{k_0 n r} a_1^{(+)} \left((r_{0,n} - r) + \frac{2k_{0,n}(1-n)}{1 \cdot 2} (r_{0,n} - r)^2 + \frac{(2k_{0,n})^2(1-n)(2-n)}{(3 \cdot 2)(1 \cdot 2)} (r_{0,n} - r)^3 + \dots + \frac{(2k_{0,n})^{n-1}(1-n)(2-n) \dots 1}{n!(n-1)!} (r_{0,n} - r)^n \right),$$

$$u_{-,n}(r) = \frac{e^{-k_0 n r}}{n!} \alpha_n \left((r - r_{0,n})^n e^{2k_{0,n}(r-r_{0,n})} \right)^{(n-1)}.$$

Если $a_1^{(+)} = \alpha_n = a_1^{(-)} e^{-2k_{0,n} r_{0,n}}$, то $u_{+,n}(r) = u_{-,n}(r)$. Отсюда следует, что решения $u_-(r), u_+(r)$ линейно зависимые.

Найдем второе линейно независимое решение уравнения вида [1]:

$$u'' + p_1(r)u' + p_2(r)u = 0.$$

$u_+(r)$ и $u_-(r)$ – решения этого уравнения, тогда

$$W = \begin{vmatrix} u_+(r) & u_-(r) \\ u'_+(r) & u'_-(r) \end{vmatrix} = u_+(r)u'_-(r) - u_-(r)u'_+(r).$$

$$u_+^2(r) \left(\frac{u_+(r)u'_-(r) - u_-(r)u'_+(r)}{u_+^2(r)} \right)' = u_+^2(r) \left(\frac{u_-(r)}{u_+(r)} \right)' = W$$

$$W' = \frac{d}{dr} \begin{vmatrix} u_+(r) & u_-(r) \\ u'_+(r) & u'_-(r) \end{vmatrix} = -p_1(r)W \Rightarrow W = C e^{-\int p_1(r) dr}$$

$$\int \left(\frac{u_-(r)}{u_+(r)} \right)' dr = C \int \frac{e^{-\int p_1(r) dr}}{u_+^2(r)} dr$$

Т.к. $p_1(r) = 0$, то

$$\frac{u_-(r)}{u_+(r)} = C \int \frac{e^0}{u_+^2(r)} dr.$$

Следовательно, второе линейно-независимое решение примет вид:

$$u_-(r) = C u_+(r) \int \frac{1}{u_+^2(r)} dr$$

и с учетом решения (9) получим решение, которое спадает экспоненциально с расстоянием $u_{-,n}(r \rightarrow \infty) \sim e^{-k_{0,n}r}$, т.е.

$$u_{-,n}(r) = Ce^{k_{0,n}r} \sum_{m=1}^n a_m^{(+)} (r_{0,n} - r)^m \int \frac{e^{-2k_{0,n}r}}{\left(\sum_{m=1}^n a_m^{(+)} (r_{0,n} - r)^m\right)^2} dr, \quad (10)$$

Следует отметить, что уравнение вида (1) возникает при моделировании траекторно-волнового движения объекта в водородоподобном атоме с помощью метода V-функции [2-4] и решение задачи на собственные значения. Суть метода V-функции состоит в том, что траекторное движение объекта, которое описывается системой дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = f(x), \quad (11)$$

где $x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ - вектор фазовых координат, $x \in R^n$, сопряжено волновым движением, удовлетворяющим уравнению

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \dot{x}^T W \dot{x} = 0, \quad W = \left[\frac{\partial^2 V(x, t)}{\partial x_i \partial x_j} \right] \quad (12)$$

где $V(x, t)$ - однозначная, конечная, кусочно-непрерывная функция (V-функция) ($x \in R^n$, $t \in T$). Граничные и начальные условия для волны и траектории объекта принимают вид [5]

$$V(x, t)|_{t=0} = V(x, 0) = 0 \quad (13)$$

$$V(x, t)|_{x=x_M} = V(x_M, t) = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x=x_M} = k_2 \dot{x} \Big|_{x=x_M}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} \Big|_{t=0} = k_1, \quad (16)$$

Следует также отметить, что траектория квантового объекта присутствует и в исследованиях Б.Н. Родимова [4].

Уравнения (11) и (12), которое описывают траекторно-волновое движение объекта в центральном поле, а именно в поле кулоновской силы, можно свести к одному уравнению

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \frac{2(E + Ze^2/r)}{m} \Delta V = 0, \quad (17)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - оператор Лапласа, m - масса объекта (частицы), E - полная энергия

объекта (частицы), $U(r) = -Ze^2/r$ - потенциальная энергия водородоподобного атома. Применяя метод разделения переменных, и переходя к сферической системе координат, получим стационарное уравнение (1), решение которого рассматривается в данной статье.

Список литературы

1. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., 1976, 576 с.
2. Valishin N., Moiseev S. A method of V-function: ultimate solution to the direct and inverse problems of dynamics for a hydrogen-like atom // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 4, №5(88) (2017) pp.23-32
3. Valishin N.T. An Optical-Mechanical Analogy And The Problems Of The Trajectory-Wave Dynamics // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. Volume 12, Number 4 (2016), pp. 2935-2951
4. Валишин Н.Т., Павлова К.Е., Давыдов Н.В. Метод V-функции: к моделированию движения объекта в потенциальном поле сил. // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева №3, 2009.
5. Родимов Б.Н. Автоколебательная квантовая механика. Физико-математическое наследие: физика (квантовая механика) М.2010г. 416 с.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (02.00.00)

02.00.04

В.В. Поветкин д-р. хим. наук, Т.Г. Шиблева* канд. хим. наук, Л.Н. Макарова

Тюменский индустриальный университет,
институт промышленных технологий и инжиниринга, кафедры общей и физической химии,
danchukLN@yandex.ru,

*Тюменский государственный университет,
институт химии, кафедры неорганической и физической химии, Тюмень

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ И КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМЫХ ПОКРЫТИЙ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-15-17

В работе представлены результаты влияния внешних физических воздействий (ультразвука, магнитных полей) на электроосаждение и качество получаемых покрытий. Электроосаждение из омагниченных растворов электролитов приводит к улучшению физико-химических свойств покрытий.

Ключевые слова: электроосаждение, омагниченные растворы, электролит, магнитная активация, электрокристаллизация.

Легирование свинцом висмута и цинка приводит к улучшению коррозионных и антифрикционных свойств покрытий [1].

Существенное улучшение функциональных свойств гальванических покрытий возможно не только путем оптимизации химического состава электролита, но и варьированием условий электроосаждения. Представляет интерес изменение параметров используемых водных растворов электролитов путем применения внешних физических воздействий, в частности, ультразвука, магнитных полей и др.[2].

Для совместного электроосаждения сплавов разработаны электролиты висмутирования, цинкования и свинцевания на основе трилона Б [3-5]. Электролиты на основе трилона Б обладают ярко выраженными поверхностно – активными свойствами и образуют с ионами висмута, цинка, свинца прочные водорастворимые комплексы в широком диапазоне pH.

Осаждение покрытий проводили из трилонатных растворов следующего состава (таблица 1).

Таблица 1

Электролиты для осаждения сплава свинец – висмут, свинец – цинк

Электр олит	Соотношение [Pb ²⁺]/[Bi ³⁺]; [Pb ²⁺]/[Zn ²⁺]	Pb(NO ₃) ₂		Bi(NO ₃) ₃		Zn(NO ₃) ₂		Трилон Б	
		г/л	М	г/л	М	г/л	М	г/л	М
1	1:1	34,0	0,10	39,5	0,10	18,9	0,10	33,6	0,10
2	2:1	40,0	0,12	23,7	0,06	11,3	0,06	33,6	0,10
3	3:1	46,0	0,14	19,8	0,05	9,5	0,05	33,6	0,10
4	4:1	50,0	0,15	15,8	0,04	7,6	0,04	33,6	0,10

Электроосаждение проводили при комнатной температуре (pH раствора – 1,0 – 2,5) на медные катоды, в качестве анода использовали свинец. Химический состав определяли титриметрическим методом по стандартным методикам [6,7]. Для определения выхода по току использовали кулонометрические методы анализа. Толщина покрытий составляла 14 мкм.

Измерения микротвердости проводили на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20-30 г. Коррозионную стойкость испытывали в 0.1 н растворе H_2SO_4 в течении трех суток. Фазовый состав изучали методом рентгеноструктурного анализа, используя отфильтрованное кобальтовое излучение. Магнитное поле создавалось с помощью соленоида.

Ранее нами показано [3-5], что при электрокристаллизации висмута из омагниченного электролита происходит существенная перестройка прикатодной области за счет магнитно-гидродинамических эффектов, что приводит к интенсификации массопереноса ионов в электролите и увеличению рабочих плотностей тока.

Для получения хорошо паяемых, коррозионностойких и защитно-декоративных гальванопокрытий из легкоплавких металлов (свинца, висмута, цинка и др.) используются комплексные электролиты: цитратные, сульфаматные, тартратные [3-5]. Однако эти электролиты малопроизводительны и имеют низкую рассеивающую способность.

В работе изучены электроосаждение, структура и свойства покрытий, полученных в стационарных условиях и из омагниченных растворов. С целью выбора оптимальных режимов магнитной активации изучали влияние напряженности магнитного поля (от 0,05 до 0,3 Тл) на технологические параметры электролиза. Установлено, что максимальное влияние магнитное поле оказывает при напряженности 0,15-0,20 Тл. Активацию электролитов проводили непосредственно перед электролизом.

В результате проведенных исследований установлено, что магнитная активация электролитов улучшает их технологические характеристики: выход металла по току (ВТ) и рассеивающую способность (РС) (Таблица 2).

Магнитная активация электролита не только улучшает технологические характеристики растворов, но и изменяет структуру и свойства получаемых покрытий. Покрытия, осаждаемые при магнитоэлектролизе, были более твердые и коррозионностойкие (таблица 2), чем осадки получаемые в стационарных условиях. Это объясняется повышенной дисперсностью структуры покрытий и наличием в них большого содержания кислорода. При магнитной обработке водных растворов в них повышается содержание растворимого кислорода (в 2-3 раза) и его химическая активность. При этом в процессе электрокристаллизации металлов образование их оксидов локализуется на участках зарождения и роста кристаллитов. Окисление металла в указанных зонах происходит за счет кислорода из раствора и кислорода, возникающего при анодном разложении воды и поступающего за счет диффузии к катоду. Нами было установлено, что улучшение технологических характеристик омагниченных электролитов наблюдается на протяжении 5-6 часов после активации. Это явление обусловлено «магнитной памятью» водных растворов. Причем, магнитная память электролитов проявляется наиболее сильно в первые два часа после активации, а затем постепенно ослабевает и исчезает по истечении 6 часов.

При соотношении металлов 1:1 и напряженности магнитного поля 0,1-0,2 Тл осаждались светлые, плотные, полублестящие покрытия наилучшего качества. В зависимости от концентраций металлов в электролите и катодной плотности тока, содержание свинца в покрытии варьировалось от 38 до 42 %. С увеличением катодной плотности тока выход по току сплава снижается, что связано с протеканием побочных процессов. В случае использования магнитного поля выход сплавов по току увеличивается на 8% в отличие от обычных режимов осаждения. В сплавах наблюдается увеличение содержания висмута и цинка в среднем на 5% по сравнению с осадками полученными при стационарном электроосаждении. Вероятно, при осаждении в магнитном поле происходит снижение диффузионных ограничений при восстановлении катионов и соответственно скорость осаждения металлов увеличивается.

Таблица 2

Характеристика процесса электроосаждения металлов и его покрытий в зависимости от режима электролиза ($t = 25^{\circ}\text{C}$, $D_k = 2,5\text{A}/\text{дм}^2$)

Металл	Электролиз	ВТ, %	РС, %	H_{μ} , МПа	V_k , г/м ² ·ч	a , нм	Содержание кислорода, %
Bi	стационарный	87	79	30	27	0,470	0,62
	магнито- электролиз	93	85	45	14	0,472	2,70
Zn	стационарный	76	48	370	0,95	0,2674	0,60
	магнито- электролиз	83	57	400	0,83	0,2685	1,3
Pb	стационарный	69	54	40	2,1	0,4942	0,83
	магнито- электролиз	82	63	65	1,1	0,4950	3,66

Список литературы

1. Хансен М., Андерко К. Структура двойных сплавов. Т.2.М.: Металлургия. 1962. – 1488с.
2. Самсонов Г.В. Свойства элементов. Физические свойства. Справочник. 2-е изд. М.:Металлургия.1976.600с.
3. Поветкин В.В., Шиблева Т.Г. Вестник ТГУ. 2011.№5.с.137-141.
4. Поветкин В.В., Шиблева Т.Г., Молданова Н.А. Академический журнал Западной Сибири. Тюмень, 2014. Т.10.(52).с.155-158.
5. Поветкин В.В., Шиблева Т.Г., Кислицына Н.А. Вестник ТГУ. 2007.№3.с. 58-61.
6. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. Москва. Техносфера. 2006.216 с.
7. Шварценбах Г., Флашко Г. Комплексонометрическое титрование. М.:Химия, 1970. -382с.

02.00.15

**Г.Ю. Тараненко, С.С. Среднев канд. хим. наук, Г.В. Рыбина канд. хим. наук,
А.Е. Мешечкина канд. хим. наук**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный технический университет",
химико-технологический факультет, кафедра химической технологии органических веществ, Ярославль, rybinagv@ystu.ru

ОБ АКТИВНОСТИ ГАЛОГЕНИДОВ ТЕТРААЛКИЛАММОНИЯ В РЕАКЦИИ 1,2-ЭПОКСИЦИКЛОПЕНТАНА С ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-18-21

Исследована реакция карбоксилирования 1,2-эпоксидциклопентана при катализе четвертичными аммониевыми солями в растворе ДМФА под давлением 2,0 МПа. Установлено влияние типа катиона, аниона соли и других реакционных параметров на процесс.

Ключевые слова: *циклопентенкарбонат, 1,2-эпоксидциклопентан, четвертичная аммониевая соль, диоксид углерода, давление 2,0 МПа.*

Введение

Одно из развивающихся направлений современной нефтехимии базируется на использовании в качестве сырьевого ресурса диоксида углерода. При этом многочисленные исследования проводятся в области синтеза циклических карбонатов (ЦК) на основе реакции взаимодействия диоксида углерода с эпоксидами [1,2]:



ЦК широко используются как апротонные растворители, промежуточные продукты органического синтеза, сырьё для ВМС, компоненты литиевых источников тока, ингредиенты в фармацевтике [1,2].

В России фундаментальные исследования в области ЦК выполнили ученые ВНИИ нефтехима [3]. Это позволило внедрить процесс синтеза пропилен карбоната (ПК) в промышленности [2]. Четвертичные аммониевые соли (ЧАС) и фосфониевые соли (ЧФС) часто используют для катализа реакции карбоксилирования, изучении новых каталитических систем, а также как «модели сравнения», что описано в монографиях [1,2] и обзорах [3,4,5]. Однако в публикациях отсутствуют исследования по каталитической активности ЧАС в реакции взаимодействия окисей циклоалкенов с диоксидом углерода на основе данных кинетики.

Цель работы - изучение каталитической активности галогенидов тетраалкиламмония в процессе карбоксилирования 1,2-эпоксидциклопентана (ЭЦП), кинетики реакции и некоторых закономерностей синтеза ЦК.

Исследование позволяет создать «модель сравнения» для оценки реакционной способности алициклических эпоксидов, полезна при разработке новых каталитических систем.

Экспериментальная часть

Реакцию карбоксилирования ЭЦП проводили аналогично описанному в работе [6], используя титановый реактор объемом 60 см³. Продукты реакции анализировали на хроматографе "Хроматек-Кристалл 5000.2", используя ПИД и капиллярную колонку (30 м, 0.32 мм), сорбент CR-WAXms. Температура колонки от 60 до 160 °С, скорость подъема 10 °С в минуту, газ-носитель водород. Внутренний стандарт - ундеканол-1.

Растворитель – диметилформаид (ДМФА), марки «ч» перед синтезом подвергались ректификации.

1,2-Эпоксидциклопентан- массовая доля 99.5 %, $t_{\text{кип}}$ 102 °С, n_d^{20} 1.4336 получен окислением циклопентена [7].

Диоксид углерода соответствовал ГОСТ 8050-85.

Тетрабутиламмоний (ТБАБ) и тетраэтиламмоний бромиды (ТЭАБ), иодид тетрабутиламмония (ТБАИ) – марки «ч».

Adogen 464- триоктилметиламмоний хлорид (Oct_3MeNCl) фирмы «Sigma – Aldrich Chemie GmbH».

Гексаэтилгуанидин бромид (Et_6GnBr)- получен см. [8].

Циклопентенкарбонат (цис-2,4-диоксабицикло[3,3,0]октан-3-он)- выделен ректификацией, 99.7 % массовых, $t_{\text{кип}}$ 170 °С/2 мм.рт.ст, $t_{\text{пл}}$ 32.5-35 °С.

ЯМР ^1H - и ^{13}C -спектры регистрировали на спектрометре «Bruker DRX400». Растворитель: ДМСО- d_6 , внутренний стандарт – ТМС. ИК-спектры регистрировали на спектрометре «Фурье RX-1 Perkin Elmer».

ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$: 1780 (C=O), 1172, 1112, 1047 (C–O–C). Спектр ЯМР ^1H (400 МГц, δ , м.д.): 1.45-1.62 м (1H, H^5), 1.62-1.77 м (3H, H^5 , H^4 , H^6), 1.88-2.00 м (2H, H^4 , H^6), 5.12-5.20 м (2H, H^{3a} , H^{6a}). Спектр ЯМР ^{13}C (75 МГц, δ , м.д.): 21.38 (1C, C^5), 32.44 (2C, C^4 , C^6), 81.89 (2C, C^{3a} , C^{6a}), 155.07 (1C, C=O).

Результаты и обсуждение

Сведения о синтезе циклопентенкарбоната (ЦПК) взаимодействием CO_2 с ЭЦП при катализе галогенидами ЧАС не многочисленны. Так ЦПК получили с выходом 92 % от теоретического в присутствии 0.3- 0.4% моль ТЭАБ или ТБАБ под давлением CO_2 4.0- 4.5 МПа при 180- 190 °С. Время реакции не указано [9].

Близкая селективность по ЦПК получена нами (таблица 1, строка 1) при 150 °С, давлении 2.0 МПа, содержании ТЭАБ 0.1 моль/ дм^3 (1.1 % моль) и времени реакции 2 ч. Конверсия ЭЦП составила 34.9%. Уменьшение начальной концентрации ЭЦП до 2.8 моль/ дм^3 за счет растворителя- ДМФА (таблица 1, строка 2) привело к росту конверсии эпоксида до 83.0 % и селективности по ЦПК- 95.3 %.

Было установлено, что кинетические кривые исчерпывания ЭЦП в интервале температур 110- 150 °С без растворителя и в среде ДМФА описываются кинетическим уравнением для реакции псевдопервого порядка $C = C_0 \cdot e^{-kt}$, которое мы использовали для нахождения констант скоростей (k) реакции (см. таблица 1), как и авторы ряда работ [3,10].

Таблица 1 - Влияние типа соли на реакцию карбоксилирования 1,2-эпоксидциклопентана

Температура 150 °С, давление CO_2 2.0 МПа, концентрация ЭЦП в растворе ДМФА- 2.8 моль/ дм^3 , время реакции 120 мин.

Строка, №	ЧАС		Конверсия, %	Селективность, %	Константа скорости, мин^{-1}
	Тип	моль/ дм^3			
1	ТЭАБ*	0.10	34.9	90	0.006
2	ТЭАБ	0.10	83.0	95.3	0.020
3	ТБАБ	0.11	80.4	>99	0.014
4	Et_6GnBr	0.10	83.4	94.9	0.016
5	Oct_3MeNCl	0.12	70.4	>99	0.012
6	ТБАИ	0.10	41.1	>99	0.004
7	ТБАБ**	0.10	57.5	>99	0.007

* без растворителя, содержание ЭЦП 8.9 моль/ дм^3

** температура 140 °С

Применение растворителя позволило увеличить скорость реакции карбоксилирования ЭЦП почти в три раза (таблица 1, строка 1, 2). Поэтому дальнейшие эксперименты проводили в растворе ДМФА.

Увеличение объема катиона R_4N^+ (таблица 1, строки 2, 3) вызвало снижение скорости реакции в 1.4 раза, но при дальнейшем увеличении углеводородной цепи (таблица 1, строка 4,5) константа скорости изменилась незначительно. При варьировании типа галогенид-аниона в ЧАС (таблица 1, строки 3,4,5,6), прослеживается снижение активности солей в следующей последовательности $Br^- > Cl^- > I^-$, как по k реакции, так и по конверсии ЭЦП. Такой ряд активности ЧАС совпадает с данными работы [11] при карбоксилирование ОП без растворителя, при давлении 2.0 МПа и температуре 125 °С.

Влияние температуры на реакцию карбоксилирования изучали при концентрации ТБАБ 0.11 моль/дм³ в растворе ДМФА под давлением CO_2 2.0 МПа (таблица 1, строки 3, 7; рис. 2). Снижение температуры со 150 °С до 140 °С приводит к уменьшению k в 2 раза, конверсия ЭЦП снижается до 57.5 %, селективность процесса сохраняется на уровне 99 %. В интервале температур 110- 150 °С были определены k реакции в присутствии ТБАБ и энергия активации, используя уравнение Аррениуса (рис. 1). Величина энергии активации $E = 82.8$ кДж/моль в реакции карбоксилирования ЭЦП близка по величине к E реакции окиси этилена с CO_2 при катализе ТЭАБ – 81.1 кДж/моль в растворе ЦК (8.0 МПа, 140- 200 °С) [3], окиси пропилена - 80 кДж/моль [3], моноокси метилолеата - 73 ± 8 кДж/моль [10].

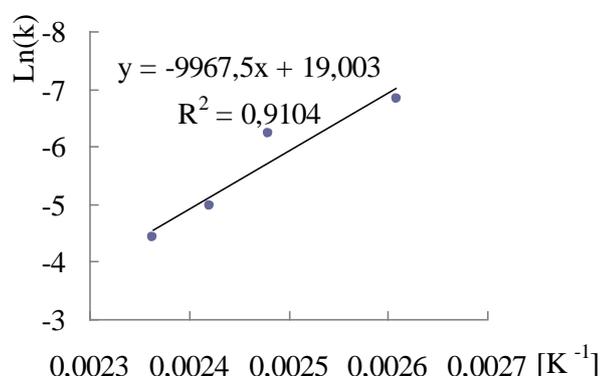


Рис. 1 – Зависимость $\ln(k)$ от $1/T$ в реакции карбоксилирования ЭЦП

Влияние концентрации ТБАБ на k реакции карбоксилирования исследовали при температуре 150 °С под давлением CO_2 2.0 МПа и содержании ЭЦП 2.8 моль/дм³ в растворе ДМФА. В изученном интервале концентраций ЧАС 0.05- 0.2 моль/дм³ наблюдается прямолинейная зависимость k реакции от содержания катализатора: $k = 0,1196 \cdot C_{kt} + 0,002$ ($R^2 = 0.97$). Аналогичные зависимости описаны ранее для окиси этилена и ЭХГ в растворе ЦК при катализе ТЭАБ под давлением CO_2 8.0 МПа и 0.1 МПа соответственно [3].

Полученные нами данные по влиянию размера катиона и типа галогенид-аниона тетраалкиламмониевой соли, кинетические исследования согласуются с данными ряда работ и указывают на протекание реакции карбоксилирования с участием бифункционального центра [4,10,11,12].

Выводы

1. Показано, что активность тетраалкиламмоний галогенидов при катализе реакции циклоприсоединения диоксида углерода к ЭЦП в растворе ДМФА при давлении 2.0 МПа и температуре 150 °С уменьшается в ряду $Br^- > Cl^- > I^-$. Селективность реакции по ЦПК составляет 95- 99 %.

2. При увеличении количества атомов углерода в алкильные группе ЧАС более 4- х не отмечено существенного влияния размера катиона на скорость реакции.

3. Кинетика реакции в интервале температур 110- 150 °С описывается уравнением для реакции псевдопервого порядка по ЭЦП. Величина энергии активации составила 82.8 кДж/моль.

4. Показано, что в интервале концентраций ТБАБ 0.05- 0.2 моль/дм³ скорость реакции циклоприсоединения прямо пропорциональна содержанию катализатора.

Список литературы

1. *Aresta M.* Carbon Dioxide as Chemical Feedstock.- Wiley-VCH. – Weinheim, 2010.- 250 p.
2. *Мухеев В.В.* Неизоционатные полиуретаны, монография.- Казань: КНИТУ, - 2011. – 292 с.
3. Алкиленкарбонаты.- Л.: ВНИИНефтехим, 1975. – 100 с.
4. *Michael North M., Pasquale R., Young C.* Synthesis of cyclic carbonates from epoxides and CO₂ // *Green Chem.* – 2010. – Vol. 12. - P. 1514-1539.
5. *Сулимов А.В., Овчарова А.В., Овчаров А.А., Рябова Т.А., Кравченко Г. М., Лысанов С.А.* Синтез циклических карбонатов из оксидов олефинов и диоксида углерода. Сообщение 1. Катализ ионными жидкостями // Катализ в пром. – 2016. - Т. 16. - № 3. - С. 6-16.
6. *Бобылева Л.И., Крюков С.И., Ильина Г.В.* Конденсация оксидов олефинов с диоксидом углерода в присутствии каталитической системы хлорид металла-диметилформамид // Нефтехимия. – 1996. – Т. 36. – №3. – С. 209-213.
7. *Мельник Л.В., Мешечкина А.Е., Рыбина Г.В., Среднев С.С., Москвичев Ю.А., Козлова О.С.* Синтез 1,2-эпоксидциклопентана и (или) 1,2-эпоксидциклопентандиола окислением циклопентена водным раствором пероксида водорода // Нефтехимия.- 2012.- Т. 52.- № 5.- С. 348- 353.
8. Пат. US 5082968. Method of preparing hexaalkylguanidinium salts / Daniel J. Brunelle. Заявл. 1.1.1990. Оpubл. 21.01.1992.
9. Пат. IL 67357 A. Preparation of cyclic 1,2-cis-diols from cyclic 1,2-epoxides / Reinhold Cohn Ha'am ST. Заявл. 29.11.1982. Оpubл. 28.02.1986.
10. *Langanke J., Greiner L., Leitner W.* Substrate dependent synergetic and antagonistic interaction of ammonium halide and polyoxometalate catalysts in the synthesis of cyclic carbonates from oleochemical epoxides and CO₂ // *Green Chem.* – 2013. – Vol. 15. – P. 1173-1182.
11. *Lian S.* Water as an efficient medium for the synthesis of cyclic carbonate // *Tetrahedron Lett.* – 2009.- Vol. 50. – P. 423-426.
12. *Wang J., Kong D., Chen J., Cai F., He L.* Synthesis of cyclic carbonates from epoxides and carbon dioxide over silica-supported quaternary ammonium salts under supercritical conditions // *J. Mol. Catal. A: Chem.* – 2006. – Vol. 249. – P. 143–148.

02.00.10

И.С. Черепанов канд. хим. наук

ФБГОУ «Удмуртский государственный университет»,
кафедра Фундаментальной и прикладной химии,
Ижевск, cherchem@mail.ru

ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИЯ ПРОДУКТОВ N-АРИЛАМИНОГЛИКОЗИЛИРОВАНИИ МОНОСАХАРИДОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-22-24

В работе представлены результаты исследования процессов N-ариламиногликозилирования D-галактозы, D-маннозы и L-арабинозы методом ИК-Фурье спектроскопии. Показано, что основными продуктами amino-карбонильных взаимодействий являются N-ариламиногликозиды, при этом отмечено различное поведение и строение продуктов систем на основе изученных пентоз и гексоз. Полученные результаты могут быть полезны при исследовании и контроле процессов, протекающих в агротехнологических углевод-аминных системах.

Ключевые слова: *ИК-Фурье спектроскопия, моносахариды, ариламины, N-гликозилирование.*

Введение

Ароматические амины проявляют высокую физиологическую активность, одним из путей их метаболизма в живых системах являются процессы их гликозилирования с образованием N-ариламиноконъюгатов [1]. Кроме того, важное значение имеют продукты первой стадии взаимодействия – N-гликозиламины, для которых также доказаны биологически значимые свойства, актуальные для пищевой (антиоксиданты) и сельскохозяйственной (пестициды) отраслей [2]. В связи с этим представляется интересным изучение ранних стадий процессов N-ариламиногликозилирования, которые зачастую осложняются рядом сопряженных реакций, одной из которых является перегруппировка Амадори [1], которая в значительной степени изучена в системах на основе D-глюкозы. Кроме того, возможны побочные процессы гидролиза, окисления, а также образование N-гликозиламинов в различных кристаллических стереоформах [2,3]. Авторами [1] на основании данных ЯМР-спектроскопии описана структура ряда N-n-толилгликозиламинов, при этом отмечены различные выходы целевых продуктов (68-81%), неоднозначно изменяющиеся в ряду пентоз и гексоз. В последние годы была показана перспективность исследований процессов N-ариламингликозилирования [2-4], в связи с чем целью настоящей работы являлось изучение динамики процессов и природы продуктов при синтезе N-n-толилгликозиламинов в модельных системах на основе D-галактозы (Gal), D-маннозы (Man) и L-арабинозы (Ara).

Экспериментальная часть

Процессы проводились в среде неабсолютированного этанола, эквимольные (0.002 моль) смеси альдогексоза–n-толуидин термостатировались при 60⁰С, системы с арабинозой – при 30⁰С, ход реакций контролировался методами спектрофотометрии (спектрофотометр СФ-2000) и тонкослойной хроматографии (элюентная система бутанол-этанол-вода 5:2:1, проявление в иодной камере), для высушенных твердых продуктов снимались ИК-спектры (ИК-Фурье спектрометр ФСМ-2201), дополнительно выполнялся элементный анализ. Продукты были выделены в виде порошков белого или светло-желтого цвета (Gal: выход 56%, 5.22 %N; Man: выход 70%, 5.23%N; Ara: выход 50%, 5.87 %N), повышение температуры синтеза выше указанного уровня вызывает образование во всех исследуемых системах окрашенных полимеров.

Результаты и их обсуждение

Анализ ИК-спектров в «аномерной» области (рис., позиция А) показывает наличие полос различной интенсивности около $775 \pm 10 \text{ см}^{-1}$, отвечающей колебаниям пиранозных колец, которые регистрируются как для свободных углеводов и гликозиламинов [1,2], так и продуктов Амадори [5], и свидетельствует в совокупности с полосой 890 см^{-1} о β -конфигурации аномерных центров [6]. Слабая полоса при 736 см^{-1} в спектре продукта на основе маннозы показывает наличие примеси α -аномера [3,6].

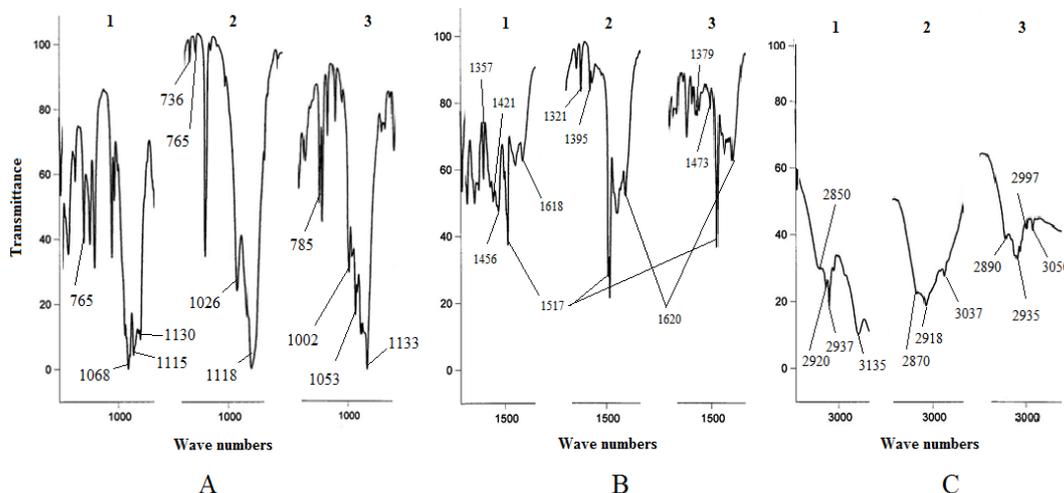


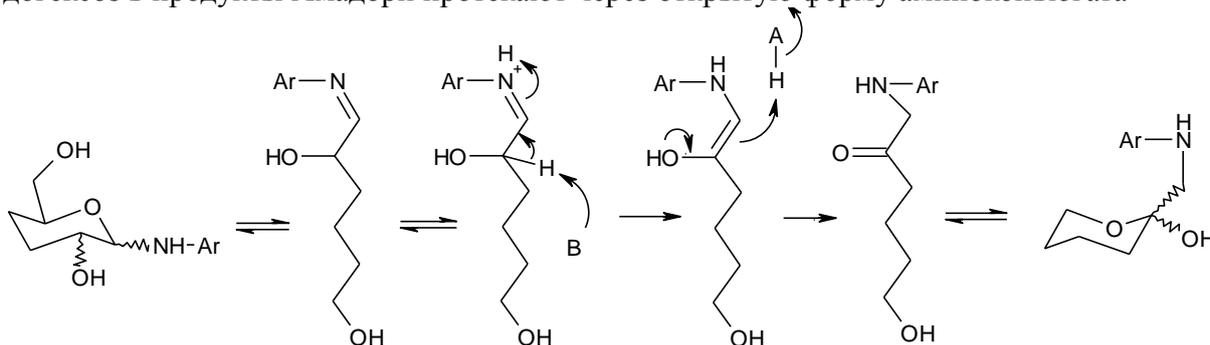
Рис. – Фрагменты ИК-Фурье спектров продуктов гликозилирования в области $700\text{-}1200 \text{ см}^{-1}$ (А), $1200\text{-}1750 \text{ см}^{-1}$ (В), $2800\text{-}3200 \text{ см}^{-1}$ (С): 1. – Gal; 2. – Man; 3. – Ara

Можно отметить, что тонкая структура полос поглощения в интервалах $1010\text{-}1090$ и $1120\text{-}1170 \text{ см}^{-1}$, также указывающих на наличие углеводных циклов, наблюдается в системах на основе галактозы и арабинозы и в меньшей степени в спектре продукта на основе маннозы.

В области средних частот ИК-спектра информацию о структурных изменениях может дать интервал $1400\text{-}1500 \text{ см}^{-1}$: четкие полосы в данной области отвечают деформационным колебаниям метиленовых групп в CH_2OH -фрагменте [7], структурные изменения которого приводит к смещению и падению интенсивности сигналов (рис., позиция В).

Полосы деформационных колебаний аминогрупп первичных ариламинов (δ_{NH}) при образовании вторичных аминов (аминогликозидов) по данным авторов [6] смещаются в высокочастотную область и проявляются в интервале $1600\text{-}1630 \text{ см}^{-1}$, что является свидетельством образования N-гликозидов и позволяет контролировать ход процессов, при этом следует учитывать, что на данные сигналы возможно наложение полос колебаний ароматических колец ариламина и может затруднять интерпретацию [4].

Полоса в области $1450\text{-}1480 \text{ см}^{-1}$ фиксируется в спектре производных галактозы, также можно наблюдать малоинтенсивную полосу при 1473 см^{-1} в спектре арабинозиламина; последняя, вероятно, обусловлена возможностью образования различных циклических при N-ариламиногликозилировании арабинозы, что связывают с отсутствием в молекулах пентоз оксиметиленовой группы при C_5 -атоме [3]. Процесс перегруппировки гликозиламинов альдогексоз в продукты Амадори протекают через открытую форму аминоконъюгата



при этом сигналы, характерные для ациклических форм (1730 см^{-1} для кетонов и 1647 см^{-1} для эндиолов [5]) в спектрах всех трех выделенных продуктов отсутствуют. Тем не менее, тенденция к образованию открытых форм в реакционной среде у разных альдоз различная. В частности, известно, что аксиальное положение $\text{C}_2\text{-OH}$ группы маннозы обуславливает эффект Ривса, а дополнительным фактором, способствующим рециклизации, могут быть амино-карбонильные взаимодействия [4], что обуславливает больший в сравнении с производными галактозы выход маннозиламинов.

В высокочастотной области полосы в интервале $2700\text{-}3200\text{ см}^{-1}$, относимые к CH/CH_2 -валентным колебаниям (рис., позиция С), также позволяют получить информацию о структуре производных углеводов. В спектре Ага-продукта наблюдается полоса при 2997 см^{-1} , относимая к $\nu_{\text{as}}(\text{C}^5\text{H}_2)$ при C_5 -атоме арабинопиранозы [7]; полосы $2935\text{-}2937\text{ см}^{-1}$ в спектрах продуктов гликозилирования гексоз также являются характерными для альдопираноз ($\nu_{\text{as}}(\text{C}^6\text{H}_2)$). Отсутствие в спектрах Ман, Gal-продуктов полос при 2900 см^{-1} , относимых к симметричным валентным колебаниям $\nu_{\text{s}}(\text{C}^1\text{H}_2)$ [7] и характерных для фруктофураноз, что может свидетельствовать об отсутствии дезоксиаминокетоз в продуктах N-ариламиногликозилирования альдогексоз.

Таким образом, ИК-Фурье спектроскопия позволяет контролировать протекание процессов N-гликозилирования моносахаридов и чистоту образующихся продуктов, при этом следует отметить, что данные ИК-Фурье спектроскопии надежно коррелируют с данными других независимых методов [1,3,6].

Выводы

1. Совокупный анализ ИК-Фурье спектров в трех областях частотного диапазона позволяет получать информацию о структурных особенностях продуктов N-ариламиногликозилирования.

2. Низкочастотная область является информативной в части установления структуры углеводных циклов, анализ области средних и высоких частот полезен при исследовании и контроле протекания процессов образования N-гликозидов.

3. При изучении выбранных модельных систем установлено, что в условиях эксперимента в системе на основе галактозы образуются β -галактопиранозиламины, производные маннозы обнаруживают примесь α -аномера N-арилманнопиранозида, арабинозиламины образуются в виде нескольких циклических форм.

Список литературы

1. *Kublashvili R., Labartkava M., Giorgadze K., Ugrekhilidze D.* Synthesis and characterization of N-tolylglycosylamines // *Chem. Nat. Comp.* 2008. – Vol. 44. – P. 413–415.
2. *Shul'tsev A.L., Panarin E.F.* Synthesis, structure, and properties of allylamino glycosides // *Rus. J. Gen. Chem.* 2013. – Vol. 83. – P. 510–519.
3. *Shul'tsev A.L.* N-glycosides of 4-aminostyrene // *Rus. J. Gen. Chem.* 2014. – Vol. 84. – P. 235–241.
4. *Metlitskikh S.V., Koroteev A.M., Koroteev M.P. et al.* Synthesis of bis(glycosylamino)alkanes and bis(glycosylamino)arenes // *Rus. Chem. Bull.* 2005. – Vol.54. – P. 2890–2898.
5. *Horvat S., Jakes A., Vass E., Samu J., Hollosi M.* CD and FTIR spectroscopic studies of Amadori compounds related to the opioid peptides // *J. Chem. Soc. Perkin Trans 2.* 1997. – №8. – P. 1523–1528.
6. *Das T., Rao C., Kolehmainen E.* Synthesis and characterization of N-glycosyl amines from the reaction between 4,6-O-benzyliden-D-glucopyranose and substituted aromatic amines and also between 2-(o-aminophenyl)benzimidazole and pentoses or hexoses // *Carbohydr. Res.* 2001. – Vol. 334. – P. 261–269.
7. *Wiercigroch E., Szafraniec E., Czamara K. et al.* Raman and infrared spectroscopy of carbohydrate: A review // *Spectrochim. Acta. Part A.* 2017. – 185. – P. 317–335.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (05.02.00)

05.02.13

О.С. Ануфриенко канд. техн. наук, В.Д. Задорожный канд. техн. наук

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
Оренбургского государственного университета, механико-технологический факультет,
кафедра электроэнергетики и теплоэнергетики,
Орск, zador.avia@mail.ru

**К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ
УСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-25-29**

В статье ставится актуальный вопрос энергосбережения на машиностроительном предприятии за счёт внедрения мини-ТЭЦ с когенерационными установками. На примере машиностроительного предприятия Восточного Оренбуржья приводится информация, необходимая для постановки задачи проектирования и внедрения высоко эффективной технологии генерации энергии. Приведены характеристики производства и мини-ТЭЦ, состав системы контроля и управления, решения по системе вентиляции и защите от шума.

Ключевые слова: *Энергосбережение, когенерация, мини-ТЭЦ, газовый двигатель, система защиты, автоматизация, вентиляция.*

Вопрос энергосбережения на всех уровнях внешнего и внутреннего рынка возникает тогда, когда растут цены на энергоносители, к которым, прежде всего, относятся природные и синтетические углеводороды (газообразные, жидкие и твёрдые топлива), сжатый воздух, технические и технологические воды [1].

Стратегия и сценарий событий в мире и пространстве РФ, указывают на то, что цены на топливо, воду, электричество и тепло будет расти до максимально-критических значений.

Отметим положительную сторону событий этого плана.

Индикаторы роста цен на топливо во внешнем и внутреннем рынках стали крайне важными и главными стимулами, мотивами потока модернизаций мирового экономического пространства.

Этот фактор решительно подвёл к необходимости избавляться от стереотипов, устаревших технологий производств, затратных и не эффективных мероприятий, не оправдавших себя методологических основ производства и аудита.

Одно из таких решений – когенерационные установки.

Автономные источники малой энергетики на базе мини – ТЭЦ в настоящее время на российском рынке представлены газотурбинными, бензиновыми и дизельными электростанциями мощностью от 10 до 30 МВт как отечественного, так и зарубежного производства [2]. Наблюдается потребительский спрос на мини - электростанции. Это вызвано тем, что автономизация производства электрической энергии обусловлена поиском энергетической безопасности объектов, особенно тех, где задействованы компьютерные технологии управления.

Когенераторные установки состоят из газопоршневых или газотурбинных силовых агрегатов, генераторов, систем отбора тепла

(теплообменников) и систем управления. Тепло не выбрасывается в атмосферу, а отбирается с выхлопа, снимается с масляных радиаторов и охлаждающей жидкости с двигателей. При этом в среднем на 1 кВт электрической мощности потребитель получает 1,1 кВт тепловой мощности в виде пара или горячей воды. Когенераторные установки успешно покрывают потребность в электрической и тепловой энергии [3,4,5].

Рассмотрим пример проектирования и внедрения когенерационной установки в качестве источника электрической и тепловой энергии на крупном машиностроительном предприятии Восточного Оренбуржья, обладающем мощным производственным потенциалом и современными технологиями. Производственная база предприятия позволяет работать по замкнутым технологическим циклам, включающим следующие производства: литье черных и цветных металлов, литье деталей из пластмассы, механическую обработку, производство бытовой техники, все виды сварочных работ, лакокрасочных и гальванических покрытий, термообработку, сборочное и инструментальное производство.

Электроприемников на предприятии классифицируются: – по напряжению: выше 1000 В и ниже 1000 В (нагрузка 0,4кВ и освещение); по току: постоянного и переменного; по мощности: большой и средней; по частоте: промышленной частоты 50Гц; по степени надежности: I категория – компрессора подачи воздуха, башня осушки воздуха, II категория – линии заливки, вакуум формовочные машины, вентиляторы вытяжные, сварочные установки, подъемно-транспортные устройства, грузовые лифты, конвейеры цепные, печи сушки, III категория – станки, стенды испытания, калорифер.

Окружающая среда в цехах нормальная, расположение приёмников – стационарное, нагрузка равномерная. Предприятие в месте присоединения к магистрали ТЭЦ до внедрения КУ имело центральный тепловой пункт (ЦТП), в котором происходит приготовление горячей воды для нужд горячего водоснабжения (ГВС) а также отопления и вентиляции цеховых корпусов и административно – бытовых корпусов. Нагрев воды в ЦТП производится в водоводяных кожухо – трубных подогревателях, присоединённых к тепловой сети по универсальной смешанной двухступенчатой схеме. Главным недостатком традиционной системы является покупная тепловая и электрическая энергии, которые с каждым днём становятся дороже. Существуют ещё несколько значительных недостатков, такие как затраты на поддержание в рабочем состоянии магистральных трубопроводов, которые с каждым годом увеличиваются, безвозвратные потери при транспортировке, устаревшее оборудование ЦТП и питающих магистралей городской ТЭЦ, низкая степень автоматизации и учёта потребления энергоресурсов.

Целью исследования является проектирование и внедрение автономной мини – ТЭЦ на территории предприятия.

Преимуществом строительства автономной мини – ТЭЦ по отношению к ЦТП от городской ТЭЦ являются: улучшение теплоснабжения предприятия, снижение потерь при транспортировке теплоносителей и электричества, снижение затрат на теплоснабжение предприятия, высокий уровень автоматизации производства энергоносителей, полная автономность электроснабжения. При использовании двух когенераторных установок во внедряемой автономной мини – ТЭЦ происходит выработка как тепловой, так и электроэнергии для собственных нужд, так и для нужд всего предприятия.

Планировка и размещение здания мини – ТЭЦ и сооружений на промплощадке должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП, а транспортная сеть района строительства представлена железными дорогами и автодорогами местного значения.

В соответствии с полученными расчётными данными тепловой нагрузки предприятия в отсутствии паровой нагрузки, к внедрению предлагается принять две когенераторные газопоршневые установки, мощностью по 4000 КВт каждая и реализовать строительство двух мини – ТЭЦ – 4000 КВт с двигателем DEUTZ, модель NCG 2032 V 16N.

Обе мини – ТЭЦ 4000 предназначены для выработки тепловой энергии, электроэнергии для собственных нужд и нужд предприятия в целом и имеет:

- 1) Часовую выработку тепла для одной мини – ТЭЦ – 3,5948 Гкал/час
- 2) Общую выработку тепла для 2 – х мини – ТЭЦ – 7,1896 Гкал/час
- 3) Часовой расход природного газа – 1003,685 н.м³/час
- 4) Общий часовой расход газа для 2 – х мини – ТЭЦ – 2007,37 н.м³/час
- 5) Годовую выработку тепла – 62980,896 Гкал/год
- 6) Годовой расход природного газа – 17,584 млн.н.м³/год

7) Годовую потребность в топливе – 20,1 тыс.т.у.т./год

Краткая характеристика установки ТЭЦ – 4000 кВт:

– непрерывная выработка электроэнергии в соответствии с ISO 3046/DIN 6271 (ICEN) – 4000 кВт;

– электрическая полезная мощность – 3916 кВт;

– общая рекуперация теплоты составляет – 4180 кВт = 3594800 ккал/час;

– тепловой КПД – 44,77 %;

– электрический КПД – 41,95 %;

– полный КПД установки – 86,72 %.

Приведём характеристики периферийных устройств. Каждый агрегат мини – ТЭЦ содержит четырёхтактный двигатель с турбокомпрессором, две стадии промежуточного охлаждения, смеситель бедной отработанной горючей смеси воздуха и паров бензина, система зажигания с электронным управлением и использования микропроцессора, и непрерывной системой оптимизации выбросов загрязняющих веществ без внешних катализаторов.

Газовый двигатель имеет:

– Производительность – 4000 кВт при $n = 1000$ об/мин

– Механическую полезную мощность – 9,6 МВт. ч./Нм³ при $Q = 8250$ ккал/Нм³ на природном газе.

Трёхфазный синхронный генератор укомплектован автоматическим регулятором напряжения и в случае параллельной работы с внешней электроэнергетической системой – автоматическим регулятором коэффициента мощности. Генератор содержит главный внутренний электрод, возбудитель внешнего электрода и регулятор напряжения с подачей энергии от постоянного магнитного возбудителя. Активная мощность при $\cos \varphi 0,8 - 1,0 - 3,884 \div 3,916$ МВт., напряжение 10,5 кВ, частота 50 герц.

Для рекуперации теплоты и выработки горячей воды с параметрами

70/90 ° С используют пластинчатый теплообменник мощностью 1,873 МВт или 1610780 ккал/час и кожухотрубчатый теплообменник мощностью 2,307 МВт или 1984020 ккал/час и расходом воды 179,71 м³/час.

Температуры выхлопных газов на входе и выходе равны 476 и 120 ° С, расход выхлопной массы составляет 20897 м³/час.

Промежуточный охладитель теплообменника имеет производительность 0,204 МВт или 175440 ккал/час и температурой цепи промежуточного охладителя 40 ° С. Для водяного охлаждения смазочного масла используют матричный теплообменник мощностью 1,873 МВт или 1610780 ккал/час и температурой 90 ° С. Линия подачи горючего газа к двигателю получает газ от ГРП и питает отдельные агрегаты мини – ТЭЦ по отдельным трубам и содержит ручной отсекающий клапан, датчик давления для индикации давления газа, переключатель давления по минимуму давления газа, клапан-отсекатель с электромагнитным управлением, регулятор давления газа. Для отдачи тепла от двигателя используют внешнюю охлаждающую систему (радиатор), который работает на кругообороте горячей воды через клапан термостата.

Объектом автоматизации в данном случае является модернизированная автономная мини – ТЭЦ, предназначенная для работы параллельно с существующей тепловой и электрической сетью, обеспечивающую теплом и выработанной электроэнергией машиностроительное предприятие. Приборы по контролю уровня воды, температуре и расхода воды и газа следует использовать, поставляемые фирмой – поставщиком: Мерлони Проджетти С.П.А., сигналы от приборов свести в контроллер оператора смены мини – ТЭЦ Fastwel WAGO I/O и предусмотреть модемную передачу данных по выработке энергоносителей диспетчеру завода, а также данные о тревогах, аварийных и пожарных ситуациях. В качестве расходомерного устройства могут быть использованы существующие диафрагмы по расходу воды, воздуха и топлива. В схеме автоматического регулирования использовать регуляторы уровня воды в системе, а также регуляторы давления воды, регуляторы температуры воды на

входе и выходе из системы, воздействующие на подачу топлива к горелкам. Для удобства эксплуатации целесообразно установить манометр на линии подвода газа к запальникам. Работа автономной мини – ТЭЦ подразумевает параллельную работу агрегатов мини – ТЭЦ совместно с сетью. Главное требование успешной работы – это соответствие минимумов и максимумов нагрузок мини – ТЭЦ и потребителей в различные сезоны работы в течение года.

Автономная мини – ТЭЦ подразумевает и изолированную работу когенераторных установок, как одной, так и обеих в различные периоды и сезоны годовой потребности энергоносителей потребителями.

Приведём некоторые существенные решения о системе контроля и управления турбогенераторами мини – ТЭЦ. Наилучшим решением оказалось использование панели контроля и управления TEM Evolution. Система контроля и управления двигателями на горючем газе TEM (Total Electronic Management – общее электронное управление), была разработана, чтобы совместить в одном устройстве все самые важные функции двигателя на горючем газе, его вспомогательных устройств и обмоток генератора. Параметры работы – это главным образом аналоговые сигналы, и ими можно управлять через программируемые предельные значения. Одним из факторов, на котором основывается концепция управления, является измерение температуры камеры сгорания при помощи высокотемпературных NiCrNi сенсоров в каждом из 16 цилиндров двигателя. Встроенное устройство управления сравнивает интенсивность сгорания с заданными функциями и приводит воздушно – газовую смесь к оптимизированному соотношению, ведущему к минимальному потреблению и более высокой надёжности компонентов. В системе TEM программируются 15 самых значимых функций, в числе которых – контроль горения газа в двигателе, система контроля детонации на каждом цилиндре (противоударная), автоматические и ручные процедуры старт/стопного режима и т.д. Антidetонационная система управления для контроля и регулирования цилиндров позволяет (допускает) оптимизированную работу двигателя при изменении качества газовой смеси. Микропроцессор и установленное программное обеспечение регулируют время зажигания для каждого цилиндра в соответствии с измеренными значениями. Эта регулировка также используется для оптимизации потребления газа. Данные TEM передаются через интерфейс в соответствии с протоколом 3964 R на другие системы управления или промышленный компьютер типа Simatic S5 с CP 525/CP 524. Система с программным управлением TEM, обрабатывая все эти функции, обеспечивает надёжную работу устройства при различных условиях работы. Панель TEM оборудована графическим жидкокристаллическим цветным дисплеем с разрешением 640 × 480 пикселей, с которым легко используют 12 функциональных клавиш управления. Панель располагается рядом с двигателем агрегата. Дисплей системы контроля и управления TEM EVO допускается устанавливать в операторной мини – ТЭЦ, то есть отдельно от панели управления.

20 *Аналоговых сигналов* отображаются на дисплее TEM EVO. В том числе давление смазочного масла, температура, показатели температур, скорость двигателя, положение дросселя, запрос энергии, доставляемая энергии, дата и время событий, контроль параметров ТЭЦ

27 *сигналов тревоги* и 13 *сигналов остановки* для двигателя выводятся на дисплей. *Устройство двигатель – генератор* выводит на дисплей 10 сигналов, в том числе: сбой синхронизации, низкое значение температуры камеры сгорания, кнопка аварийной остановки.

Внешние нарушения нормальной работы агрегатов также выводятся на дисплей. Все сигналы доступны на последовательном порту RS 232 для передачи в операторную систему управления мини – ТЭЦ.

Система вентиляции машины и защиты от шума гарантирует стабильную вентиляцию здания мини – ТЭЦ во время работы когенераторных установок и состоит из входных/выходных противодождевых сеток гравитационного типа, устанавливаемых на

входную и выходную вентиляционные системы, одного электрического вентилятора, одного переключателя температуры окружающей среды для управления вентилятором. Для защиты зала мини – ТЭЦ от шума работающих агрегатов необходимо предусмотреть 2 гасителя звука, устанавливаемых на входную и выходную вентиляционные системы. Гасители разработаны с учётом подавления шумов работающих аппаратов с уровнем 85 дБ А (допустимое отклонение ± 3 дБ А).

Параллельное управление электроэнергетической системой. Для параллельного управления электроэнергетической системой на параллельную работу используют панель параллельного управления, соединённую с модулем управления двигателем TEMSYSTEM, который может обеспечить полное управление сцепленного устройства двигатель – генератор.

Выработка электроэнергии параллельно электроэнергетической системой. При существующей на предприятии системе электроснабжения, установка может запускаться и останавливаться автоматически через местное или дистанционное управление. Запустив однажды устройство двигатель – генератор и достигнув устойчивого состояния работы, устройство будет синхронизировать работу системы и параллельно себе с электроэнергетической системой через затвор выключателя устройства управляться в автоматическом режиме. Приборы контроля должны постепенно приводить устройство к выпуску его полной мощности, которую используют в нагрузке, или доставляют к промышленной электроэнергетической системе. Во время работы установки агрегат полностью контролируется различными способами защит от нарушения нормального функционирования.

Так когенерационные установки, помимо технологического преимущества, имеет настолько высокий уровень защит, что позволяет работу в автоматическом режиме при условии абсолютной безопасности в соответствии с международными стандартами и правилами эксплуатации.

В случае сбоя электроэнергетической системы во время работы установки, агрегат автоматически останавливается и самоперезапускается, когда электроэнергетическая система возвращается в оперативный режим.

Список литературы

1. Домников, А.Ю. Конкурентное развитие территориальной системы когенерации энергии / А.Ю. Домников // Научно-практический журнал «Российское предпринимательство». - М.: Изд-во «Креативная экономика», 2008. - №1. - 0,4 п.л.
2. Домников, А.Ю. Организация финансирования инвестиционных проектов в территориальном энергогенерирующем комплексе / А.Ю. Домников // Научный информационно-аналитический экономический журнал «Экономика региона». - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2007. - № 2. - 1,0 п.л.
3. Домников, А.Ю. Формирование и оценка эффективности механизма управления развитием региональной электроэнергетики / А.Ю. Домников // [Электронный ресурс] Вестник УГТУ-УПИ. Серия «Экономика и управление». - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - №8(86). - 0,6 п.л.
4. Салихов А. А. Комбинированной выработке тепловой и электрической энергии зеленый свет! / Энергетик. 2003. № 2. С. 10-13
5. Салов В.Р. Паровой турбогенератор для мини-ТЭЦ мощностью 300 кВт/ Промышленная энергетика. 2006.-№ 5.-С. 23-24

05.02.00

**В.Н. Ботяшин канд. техн. наук, Ю.Д. Козинер канд. техн. наук,
В.И. Орлов канд. техн. наук, Д.А. Кравцов**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва, koziner@bk.ru, simpl1k@ya.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ НИОБИЕВЫХ СПЛАВОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-30-32

В статье представлены результаты исследований процесса шлифования тугоплавких ниобиевых сплавов. Экспериментально определены оптимальные характеристики шлифовальных кругов и охлаждающих жидкостей. Выявлены особенности теплофизики процесса шлифования тугоплавких сплавов. Построены математические модели процесса шлифования ниобиевых сплавов и на их базе рассчитаны оптимальные режимы шлифования, с учётом наложенных технических ограничений исследования проводились в условиях круглого наружного шлифования в центрах на станках повышенной точности.

Ключевые слова: тугоплавкие сплавы, шлифование, оптимизация, охлаждающая жидкость.

Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе находят всё большее применение для изготовления деталей и узлов, работающих в условиях высоких температур (1500-2000С°).

Ниобиевые сплавы используются для изготовления ответственных деталей и узлов ракетных двигателей, в конструкциях космических летательных аппаратов, ядерной энергетики.

Высокие требования, предъявляемые, к точности и характеристикам поверхностного слоя деталей обеспечивает шлифование, являющееся важнейшей завершающей операцией технологического процесса механической обработки.

Однако высокая пластичность ниобиевых сплавов создаёт значительные трудности при шлифовании для обеспечения требуемой точности и шероховатости.

В работе представлены результаты комплексных исследований процесса шлифования ниобиевых сплавов ВН2АЭМ, 5ВМЦ.

Эксперименты проводились в условиях круглого наружного шлифования в центрах на станке повышенной точности 310П.

Эффективность процесса шлифования оценивалась по следующим показателям:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Производительность - | $Q_m, \frac{\text{мм}^3}{\text{мин}}$ |
| 2. Износ круга - | $Q_{\text{кр}}, \frac{\text{мм}^3}{\text{мин}}$ |
| 3. Удельная производительность - | $q = \frac{Q_m}{Q_{\text{кр}}}$ (коэффициент шлифования) |
| 4. Стойкость круга - | T, мин |
| 5. Шероховатость поверхности - | Ra, мкм |
| 6. Эффективная мощность - | $W_{\text{эф}}$, Вт |

При проведении экспериментов использовались методы однофакторного и многофакторного планирования. По результатам экспериментов и их статистической обработке, строились математические модели процесса шлифования и на их базе, проводилась оптимизация [1]. В работе оценивались режущие свойства основных групп абразивных материалов: электрокорунда 24А; карбида кремния зелёного 63С, твердостью: СМ1, СМ2, С1, С2, СТ1, СТ2, зернистостью: 40, 25, 16, 10 на керамической и бакелитовой связках. Исследовались, так же, режущие свойства различных алмазных кругов.

Комплексные исследования режущих свойств перечисленных шлифовальных кругов показали значительные преимущества кругов из электрокорунда на керамической связке 24A16C26K5. На базе этих кругов проводились дальнейшие эксперименты по оптимизации процесса шлифования ниобиевых сплавов.

Проведённые эксперименты показали значительное преимущество СОЖ с ярко выраженными охлаждающими свойствами (2% содовый раствор и СОЖ-ВНИИ-1), которые и рекомендованы для использования. Анализ результатов исследования показал, что одной из основных особенностей шлифования ниобиевых сплавов является применение низких скоростей шлифования (около 30 м/с). Известно [2,4], что внедрение скоростного шлифования (увеличение скорости с 35 м/с до 100 м/с и более) при обработке различных конструкционных материалов, как в нашей стране, так и за рубежом позволило увеличить производительность процесса шлифования в 2-3 раза. При этом одновременно уменьшается шероховатость поверхности, увеличивается стойкость круга и снижается расход абразива за счет снижения числа правок круга. В таблице 1 представлены результаты экспериментов по влиянию скорости круга на коэффициент шлифования q . Круг 24A16C26K5, $V_d=15^m/\text{мин}$, $S_{\text{пр}} = 0,1B \text{ мм}/\text{об}$, $t=0,01 \text{ мм}/\text{дв.ход}$

Таблица 1. - Влияние скорости резания на коэффициент шлифования

Материал	V м/с	q
5 ВМЦ	10	3,2
	20	4,4
	30	4,7
	40	4,2
ВН2АЭМ	10	2,7
	20	3,7
	30	4,0
	40	3,5

Такая особенность шлифования ниобиевых сплавов связана со спецификой тепловых процессов. Анализ теплофизики шлифования показал, что скоростное шлифование эффективно для материалов, температура плавления которых, ниже теплостойкости абразивных зёрен ($\approx 1800\text{C}^\circ$). В этом случае зерно режет почти расплавленный материал. При шлифовании ниобия, температура плавления которого 2500C° , обработку следует вести на низких скоростях ($\approx 30 \text{ м/с}$) для сохранения режущих свойств абразивных зёрен.

Для определения оптимальных режимов шлифования строилась математическая модель процесса с использованием аппарата многофакторного планирования и линейного программирования [4,5].

Постановку задачи оптимизации можно сформулировать следующим образом: имеются зависимости показателей процесса шлифования ($Q_{\text{мм}}$, $Q_{\text{кр}}$, q , R_a , T , $W_{\text{эф}}$) от элементов режима резания ($t, V_d, S_{\text{пр}}$), скорость круга при этом постоянная. Такие зависимости получены в результате экспериментов и статистической обработки и представлены в таблице 2.

Режимы резания должны, в свою очередь, удовлетворять техническим ограничениям: ограничения по мощности станка, кинематические ограничения, ограничения по стойкости инструмента, шероховатости поверхности и другим.

Результаты расчётов с некоторыми конкретными ограничениями приведены в таблице 3.

Полученную математическую модель процесса шлифования ниобиевых сплавов можно использовать для других граничных условий.

Таблица 2. - Зависимости показателей эффективности процесса шлифования от режимов резания (круг 24А16С2К5, $V=30$ м/с, охлаждение СОЖ ВНИИ-1)

Обрабатываемый материал	Показатели эффективности процессов шлифования	
	$Q_{\text{м, мин}}^{\text{мм}^3}$	R_a , мкм
5ВМЦ	$880t \cdot S_{\text{пр}}^{0,80} V_d^{0,70}$	$4,4 t^{0,6} S_{\text{пр}}^{0,4} V_d^{0,2}$
ВМ2АЭМ	$730t^{0,9} \cdot S_{\text{пр}}^{0,85} V_d^{0,83}$	$5,1 t^{0,6} \cdot S_{\text{пр}}^{0,33} V_d^{0,17}$
Обрабатываемый материал	Показатели эффективности процессов шлифования	
	T, мин	$W_{\text{эф}}$, Вт
5ВМЦ	$\frac{3,8}{t^{1,1} \cdot S_{\text{пр}}^{1,1} \cdot V_d^{1,25}}$	$2170t^{0,85} \cdot S^{0,7} \cdot V_d^{0,6}$
ВМ2АЭМ	$\frac{5,1}{t \cdot S_{\text{пр}}^{1,1} \cdot V_d^{1,15}}$	$1870t^{0,8} \cdot S^{0,75} \cdot V_d^{0,6}$

Размерности: $S_{\text{пр}}^{\text{мм}/\text{об}}$; $V_d^{\frac{\text{м}}{\text{мин}}}$; $t^{\text{мм}/\text{дв. ход}}$

Таблица 3. - Результаты расчёта на ЭВМ оптимальных режимов шлифования ниобиевых сплавов (круг 24А16С26К5, $V_{\text{кр}} = 30$ м/с, охлаждение СОЖ ВНИИ-1)

Обрабатываемый материал	Ограничения		Значение оптимальных режимов шлифования		
	R_a , мк	T, мин	t, мм	$S_{\text{пр}}$, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$	$V_d^{\frac{\text{м}}{\text{мин}}}$
1	2	3	4	5	6
5 ВМЦ	≤ 1.25	≥ 15	0.03	1,4	5
5 ВМЦ	≤ 1.0	≥ 15	0.03	1,4	5
5 ВМЦ	≤ 0.6	≥ 15	0.005	4,2 (0,21 В)	5
Обрабатываемый материал	Значение показателей эффективности процесса шлифования				
	T, мин	$W_{\text{эф}}$, Вт	R_a , мкм	$Q_{\text{м, мин}}^{\text{мм}^3}$	
1	7	8	9	10	
5 ВМЦ	15.3	405	0.83	113	
5 ВМЦ	15.9	405	0.83	113	
5 ВМЦ	15.1	282	0.58	72	

Список литературы

1. Ботяшин В.Н, Козинер Ю.Д. Оптимизация процесса шлифования тугоплавких танталовых сплавов на базе математических моделей. Научно-технический вестник Поволжья № 6, 2013.
2. Зубарев Ю.Н. Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов. Учебное пособие для ВУЗов. Изд-во Ланв.2010.304с.
3. Константинов В.И., Поляков Е.Г. Ниобий и тантал. - М.: Машиностроение, 1990. 112с.
4. Пилинский В.И. Производительность, качество и эффективность скоростного шлифования. - М.: Машиностроение, 1986.80с.
5. Фомин Г.П. Математические методы и модели. - М.: Финансы и статистика. 2001. 544с.

05.02.22

А.П. Буйносов д-р. техн. наук, И.С. Цихалевский канд. техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра «Электрическая тяга», Екатеринбург, buynosov@mail.ru, ITsihalovsky@usurt.ru

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-33-35

В статье рассмотрены вопросы организации ремонта локомотивов состава за счет оптимизации системы технологического процесса ремонта тягового подвижного состава. Предусмотрено повышение уровня организации ремонта за счет совершенствования структуры ремонта, перенос текущего ремонта в другое депо.

Ключевые слова: *электровоз, ремонт, процесс, технология, организация, уровень, повышение.*

Анализ работы сервисных локомотивных депо (СЛД) на сети железных дорог России выявил необходимость повышения надежности ремонтных работ, для чего необходимо повышать уровень организации ремонта, вести эффективный контроль и совершенствовать технологические операции ремонта. От качества проведения ремонта узлов и деталей локомотивов, своевременного выполнения всего объема текущих ремонтов (ТР) во многом зависит успешная работа локомотивного хозяйства в целом. Поэтому в настоящее время актуальным является решение задач по оптимизации параметров технологического процесса ремонта тягового подвижного состава.

Сервисные локомотивные депо (СЛД) Свердловск и Пермь являются базовыми депо на полигоне Свердловской железной дороги по средним и текущим ремонтам электровозов ВЛ11. Для выявления оборудования электровозов, которое наиболее часто выходит из строя, в 2017 году в СЛД Пермь по годовым аналитическим данным был выполнен сбор статистического материала о значениях контролируемых параметров узлов и деталей. Необходимые сведения о наработках оборудования электровоза ВЛ11 до отказа были взяты из ряда документов, используемых в повседневной практике работы в депо при проведении ремонтов.

Последовательность наступления отказов оборудования в процессе эксплуатации локомотива можно представить в виде следующей модели [1]. Наблюдение за новым (отремонтированным) оборудованием начинается в момент времени $l = 0$ (рис. 1).

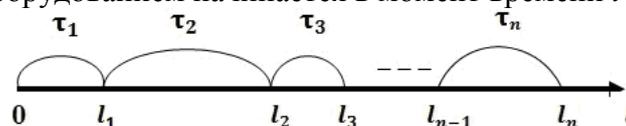


Рис. 1. Модель процесса восстановления

После функционирования в течение времени (наработки) τ_1 возникает отказ, затем происходит восстановление или оборудование заменяют новым за время намного меньшее, чем наработка до отказа l_i . После наработки τ_2 оборудование отказывает, и снова его ремонтируют или заменяют однотипным работоспособным. Далее процесс развивается аналогично. Поскольку все отказы возникают под действием одних и тех же факторов, естественно предположить, что наработки между отказами $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i, \dots, \tau_n$ имеют один и тот же закон распределения

$$F(l) = P\{\tau < l\}. \quad (1)$$

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что наработка до отказа τ оборудования окажется не меньше l [2]

$$P(l) = P\{\tau \geq l\}. \quad (2)$$

Так как отказ и безотказная работа события противоположные, то вероятность отказа

$$Q(l) = P\{\tau < l\} = F(l) = 1 - P(l). \quad (3)$$

На основе результатов обработки статистических данных по разработанной методике в [3] после проведения текущих ремонтов была построена диаграмма вероятности отказа оборудования электровоза ВЛ11 (рис. 2).

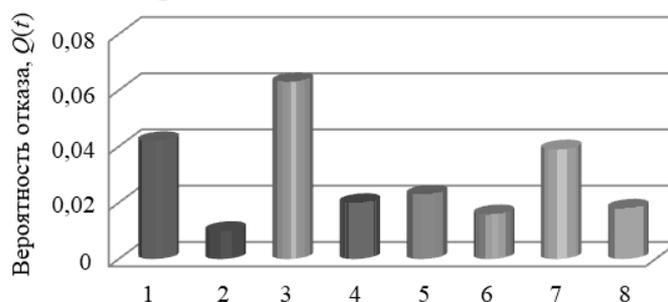
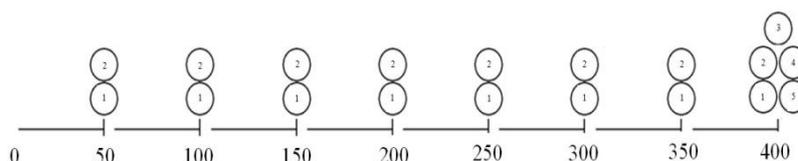


Рис. 2. Диаграмма вероятности отказа оборудования в 2017 год:

- 1 – тяговый двигатель; 2 – вспомогательные машины; 3 – электрооборудование;
4 – колесная пара, зубчатая передача; 5 – механическое оборудование;
6 – автотормозное оборудование; 7 – приборы безопасности; 8 – прочее

Затем, с помощью разработанной в УрГУПС компьютерной программы «Оптимизация периодичности ремонта локомотивов на полигоне железной дороги» рассчитана и оптимизирована структура ремонтного цикла электровозов ВЛ11. На рис. 3, *а* представлена структура ремонтного цикла деталей до оптимизации, а на рис. 3, *б* – оптимизированная структура.

а)



б)

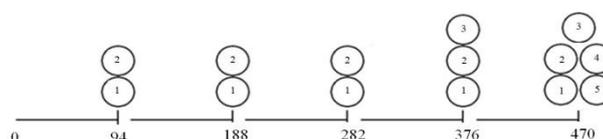


Рис. 3. Структура ремонтного цикла до (*а*) и после (*б*) оптимизации

Полученная оптимизированная структура ремонтного цикла позволила скорректировать в большую сторону межремонтные пробеги [4] и сократить объемов работ по текущим ремонтам электровозов ВЛ11.

Однако, большая текучесть кадров ремонтников по причине неудовлетворенностью заработной платой, тяжелыми условиями труда, отсутствием жилья и необходимого резерва квалифицированных рабочих ставит вопрос о перенесении текущего ремонта первого объема (ТР-1) в другое депо, а именно в СЛД Нижний Тагил, где имеется значительный и регулярно пополняемый резерв рабочей силы. Организация ТР-1 выполнено под патронажем вице-президента ОАО «РЖД» Воротилкина А.В.

В настоящее время в СЛД Н. Тагил производится техническое обслуживание второго объема (ТО-2) шестистам электровозам ВЛ11 (3, 4 секции); ежемесячное техническое обслуживание третьего объема (ТО-3) шестнадцати электровозов ВЛ11, работающих в пассажирском движении; в оборотном депо Кушва (цех депо) выполняется четыреста сорок текущих ремонтов ТР-1 электровозов ВЛ11 (3, 4 секции).

Для выполнения предложения о передаче ТР-1 в СЛД Н. Тагил требуется детальное рассмотрение современных положений объемов и организации ремонта; требований к механизации работ, диагностированию, необходимому оборудованию и др.; необходимых капитальных вложений. ТР-1 по своему назначению включает обмывку, диагностирование и осмотр, ревизии и ремонт электровоза, а также техническое обслуживание четвертого объема

(ТО-4), на котором производится обточка бандажей колесных пар и замена неисправных колесно-моторных блоков (КМБ). Правилами проектирования предусматривают дублирование станков для обточки колесных пар без выкатки и скатоподъемников, но при наличии близкого нахождения других депо (цех Кушва, СЛД Свердловск) ограничиваются одними экземплярами.

Количество стойловых участков (стойл) непосредственно по осмотру, ревизии и ремонту оборудования при текущем ремонте зависит от многих факторов: простоев в ремонте, продолжительности смен, фонда рабочего времени стойла, равномерности постановки в ремонт и определяется по формуле

$$C_p = \frac{N_p \cdot t_p}{K \cdot \Phi \cdot t_{см} \cdot n_{см}} \cdot \psi, \quad (4)$$

где N_p – количество текущих ремонтов; t_p – норма простоя электровоза в ремонте, ч; K – переводной коэффициент учета секционности электровоза; Φ – фонд времени работы стойла, сут.; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч; $n_{см}$ – число смен; ψ – коэффициент, учитывающий неравномерность постановки, $\psi = 1,1-1,2$ [5, 6].

При расчете принималось, что комплексные бригады работают по 12 ч. При этом возможны три варианта работы: 1) круглосуточно без выходных и праздничных дней, $\Phi = 365$ сут.; 2) круглосуточно за вычетом праздничных дней, $\Phi = 353$ сут.; 3) круглосуточно с выходными и праздничными днями, $\Phi = 249$ сут.

Кроме стойловых участков для осмотра, ревизий и ремонта электровозов при текущих ремонтах должны предусматриваться специальные стойла для диагностирования оборудования. Такие стойла диагностирования, например, имеет СЛД Свердловск. Количество рассчитанных стойловых участков, необходимых для диагностирования и производства текущего ремонта ТР-1 приведено в таблице.

Таблица. Количество стойловых участков для текущего ремонта ТР-1

Наименование	Фонд рабочего времени стойл, сут.		
	365	353	249
Количество стойловых участков текущего ремонта ТР-1	1,36	1,40	2,24
Количество стойловых участков для диагностирования	0,68	0,70	0,99

В перспективе количество стойл может быть снижено, если выполнять на стойле работы по осмотру и ревизии оборудования в течение одной смены за 12 ч.

Эффективность выполненных расчетов выполнена по принципу сравнения вариантов производства ТР электровозов ВЛ11 до и после реконструкции СЛД. Эффектообразующими факторами являются: снижение себестоимости производства ТР; уменьшение перепростоев на 20 % при производстве ТР.

Список литературы

1. Цихалевский И.С., Ветлугина О.И., Кудаяров М.М. Определение оптимальных параметров технологического процесса ремонта тягового подвижного состава // Вестник УрГУПС. 2011. Вып. 4(12). С. 31-38.
2. Цихалевский И.С., Кудаяров М.М. Оптимизация организации ремонта локомотивов на полигоне Свердловской железной дороги // Транспорт Урала. 2012. № 1. С. 110-113.
3. Буйносов А.П. Методика оценки ресурса бандажей колесных пар тягового подвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 116-121.
4. Головатый А.Т., Исаев И.П., Горский А.В., Буйносов А.П. Система ремонта локомотивов на конкретных участках обращения // Железнодорожный транспорт. 1992. № 7. С. 40-44.
5. Виноградов Ю.Н., Цихалевский И.С., Худояров Д.Л. Совершенствование пунктов технического обслуживания электровозов // Железнодорожный транспорт. 2007. №4. С.59-61.
6. Буйносов А.П., Пышный И.М., Тихонов В.А. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. Т. 60. № 1. С. 85-91.

05.02.04

С.Л. Марулин, А.П. Буйносов д-р. техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, Ogurci-15@mail.ru, bynosov@mail.ru

СИСТЕМА ГРЕБНЕСМАЗЫВАТЕЛЕЙ «ТВЕРДОГО» ТИПА ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-36-38

В статье приводится разработанная авторами конструкция гребнесмазывателей для колесных пар магистральных электровозов, твердый состав которых работает как под действием как винтовой пружины, так и под действием сжатого воздуха. Приводятся результаты эффективности применения системы гребнесмазывателей нового типа.

Ключевые слова: *магистраль, электровоз, колесная пара, гребнесмазыватель, тип, твердый, система.*

Боковой износ рельсов и гребней колесных пар магистральных электровозов стали на сети железных дорог чрезвычайной проблемой, угрожающей безопасности движения поездов и вызывающей колоссальные расходы [1]. Трение без смазочного материала сопровождается скачкообразным изменением скольжения поверхностей пары «колесо–рельс». Можно рекомендовать следующие меры борьбы со «скачками» при трении: увеличение жесткости системы, повышение скорости скольжения, подбор пар трения, для которых коэффициент трения будет незначительно возрастать с ростом продолжительности неподвижного контакта и при повышении скорости не имеет минимума. В последнее время на железных дорогах многих стран все шире применяется смазывание боковой поверхности рельсов и гребней колесных пар в зоне их контакта. При этом, значительный положительный эффект от смазывания проявляется, в первую очередь, в криволинейных участках пути [2]. Как выявили американские исследователи, смазывание обеспечивает не только снижение износа рельсов и бандажей, но и снижается сопротивление движению экипажа, что обуславливает экономию топливно-энергетических ресурсов [3].

Конструкция локомотивных гребнесмазывателей, в которых применяются жидкие смазки, требует систематической регулировки и наблюдения, что сложно обеспечить в условиях интенсивного использования магистральных электровозов и обслуживания их незакрепленными бригадами. Кроме того, даже контроль за работой гребнесмазывателей с жидкой смазкой не устраняет их основного недостатка – попадания смазки на поверхность катания колесных пар, приводящего к боксованию. Этим обусловлено нежелание локомотивных бригад использовать гребнесмазыватели на участках с тяжелым профилем пути.

Выбор смазочного материала зависит от ряда условий, основными из которых являются: конструкция узла трения; рабочий режим (нагрузка, скорость, температура); внешняя среда (температура воздуха, его влажность, запыленность и др.); квалификация обслуживающего персонала; удобство обслуживания механизма; требование надежности; экономические факторы.

К правильному выбору смазочного материала необходимо относиться с таким же вниманием, как и к основным конструкционным материалам колеса и рельса. Вид и сорт смазочного материала самым существенным образом изменяют эксплуатационные характеристики и надежность.

Таким образом, локомотивные гребнесмазыватели получают массовое распространение. Однако, зачастую у эксплуатационников практически отсутствует информация об использовании смазочных материалов в системах гребнесмазывания. Следует указать на недопустимость применения смазок, не соответствующих своему функциональному назначению. Наиболее распространенной ошибкой является использование осевого масла: недефицитного и сравнительно дешевого. Но у этого масла неудовлетворительные смазывающие свойства,

которые не обеспечивают должную защиту гребней колес от износа. Кроме того, подача осевого масла возможна при температурах не ниже 5–100 °С. Поэтому для использования осевого масла в гребнесмазывателях зимой его смешивают с керосином или дизтопливом на 20–30 %. А это не только ухудшает его и без того плохие смазывающие свойства, но и приводит к коррозии, преждевременной порче деталей и узлов гребнесмазывателей [4].

В Уральском государственном университете путей сообщения на кафедре «Электрическая тяга» разработана конструкция гребнесмазывателя. Опытная конструкция гребнесмазывателя была изготовлена при содействии работников экспериментального цеха локомотивного депо Карталы Южно-Уральской дирекции тяги. В качестве смазки в данной конструкции использовался мелкозернистый материал, полученный на основе пропаленного нефтяного кокса, природного графита и каменугольного пека АРВ-2. Графит марки АРВ-2 характеризуется высокой механической прочностью и низкой зольностью. Гребнесмазыватель крепился на крышке буксы 5 электровоза серии ВЛ80 во избежание перекоса нанесения покрытия, графит 1 к гребню бандажа колесной пары 4 прижимался посредством винтовой рессоры (пружины) 2 (рис. 1).

Способность данной конструкции выдерживать механическую нагрузку от вибрации обуславливается надежностью его крепления, что подтверждено результатами эксперимента. В результате проведенного в локомотивном депо Карталы эксперимента было выявлено следующее: разработанная конструкция является мобильной, все узлы взаимозаменяемы; конструкция проста в изготовлении и обслуживании, обладает низкой себестоимостью; графит наносится тонким равномерным слоем, обладает высокой эффективностью снижения интенсивности износа гребней на 30–40 %; ресурс стержня АРВ-2 при воздействии винтовой рессоры (пружины № 465) с силой 33,5 кГс составляет 350 км [5].

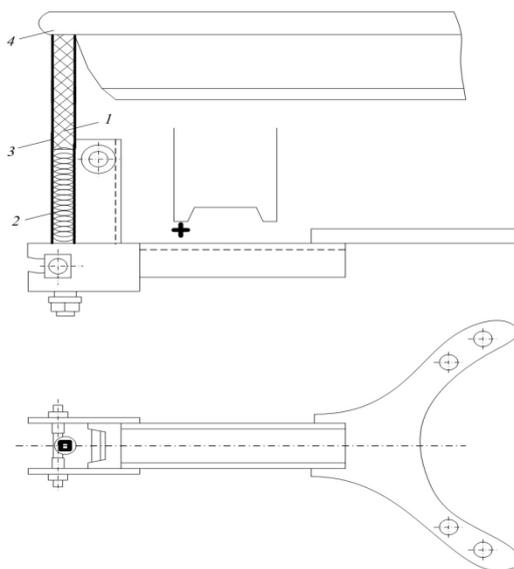


Рис. 1. Гребнесмазыватель «твердого» типа:

1 – стержень графитовый; 2 – рессора винтовая; 3 – стакан; 4 – колесо; 5 – узел буксовый

Проведенный эксперимент позволил выявить основное направление дальнейшей разработки, повышение антиизносности смазки (увеличение ресурса графитовых стержней). Изменяя состав и диспертность исходного сырья или технологические процессы, можно получить графит (самосмазывающийся материал) с разнообразными заранее заданными свойствами.

Для выполнения данной задачи был предложен новый материал для графитового стержня. Графит марки ГМЗ-О-П характеризующийся стабильным уровнем качества, выгодно отличался от других марок графита повышенной механической прочностью, эксплуатационной стойкостью и малой зольностью. Высокий уровень показателей обеспечивается отработанным технологическим процессом, а также применением сырья самого высокого качества. Ресурс стержня ГМЗ-О-П при воздействии пружины № 465 с силой 33,5 кГс по данным

эксперимента на участке Карталы – Магнитогорск полигона Южно-Уральской железной дороги составляет 1200–1400 км. А на участке Карталы – Орск ресурс стержня составил 5000 км, при этом пружина № 465 была заменена пружиной № 375 с усилием нажатия 12,5 кГс.

Усовершенствованный в дальнейшем твердый гребнесмазыватель применяется на всех железных дорогах России. В настоящее время прижатие графитового стержня к гребню бандажа осуществляется с помощью сжатого воздуха (рис. 2).



Рис. 2 – Схема пневмосистемы гребнесмазывателя:

1 – клапан устройства догружающего; 2 и 3 – краны; 4 – шланг гибкий

Впервые конструкция гребнесмазывателя, работающая под действием сжатого воздуха была выполнена при содействии работников экспериментального цеха в сервисном локомотивном депо Свердловск и установлена на электровозе серии ВЛ11 № 615-616.

На рис. 3 приведены результаты применения системы гребнесмазывателей «твердого» типа.



Рис. 3. Гребень колеса до (а) и после (б) применения системы гребнесмазывателей «твердого» типа

Таким образом, на основе выполненных исследований был сделан вывод о том, что применение «твердых» гребнесмазывателей для магистральных электровозов с графитовым стержнем позволило увеличить ресурс до обточки колесных пар на 14 %, достигая пробега до смены бандажей 650 тыс. км. Благодаря применению гребнесмазывателей износ рельсов снизился на 8 %, обеспечивается экономия электроэнергии в размере 3 %.

Список литературы

1. Буйносов А.П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2009. 224 с.
2. Буйносов А.П. Лантев С.И. Перспективы применения триботехнических составов для ремонта бандажей колесных пар без прекращения эксплуатации локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 50-52.
3. Буйносов А.П. Умылин И.В. Оптимизация процесса обточки бандажей колесных пар локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 3. С. 101-104.
4. Буйносов А.П. Оценка эффективности снижения износа бандажей колесных пар электровозов, обточенных по различным профилям // Транспорт: наука, техника, управление. 2010. № 12. С. 40-42.
5. Буйносов А.П. Выбор оптимального остаточного проката бандажей колесных пар магистральных электровозов // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии, 2012. № 3 (113). С. 113-116.

05.02.02

В.П. Новоселов канд. техн. наук, М.Д. Лукашук

ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина,
Институт новых материалов и технологий, кафедра деталей машин,
Екатеринбург, ptmir@inbox.ru, 0606.98@mail.ru

АНАЛИЗ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ УПРУГО-ВЯЗКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЛИНЕЙНОГО ТРЕНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-39-41

Авторами разработана методика анализа гармонических колебаний масс на базе новой физической модели, включающей в себя силы не только упруго-вязкого сопротивления, но и силы линейного сухого трения, неизбежно возникающие при работе вибрационных систем в реальных производственных условиях.

Ключевые слова: гармонические колебания, физическая модель, диссипативное упруго-вязкое сопротивление, внешнее линейное трение.

В Уральском федеральном университете разработана конструкция вибрационного механизма дебалансного типа (рис. 1), создающего инерционную центробежную силу, циклически меняющуюся по направлению и вызывающую возвратно-поступательное движение массы механизма. Частота и амплитуда возвратно-поступательного движения определяются конструкцией и параметрами механизма и могут изменяться в широком диапазоне от низких до высоких частот. Такое циклическое возвратно-поступательное движение массы представляет собой незатухающие вынужденные гармонические колебания. Суммарная движущая центробежная сила определяется моментом инерции дебалансов и частотой их вращения:

$$\Phi_0 = 2\Phi = 2m\omega^2 r \sin(\omega t)$$

где: Φ – движущая сила инерции, создаваемая одним дебалансом; m – масса дебаланса; r – радиус инерции дебаланса; ω – угловая скорость вращения дебаланса.

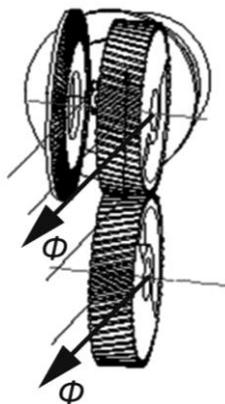


Рис. 1 – Схема вибрационного механизма

Классическое дифференциальное уравнение линейного движения массы при гармонических колебаниях имеет вид [1]:

$$M \ddot{x} = F_{упр} - R + \Phi,$$

где: M – масса движущихся частей механизма; $F_{упр}$ – сила упругой деформации пружин, используемых в механизме

$$F_{упр} = -c \cdot x,$$

R – сила вязкого трения пропорциональная первой степени скорости

$$R = -\mu \dot{x},$$

где: μ – коэффициент рассеяния энергии; Φ – периодическая возмущающая сила.

После подстановки выражений упругих, диссипативных и возмущающих сил получаем:

$$M \ddot{x} = -cx - \mu \dot{x} + 2m\omega^2 \cdot r \cdot \sin \omega t$$

Разделив обе части уравнения на M и введя обозначения

$$\frac{c}{M} = k^2, \frac{\mu}{M} = 2b, \frac{2m\omega^2 r}{M} = P_0,$$

получаем приведённое дифференциальное уравнение вынужденных колебаний массы при наличии вязкого сопротивления

$$\ddot{x} + 2b \dot{x} + k^2 x = P_0 \sin \omega t$$

Дифференциальное уравнение гармонических колебаний в таком классическом виде не учитывает реальных сил трения. Колебания вибрационных систем рабочих механизмов на упругих связях в производственных условиях происходят под действием не только упруго-диссипативных сил вязкого трения, учитываемых в классическом уравнении гармонических колебаний, но и внешних линейных сил трения, значительно превосходящих, как правило, упруго-диссипативное сопротивление. Силы сухого линейного трения, поглощая часть энергии колебаний, оказывают заметное влияние на амплитудно-фазовые характеристики колебательного процесса и динамические нагрузки в упругих связях. Однако введение этих сил в явном виде в уравнение гармонических колебаний делает это уравнение аналитически неразрешимым [2].

Для сохранения дифференциального уравнения колебаний в решаемом виде приведем реальную силу трения к эквивалентной диссипативной силе. Приведение состоит в преобразовании постоянной по величине силы трения к эквивалентной, но переменной по величине диссипативной силе, зависящей от линейной скорости колебаний. Условием эквивалентного преобразования является равенство за цикл работы сил трения и работы эквивалентной диссипативной силы.

Мгновенная эквивалентная диссипативная сила $R_{\text{э}}$ определится равенством:

$R_{\text{э}} = \mu_{\text{э}} \cdot \dot{x}$ где: $\mu_{\text{э}}$ – неизвестный (искомый) коэффициент диссипации; \dot{x} – мгновенная скорость движения колеблющейся массы

$$\dot{x} = \frac{d(B \sin \omega t)}{dt} = B\omega \cdot \cos \omega t$$

где: B – амплитуда колебаний; ω – частота возмущающей силы, создаваемой дебалансами. После подстановки получаем:

$$R_{\text{э}} = \mu_{\text{э}} B\omega \cdot \cos \omega t$$

Элементарная работа dA переменной диссипативной силы

$$dA = R_{\text{э}} \cdot dS$$

где: dS – элементарное перемещение

$$dS = \dot{x} \cdot dt = B \cdot \omega \cdot \cos \omega t \cdot dt$$

Полная работа эквивалентной диссипативной силы на перемещении массы вибрационного механизма из одного крайнего положения в другое, т.е. на перемещении $S=100$ мм, определится интегралом:

$$A_R = \int_0^t dA = \int_0^t R_{\text{э}} \cdot dS = \int_0^t \mu_{\text{э}} \cdot B^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2 \omega t \cdot dt$$

где: t – время поворота дебалансов при перемещении механизма на $S=100$ м, при $\omega = 21 \frac{1}{c}$, $t = 0.15c$.

Определяем работу эквивалентной диссипативной силы:

$$\begin{aligned}
 A_R &= \int_0^{0,15} dA = \int_0^{0,15} \mu_{\text{э}} \cdot B^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2 \omega t dt = \mu_{\text{э}} \cdot B^2 \cdot \omega^2 \cdot \int_0^{0,15} \cos^2 \omega t dt = \\
 &= \mu_{\text{э}} \cdot B^2 \cdot \omega^2 \left(\frac{\omega t}{2} + \frac{1}{4} \sin 2\omega t \right) \Big|_0^{0,15} = \\
 &= \mu_{\text{э}} \cdot B^2 \cdot \omega^2 \left[\left(\frac{21 \cdot 0,15}{2} + \frac{1}{4} \sin 2 \cdot 21 \cdot 0,15 \right) - \left(\frac{21 \cdot 0}{2} + \frac{1}{4} \sin 0 \right) \right] = \\
 &= \mu_{\text{э}} \cdot 0,05^2 \cdot 21^2 \left[1,575 + \frac{1}{4} \sin 6,28 - 0 - 1 \right] = \mu_{\text{э}} \cdot 0,0696 \text{ Нм}
 \end{aligned}$$

Работа сил трения:

$$A_{mp} = F_{mp} \cdot S = 30 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 3 \text{ Нм}$$

По условию равенства за цикл работ силы трения и эквивалентной диссипативной силы получаем:

$$A_{mp} = A_R \text{ или } 3 \text{ Нм} = \mu_{\text{э}} \cdot 0,0696 \text{ нНм}$$

Определяем эквивалентный коэффициент диссипации:

$$\mu_{\text{э}} = \frac{3}{0,0696} = 43,1 \frac{\text{нс}}{\text{м}}, \quad b_{\text{э}} = \frac{\mu_{\text{э}}}{2M} = \frac{43,1}{2 \cdot 19,3} = 1,11 \frac{1}{\text{с}}$$

Найденное значение эквивалентного коэффициента диссипации позволяет ввести постоянную по величине реальную силу трения в уравнение гармонических колебаний массы вибрационного механизма в виде переменной по величине эквивалентной диссипативной силы. Это позволяет составлять и решать уравнение гармонических колебаний с учетом не только упруго-диссипативных сил, но и реальных сил трения.

Известно [3], что собственные колебания быстро затухают и по истечении краткого времени установления колебательного процесса ими можно пренебречь, а движение массы механизма можно рассматривать как вынужденные колебания, происходящие по закону:

$$x = \frac{P_0}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4b^2 \omega^2}} \cdot \sin(\omega t - \arctg \frac{2b\omega}{k^2 - \omega^2})$$

где: параметр b – приведенный эквивалентный коэффициент диссипации, выражающий суммарное действие как сил упруго-диссипативного вязкого сопротивления, так и реальных сил трения.

Амплитуда B вынужденных колебаний определяется выражением:

$$B = \frac{P_0}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4b^2 \omega^2}}$$

и также через параметр b формируется с учетом реальных сил трения.

Сдвиг β фазы происходящих колебаний по отношению к фазе возмущающей силы определяется зависимостью:

$$\text{tg } \beta = \frac{2b\omega}{k^2 - \omega^2},$$

из которой следует, что реальные силы трения оказывают существенное влияние и на сдвиг фазы колебаний.

Представленная методика расчета основных характеристик колебательного процесса разработана на базе физической модели, включающей в себя полный спектр силового нагружения вибрационных систем рабочих механизмов в производственных условиях, значительную роль в котором играют реальные внешние силы сухого трения.

Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 640 с.
2. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 2011. – 269 с.
3. Никитин Е.Н. Теоретическая механика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 2008. – 376 с.

05.02.00

¹А.Р. Фардеев канд. техн. наук, ²А.А. Фардеев, ³Р.Г. Марданшин канд. физ.-мат. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
 ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
^{1,2}кафедра механики и конструирования, ³кафедра системного анализа и информатики,
 Набережные Челны,
¹albert.fardeev@mail.ru, ²progmast@mail.ru, ³mardanrif@mail.ru

ДИНАМИКА НАСОСА И ГИДРОДВИГАТЕЛЯ МАНИПУЛЯТОРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ КОВКИ ИЛИ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВОК

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-42-45

В работе рассмотрены динамика насоса и динамика гидродвигателя гидроприводов манипулятора, используемого для подачи заготовок в рабочую зону прессы в технологическом процессе ковки или горячей штамповки. Преобразовано уравнение динамики пластинчатого насоса в малых отклонениях от номинального режима в уравнение в относительных переменных. Получено уравнение, описывающее работу гидродвигателя манипулятора путем преобразования уравнения динамики гидродвигателя возвратно-поступательного движения. Полученные уравнения будут необходимы для исследования устойчивости работы системы управления манипулятора.

Ключевые слова: *динамика насоса, динамика гидродвигателя, гидроприводы манипулятора, уравнение в относительных переменных, гидродвигатель возвратно-поступательного движения.*

С целью автоматизации существующих на машиностроительных предприятиях технологических процессов ковки и горячей штамповки предлагается использовать манипулятор для подачи заготовок в рабочую зону прессы. При выборе манипулятора с тремя поступательными переносными степенями подвижности и гидравлическими механизмами приводов появляется необходимость исследования работы отдельных частей гидропривода.

Пусть в рассматриваемом случае используется общий для всех приводов пластинчатый насос с переменным рабочим объемом. Работа трубопровода манипулятора была рассмотрена ранее [1]. Рассмотрим работу насоса [2]. Динамика пластинчатого насоса в малых отклонениях от номинального режима описывается уравнением [3]

$$\Delta p_{нас} = \Delta p_n - K_{n1} \Delta Q + K_{n2} \Delta n_n, \quad (1)$$

где коэффициенты K_{n1} и K_{n2} определяются по формулам:

$$K_{n1} = -\frac{\partial p_{нас}}{\partial Q}, \quad K_{n2} = \frac{\partial p_{нас}}{\partial n_n}.$$

Эти коэффициенты можно определить из графика, изображающего характеристику насоса или из аналитических выражений характеристики.

Поделим обе части уравнения (1) на $p_{нас0}$. Тогда оно примет вид:

$$\frac{\Delta p_{нас}}{p_{нас0}} = \frac{\Delta p_n}{p_{n0}} \frac{p_{n0}}{p_{нас0}} - \frac{K_{n1} Q_0}{p_{нас0} Q_0} \frac{\Delta Q}{Q_0} + \frac{K_{n2} n_{n0}}{p_{нас0} n_{n0}} \frac{\Delta n_n}{n_{n0}} \quad \text{или}$$

$$u_p = K_{pn} u_{pn} - K_1 u_Q + K_2 u_n, \quad (2)$$

где

$$u_{pn} = \frac{p_n - p_{n0}}{p_{n0}}, u_p = \frac{p_{нас} - p_{нас0}}{p_{нас0}}, u_Q = \frac{Q - Q_0}{Q_0}, u_n = \frac{n_n - n_{n0}}{n_{n0}},$$

$$K_{pn} = \frac{p_{n0}}{p_{нас0}}, K_1 = \frac{K_{n1} Q_0}{p_{нас0}}, K_2 = \frac{K_{n2} n_{n0}}{p_{нас0}}.$$

Уравнение (2) описывает работу насоса манипулятора, используемого в технологическом процессековки заготовок, при управлении рабочим объёмом.

Рассмотрим пример определения коэффициента K_{n1} . Характеристика насосной установки с пластинчатым насосом и переливным клапаном при постоянной угловой скорости n_n вала насоса изображена на рис. 1. На регуляторной ветви DC аналитически ее можно записать в виде:

$$Q = Q_n - K_n (p_{нас} - p_n),$$

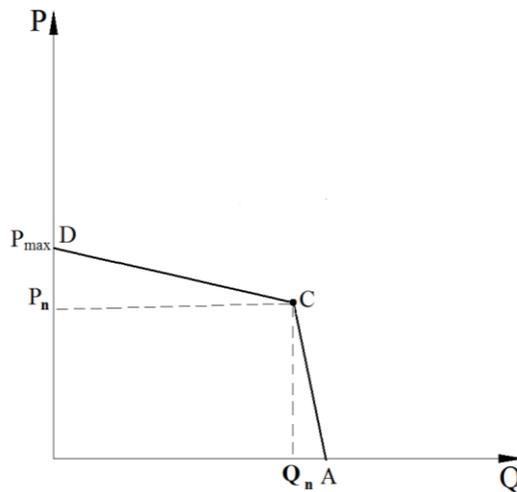


Рис. 1 – характеристика насосной установки

где K_n - коэффициент, учитывающий наклон линии DC. Он зависит от жесткости пружины переливного клапана. Если из этой формулы выразить $p_{нас}$, то получим:

$$p_{нас} = p_n - \frac{Q - Q_n}{K_n}.$$

В номинальном режиме это уравнение примет вид:

$$p_{нас0} = p_n - \frac{Q_0 - Q_n}{K_n}.$$

Вычитая полученные уравнения друг из друга получим:

$$p_{нас} - p_{нас0} = -\frac{Q - Q_0}{K_n}, \text{ или } \Delta p_{нас} = -\frac{\Delta Q}{K_n}$$

При постоянной угловой скорости n_n вала насоса уравнение (1) примет вид:

$$\Delta p_{нас} = -K_{n1} \Delta Q.$$

Следовательно, $K_{n1} = \frac{1}{K_n} = \text{tg} \alpha$, где α - угол наклона регуляторной ветви DC к горизонтали.

Уравнение динамики гидродвигателя возвратно-поступательного движения имеет вид [4]:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{S_1}{m} p_1 - \frac{S_2}{m} p_2 - \frac{1}{m} F,$$

где v - скорость поршня, F - сила, которую преодолевает поршень, m - масса поршня, S_1 - площадь рабочего торца поршня, S_2 - площадь противоположного торца поршня, p_1 - давление в линиях высокого давления, p_2 - давление в линиях низкого давления.

Применительно к нашему случаю $S_1 \approx S_2 = S$, тогда первые два слагаемые в правой части можно записать в виде $\frac{S}{m}(p_1 - p_2)$, где $p_1 - p_2 = p_\Gamma$ - перепад давлений на гидродвигателе.

Силой, которую преодолевает поршень на первой и второй степенях подвижности является сила трения, а на третьей степени подвижности является сумма силы трения и силы тяжести, действующей на подвижные части манипулятора, имеющие возможность перемещаться по третьей степени подвижности.

Массой поршня являются: в первом случае – масса m_1 подвижных частей манипулятора, имеющих возможность перемещаться по первой степени подвижности; во втором случае – масса m_2 подвижных частей манипулятора, имеющих возможность перемещаться по второй степени подвижности; в третьем случае – масса m_3 подвижных частей манипулятора, имеющих возможность перемещаться по третьей степени подвижности.

В результате получим 3 уравнения:

$$\begin{aligned}\frac{dv_1}{dt} &= \frac{S}{m_1} p_\Gamma - \frac{1}{m_1} F_{TP1} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{S}{m_2} p_\Gamma - \frac{1}{m_2} F_{TP2} \\ \frac{dv_3}{dt} &= \frac{S}{m_3} p_\Gamma - \frac{1}{m_3} F_{TP3} - g\end{aligned}$$

Знак минус в третьем уравнении перед g ставится при движении поршня вверх, т.к. в этом случае поршню приходится преодолевать силу тяжести. При движении поршня вниз знак минус заменяется на плюс.

Если учесть, что $Q_1 = v_1 S$; $Q_2 = v_2 S$; $Q_3 = v_3 S$, где Q_1 , Q_2 , Q_3 - доли расхода трубопровода, приходящиеся на первый, второй и третий гидроцилиндры соответственно, то получим:

$$\begin{aligned}\frac{1}{S} \frac{dQ_1}{dt} &= \frac{S}{m_1} p_\Gamma - \frac{1}{m_1} F_{TP1} \\ \frac{1}{S} \frac{dQ_2}{dt} &= \frac{S}{m_2} p_\Gamma - \frac{1}{m_2} F_{TP2} \\ \frac{1}{S} \frac{dQ_3}{dt} &= \frac{S}{m_3} p_\Gamma - \frac{1}{m_3} F_{TP3} - g.\end{aligned}$$

Сложив эти 3 уравнения получим:

$$\frac{1}{S} \left(\frac{dQ_1}{dt} + \frac{dQ_2}{dt} + \frac{dQ_3}{dt} \right) = \left(\frac{S}{m_1} + \frac{S}{m_2} + \frac{S}{m_3} \right) p_\Gamma - \frac{1}{m_1} F_{TP1} - \frac{1}{m_2} F_{TP2} - \frac{1}{m_3} F_{TP3} - g \quad (3)$$

По закону Кулона

$$F_{TP1} = f m_1 g; F_{TP2} = f m_2 g; F_{TP3} = 0, \text{ тогда}$$

$$\frac{1}{S} \frac{d(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{dt} = S p_\Gamma \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right) - (f_1 + f_2 + 1) g.$$

Пренебрегая зависимостью f_1 и f_2 от v_1 и v_2 введём константы

$S^2 \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right) = K_{ms}$; $S(f_1 + f_2 + 1) = f$, а также учтем, что $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q$. Тогда

уравнение (3) примет вид:

$$\frac{dQ}{dt} = K_{ms} p_\Gamma - fg. \quad (4)$$

В номинальном режиме $p_{\Gamma} = p_{\Gamma 0}$; $\frac{dQ}{dt} = 0$, тогда

$$K_{ms} p_{\Gamma 0} - fg = 0. \quad (5)$$

Подставим переменные в уравнение (5) виде: $Q = Q_0 + \Delta Q$; $p_{\Gamma} = p_{\Gamma 0} + \Delta p_{\Gamma}$, тогда

$$\frac{d(v_0 + \Delta v)}{dt} = K_{ms} (p_{\Gamma 0} + \Delta p_{\Gamma}) - fg.$$

Если учесть (5), то получим

$$\frac{d(Q_0 + \Delta Q)}{dt} = K_{ms} \Delta p_{\Gamma} \quad \text{или} \quad \frac{d(\Delta Q)}{dt} = K_{ms} \Delta p_{\Gamma}.$$

Поделим обе части этого уравнения на $Q_0 p_{\Gamma 0}$, тогда:

$$\begin{aligned} \frac{1}{p_{\Gamma 0}} \frac{d\left(\frac{\Delta Q}{Q_0}\right)}{dt} &= K_{ms} \frac{\Delta p_{\Gamma}}{p_{\Gamma 0}} \frac{1}{Q_0} \quad \text{или} \\ \frac{Q_0}{p_{\Gamma 0} K_{ms}} \frac{d(u_Q)}{dt} &= u_{p_{\Gamma}}, \end{aligned} \quad (6)$$

где относительные переменные определяются по формулам:

$$u_{p_{\Gamma}} = \frac{p_{\Gamma} - p_{\Gamma 0}}{p_{\Gamma 0}}, \quad u_Q = \frac{Q - Q_0}{Q_0}.$$

Обозначим: $\frac{Q_0}{p_{\Gamma 0} K_{ms}} = T_Q$. Тогда уравнение (6) примет вид:

$$T_Q \frac{du_Q}{dt} = u_{p_{\Gamma}}. \quad (7)$$

Уравнение (7) описывает работу гидродвигателя манипулятора, используемого в технологическом процессековки или горячей штамповки заготовок, при управлении рабочим объёмом насоса.

Список литературы

1. Фардеев, А.Р. Анализ работы трубопровода манипулятора, используемого в технологическом процессековки или горячей штамповки заготовок / А.Р. Фардеев, А.А. Фардеев, А.М. Абдуллина // Научно-технический вестник Поволжья – 2018. – №1. – С. 71-73
2. Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование / Н.Н. Иващенко – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.
3. Фардеев, А.Р. Модернизированная система подачи смазочно-охлаждающих технологических средств металлорежущих станков и исследование ее динамики / Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев // Научно-технический вестник Поволжья – 2015. – №5. – С. 125-128
4. Лепешкин А.В. Гидравлические машины и Гидропневмопривод: Учебник. Ч. 2. / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлов, А.А. Шейпак; под ред. А.А. Шейпака. 3-е изд. стереот. – М.: МГИУ, 2005. – 352 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (05.11.00)**

05.11.00

Х.М. Гукетлов канд. техн. наук, Р.А. Ульбашев

ФГБОУ ВПО Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
123guket@rambler.ru

**К ВОПРОСУ УЧЕТА СВЕТОВОГО КЛИМАТА ПРИ НОРМИРОВАНИИ
ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ СВЕТОВЫЕ
УСТРОЙСТВА РАСПОЛОЖЕННЫЕ В ПЛОСКОСТИ НАКЛОННЫХ СКАТОВ
КРЫШИ**

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-46-48

Разработана математическая модель светового режима в рассматриваемом районе строительства. Определено количество освещения на плоскости наклонных скатов крыши, от небосвода со стандартным распределением яркости, установленной Международной комиссией по освещению (МКО), в годовом цикле для города Нальчика и города Москвы. В результате сопоставления значений количества освещения для города Нальчика и города Москвы, были найдены поправочные коэффициенты светового климата, использование которых, при расчетах естественного освещения, позволит повысить технико-экономическую эффективность наклонно расположенных световых устройств.

Ключевые слова: количество освещения, наружная естественная освещенность на наклонной поверхности, математическая модель, мансардное помещение, коэффициент светового климата, прямая освещенность от Солнца, вероятность солнечного сияния, световые устройства.

Для освещения помещений, расположенных на мансардных этажах, большое распространение получили мансардные окна типа Velux. Особенностью этих окон является то, что они устанавливаются в плоскости наклонных скатов крыши, угол наклона которых может составлять 10° и более градусов.

В существующих нормах проектирования естественного и искусственного освещения [1] учет ресурсов светового климата осуществляется только для оконных проемов расположенных в вертикальной или горизонтальной плоскости. В связи с этим применение этих норм для наклонно расположенных оконных проемов приводит в некоторых случаях к необоснованному завышению, а в некоторых случаях занижению их площади.

Известно, что для характеристики условия естественного освещения пользуются понятием количества естественного освещения в годовом цикле. Данный критерий имеет физиологическое обоснование [2] и позволяет решить вопрос с тем, как надо изменить коэффициент естественного освещения, чтобы в различных светоклиматических условиях сохранить один и тот же среднегодовой уровень зрительной работоспособности,

Если количество освещения в рассматриваемом географическом районе обозначить через H_N , а в базовом районе (за базовый принимается район г.Москвы) через H_M , тогда коэффициент учитывающий особенности светового климата m_N , выразится в виде соотношения:

$$m_N = \frac{H_M}{H_N} ,$$

Для расчета количества освещения была разработана математическая модель светового режим в годовом цикле, которая описывается следующим уравнением:

$$H = \sum_{i=1}^{12} N_i \left[S_i \sum_{j=t_n}^{t_k} E_{i,jH.П.}^{\text{Я}} + (1-S_i) \sum_{j=t_n}^{t_k} E_{i,jH.П.}^{\ominus} \right] \cdot \Delta t \quad (1)$$

Здесь N_i - количество дней в месяце;

$E_{н.п.}^Я$ - суммарная наружная освещенность на наклонной плоскости при ясном небе

МКО, определяется

$$E_{н.п.}^Я = E_{н.п.}^{Я.Н.} + E_{н.п.}^{\ominus}$$

$E_{н.п.}^{Я.Н.}$ - рассеянная освещенность на наклонной поверхности крыши при ясном небе

МКО [3]

$$E_{н.п.}^{Я.Н.} = \int_0^{\pi Z_2(\theta_4, \alpha)} \int_0^{\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} L(z, \alpha) \cos(z - \beta) \sin z dz d\alpha + \int_{\pi}^{2\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} \int_0^{\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} L(z, \alpha) \cos(z + \beta) \sin z dz d\alpha \quad (2)$$

$E_{н.п.}^{\ominus}$ - значения наружной освещенности на наклонной поверхности крыши при облачном небе МКО [3,4]

$$E_{н.п.}^{\ominus} = \int_0^{\pi Z_2(\theta_4, \alpha)} \int_0^{\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} L(z) \cos(z - \beta) \sin z dz d\alpha + \int_{\pi}^{2\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} \int_0^{\pi Z_2(\theta_3, \alpha)} L(z) \cos(z + \beta) \sin z dz d\alpha \quad (3)$$

где θ_3, θ_4 - угловые значения пределов интегрирования, смотри рисунок;

$L(z, \alpha), L(z)$ - функция распределения яркости ясного и облачного неба МКО;

β - угол наклона ската крыши;

$E_{н.п.}^{\ominus}$ - прямая освещенность от Солнца на наклонной поверхности крыши

$$E_{н.п.}^{\ominus} = \frac{C_{\ominus}}{\Delta^2} p^M \cos \theta$$

где C_{\ominus} - световая солнечная постоянная;

Δ - расстояние от Земли до Солнца для рассматриваемого года в астрономических единицах;

M - оптическая масса атмосферы;

θ - угол, образуемый нормалью освещаемой плоскости с направлением на Солнце

$$\theta = \arccos[\cos z \cos z_{\ominus} + \sin z \sin z_{\ominus} \cos(A - A_{\ominus})],$$

$Z, Z_{\ominus}, A, A_{\ominus}$ - зенитное расстояние и азимуты соответственно нормали и Солнца к поверхности светового проема (см. рисунок).

t_n, t_k - время восхода и захода солнца;

S_i - вероятность солнечного сияния по месяцам года (см.таблицу1) [4];

Δt - интервал времени, в течение которого освещенность принимается постоянной;

Решение двойных интегралов, в приведенных в формулах (2) и (3), осуществляется с использованием кубатурной формулы Симпсона [5].

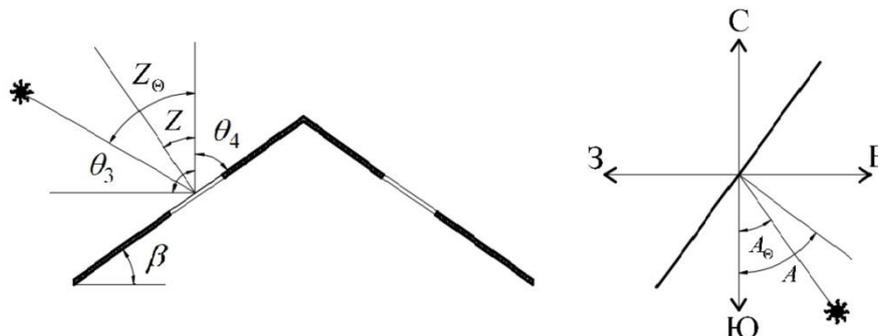


Рис. Схема к определению угловых значений пределов интегрирования.

Таблица 1. Значения вероятности солнечного сияния в %

Наименование географического пункта	месяца года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
г.Москва	16	26	40	45	57	57	57	52	42	28	17	12
г.Нальчик	28	28	32	40	45	52	56	58	48	44	28	26

На основе уравнения (2) были составлены алгоритм и программа расчета количества освещения в годовом цикле. Результаты расчета приводятся в таблицах 2 и таблице 3.

Таблица 2. Значения количества освещения в годовом цикле для города Нальчика

Ориентации световых проемов по сторонам горизонта	Количество освещения в годовом цикле, люкс					
	Угол наклона световых проемов, градус					
	10	20	30	40	50	60
С	6316034	6021280	4886114	3611936	2285716	1411878
СВ, СЗ	5409382	5315787	4369060	3275764	2087792	1339471
ЮВ, ЮЗ	6690370	6734682	5682952	4416140	2900386	1819092
Ю	6802516	6927804	5864869	4589258	3021836	1881732
В	6517537	6413944	5333500	4075928	2649249	1665410

Таблица 3. Значения количества освещения в годовом цикле для города Москвы

Ориентации световых проемов по сторонам горизонта	Количество освещения в годовом цикле, люкс					
	Угол наклона световых проемов, градус					
	10	20	30	40	50	60
С	5003795	4476219	3580698	2605326	1465978	761581
СВ, СЗ	4302721	3969490	3265935	2451877	1429067	879234
ЮВ, ЮЗ	5427830	5229294	4511844	3553832	2071284	898922
Ю	5544169	5423033	4701715	3750209	2198221	932424
В, З	5651577	5325875	4512932	3508221	2154974	1183054

В результате сопоставления значений количества освещения (табл.2 и табл.3) были найдены поправочные коэффициенты светового климата для города Нальчика m_N .

Таблица 4. Значений коэффициента светового климата для города Нальчика m_N

Ориентации световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m_N					
	Угол наклона световых проемов, градус					
	10	20	30	40	50	60
С	0,792	0,743	0,733	0,721	0,641	0,539
СВ, СЗ	0,795	0,747	0,748	0,748	0,684	0,656
ЮВ, ЮЗ	0,811	0,776	0,794	0,805	0,714	0,386
Ю	0,815	0,783	0,802	0,817	0,727	0,496
В, З	0,867	0,83	0,846	0,861	0,813	0,71

Использование полученных поправочных коэффициентов светового климата при расчете естественного освещения мансардных помещений, позволит более полно использовать ресурсы природной световой энергии места строительства и тем самым повысить технико-экономическую эффективность наклонно расположенных световых устройств.

Список литературы

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. М., 1995. -35с.
2. Глаголева Т.А. Естественное освещение промышленных зданий. М., 1961. - 88 с.
3. Гукетлов Х.М. Метод расчета естественного освещения помещений с фонарями верхнего света в условиях ясного неба МКО. // Науч.тр. НИИСФ, 1986. Совершенствование световой среды помещений, С. 38-44.
4. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация. Радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.:Гидрометеиздат, 1968.
5. Киреев Н.Н., Гукетлов Х.М. Расчет на ЭВМ естественного освещения помещения от ясного неба МКО. - Науч. тр. НИИСФ, 1983. Исследования по строительной светотехнике, с.29-33.

05.11.00

С.Н. Дербенева, А.В. Ромодин канд. техн. наук, Д.Ю. Лейзгольд

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, romodin@msa.pstu.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ПОГРЕШНОСТИ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-49-51

В данной статье рассматриваются три вида допущений, которые позволяют промоделировать трансформатор тока для различного использования. Произведен анализ расчета различных моделей. Сформированы рекомендации по использованию моделей.

Ключевые слова: моделирование, методика расчета, анализ расчета, погрешности.

Измерительные трансформаторы являют неотъемлемой частью релейной защиты в системе электроснабжения и используются для подключения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока высокого напряжения.

Многими авторами отмечается актуальность оценки погрешности измерительных преобразователей, в частности трансформаторов тока, при моделировании электроэнергетических систем [1, 2].

1 Анализ расчета трансформатора тока

1.1 Сбор паспортных данных измерительных трансформаторов

Для расчета трансформатора тока используются допущения, представленные на рис. 1.

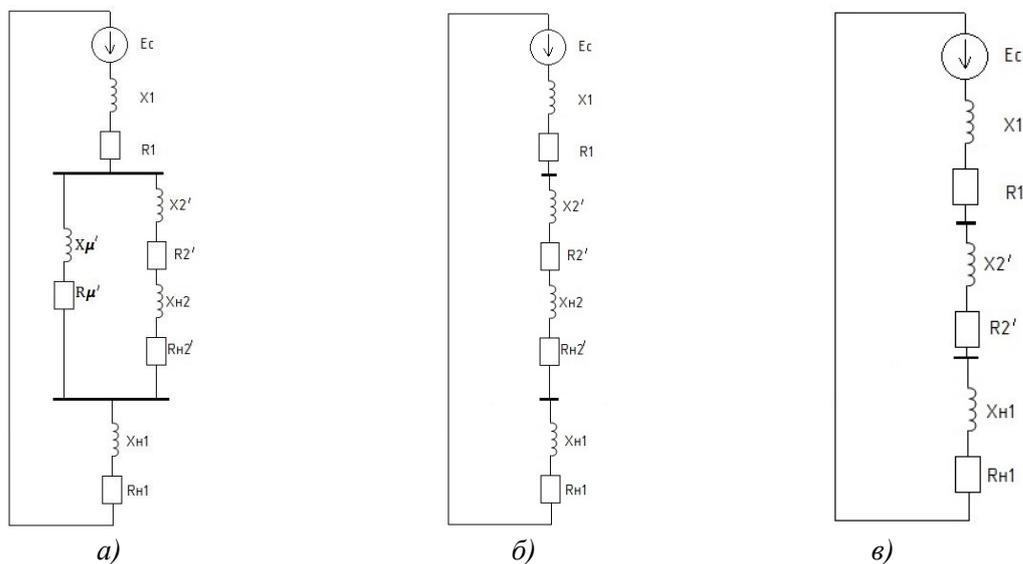


Рис. 1 – Схемы замещения трансформатора тока

Данные схемы замещения состоят из следующих элементов: E_c – напряжение сети, X_1 – индуктивное сопротивление первичной обмотки, R_1 – активное сопротивление первичной обмотки, $X_{н1}$ – индуктивное сопротивление нагрузки первичной обмотки, $R_{н1}$ – активное сопротивление нагрузки первичной обмотки, X_μ – индуктивное сопротивление цепи намагничивания, R_μ – активное сопротивление цепи намагничивания, X_2 – индуктивное сопротивление вторичной обмотки, R_2 – активное сопротивление вторичной обмотки, $X_{н2}$ – индуктивное сопротивление нагрузки вторичной обмотки, $R_{н2}$ – активное сопротивление нагрузки вторичной обмотки.

В таблице 1 представлены общие параметры трансформатора тока.

Таблица 1 – Параметры для расчета трансформатора тока

U_n , кВ	B_m , Тл	D , м	d , м	μ , 10^{-6}	μ_0	C , м	f , Гц	I_1 , А	I_2 , А	r , 10^{-4} Ом	$W_{нам}$
20	1	0.04	0.025	1.26	710	0.01	50	30	5	0.0082	20

1.2. Расчет трансформатора тока

На рис. 1, а представлена схема замещения трансформатора тока, где в полном сопротивлении учитываются сопротивления всех элементов трансформатора (допущение 1).

На рис. 1, б представлена схема замещения трансформатора тока, в полном сопротивлении которого не учитывается сопротивление цепи намагничивания (допущение 2).

На рис. 1, в представлена схема замещения трансформатора тока, где сопротивление трансформатора тока будет складываться из сопротивления нагрузки и сопротивления первичной цепи, сопротивления вторичной цепи. Сопротивление цепи намагничивания и сопротивление нагрузки вторичной цепи не учитываем (допущение 3).

В таблице 2 показаны результаты расчета активного, реактивного и полного сопротивлений для рис.1,а,б,в при токовой нагрузке равной 30 А.

Данный расчет представлен в источнике [3].

Таблица 2 – Результаты расчета активного, реактивного и полного сопротивлений для всех вариантов, мОм

Параметр	$\cos \varphi$					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1	2	3	4	5	6	7
Допущение 1						
$R_{полн}$	8.329	1474.995	2941.662	4408.329	5874.995	7341.662
$X_{полн}$	7336.626	7188.463	6724.404	5869.959	4403.293	3.29
$Z_{полн}$	7336.631	7338.229	7339.685	7340.966	7341.972	7341.663
Допущение 2						
$R_{полн}$	13.588	1480.255	2946.922	4413.588	5880.255	7346.922
$X_{полн}$	7336.626	7188.463	6724.404	5869.959	4403.293	3.293
$Z_{полн}$	7336.639	7339.288	7341.795	7344.126	7346.182	7346.922
Допущение 3						
$R_{полн}$	16.399	1483.066	2949.733	4416.399	5883.066	7349.733
$X_{полн}$	7339.92	7191.757	6727.698	5873.254	4406.587	6.587
$Z_{полн}$	7339.939	7343.082	7345.941	7348.448	7350.406	7349.736

Рассмотрев все допущения, перейдем к общей оценке погрешности трансформатора тока [4-6].

В оценки погрешности учитывались ток нагрузки равный 30 А и различные значений $\cos \varphi$.

В таблицы 3 представлены погрешности трансформатора тока при различных значениях $\cos \varphi$.

Таблица 3 – Общие погрешности трансформатора тока ϵ , %

Варианты	$\cos \varphi$		
	0	0.5	1
1	0.0754	0.0248	0.0069
2	0.0753	0.0689	0.0647
3	0.0303	0.0691	0.103

По данным таблицы 3 была построена гистограмма, показывающее изменение погрешности для каждого из вариантов в зависимости от косинуса.

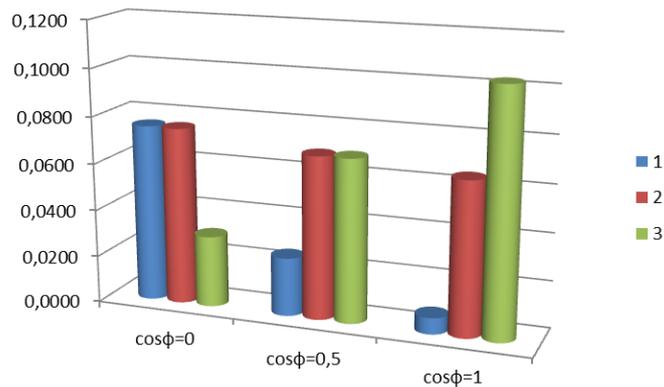


Рис. 2 – Погрешности моделей трансформатора в зависимости от косинуса

Выводы

Рассмотрев три варианта допущений при расчете трансформатора тока, можно сделать вывод, при увеличении тока нагрузки наименьшую погрешность в измерениях дает модель трансформатора, в расчете которой учитывалось полное сопротивление схемы замещения. Если же рассматривать быстрое действие при расчете трансформатора тока, наилучшей является модель №3, так как он содержит наименьшее количество вычислительных операций.

Модель №1 возможно применять для моделирования преобразователей тока. Модель №2 возможно применять при моделировании импульсных преобразователей. Модель №3 возможно применять при наличии больших нагрузок. Таким образом, необходимо использовать различные степени детализации при моделировании как больших электроэнергетических объектов [8], так и при решении узкоспециализированных задач [9].

Список литературы

1. Петроченков А. Б., Ромодин А. В. Разработка подходов к построению комплекса «Энергооптимизатор» // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2013. № 4. С. 20-25.
2. Петроченков А.Б., Бочкарёв С.В., Ромодин А.В., Елтышев Д.К. Планирование процесса эксплуатации электротехнического оборудования с использованием теории марковских процессов // Электротехника. 2011. № II. С. 20а-24.
3. Хрипченко В. Расчет трансформаторов тока. –Минск: «Радиолюбитель», Вып. №5, №6, 2007, 73 с.
4. Усачев А.Е., Муллин Ф.Ф. Систематические погрешности измерительных трансформаторов тока: зависимость от величины первичного тока. –Баку: «Проблемы энергетики», Вып. №7, №8, 2004, 35 с.
5. Вахнина В.В., Дубинин М.В., Рыбалко Т.А. Модель измерительного трансформатора тока в присутствии квазипостоянных токов электроэнергетической системе. –Махачкала: «Апробация», Вып. №1 (28), 2015, 16 с.
6. Федотов С.П. Погрешности трансформатора тока. – М.: «Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность», Вып. №1, 2006, 24 с.
7. Кузнецов М.И., Ромодин А.В. Особенности работы трансформаторов тока в схемах учета и релейной защиты / М. И. Кузнецов, А. В. Ромодин // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике : материалы VI Междунар. интернет-конф., г. Пермь, 1-30 нояб. 2012 г. / Изд-во ПНИПУ, 2012. - С. 109-120.
8. Петроченков А. Б., Ромодин А. В. Комплекс «Энергооптимизатор» // Электротехника. 2010. №6. С. 49а-54.
9. Хорошев Н.И., Петроченков А.Б., Ромодин А.В. Экспертный метод оценки надежности электротехнического оборудования при принятии управленческих решений // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2009. №4. С. 161-164.

05.11.15

Г.М. Мучкаева, Т.Б. Махлаев, Б.В. Даваев, Т.И. Фисенко, Е.Н. Сангаджиева

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова,
инженерно-технологический факультет, кафедра агроинженерии,
Элиста, galya_2508@mail.ru

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ
РЕМОНТЕ КЛАПАННОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-52-53**

Рассмотрены погрешности, возникающие при ремонте клапанов двигателей внутреннего сгорания; предложен метод уменьшения их величины с применением приспособления для очистки клапанов двигателей от нагара; приведен комплекс средств для измерения погрешностей, возникающих в результате ремонта клапанной группы.

Ключевые слова: клапан, погрешность, биение инструментального блока, базирование инструмента режущего характера, средства измерения.

В процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) его детали испытывают различного рода нагрузки [1] и на определённых временных периодах возникает проблема ремонта двигателя. Одной из самых важных систем ДВС, ремонту которой уделяют большое внимание, - это система газораспределения, а именно клапана впускные и выпускные.

Организовать точные параметры при технологических операциях приспособлениями режущего характера возможно в тех случаях, когда процесс будет зависеть от определенного числа факторов, возникающих случайно, характеризующихся диапазоном изменения в широких пределах.

При ремонте отдельных деталей, а именно клапанов ДВС возникают различные погрешности [2], суммарная величина которых рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \Delta_c + \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_p^2 + \Delta_o^2 + \Delta_n^2 + \Delta_k^2}, \quad (1)$$

где Δ_c – погрешность отклонения оси фаски седла; Δ_b – погрешность базирования приспособления режущего характера; Δ_p – погрешность, меняющая свои значения от заданных режимов при обработке; Δ_o – погрешность, появляющаяся при технологическом процессе по причине отжатия инструмента; Δ_n – погрешность, характеризующая биение инструментального блока в шпинделе обрабатывающего инструмента; Δ_k – погрешность, образующаяся за счет повторения поверхности при технологическом процессе.

В производственной практике при ремонте клапанов не устраняются данные погрешности. Метрологическую обработку параметров формирования погрешностей [3] возможно проводить по двум видам базирования: технологии с направляющим пилотом, который вращается во втулке; технологии с пилотом, образующим посадку с натягом со втулкой и вращающимся на нем приспособлением режущего характера.

Весь существующий комплекс приспособлений для ремонта таких деталей основан на рассмотренных видах базирования. В исследованиях на экспериментальном уровне для очистки клапанов от нагаров, возникающих в результате процессов сгорания топлива и смазочного масла, применяли приспособление [4], содержащее зубчатые колеса для приведения в движение винтовых толкателей с целью перемещения абразивного и резового плеч. Вращательное движение и плечи с абразивным брусом и токарным резцом производят функцию очистки клапана, стачивания необходимого слоя металла для ликвидации приобретенных дефектов в процессе эксплуатации клапанов, что позволяет в полном объеме выполнить весь комплекс технологических операций по очистке клапана и снизить величины погрешностей, возникающих в технологическом процессе ремонта.

Причинами возникновения погрешностей может быть наличие чрезмерных усилий при ремонте и при измерении. Оказание таких усилий способно не только деформировать изме-

рительное средство, но и вызвать деформацию поверхностей объекта измерения. Практика показывает, что чем больше усилие, оказываемое при измерениях и ремонте деталей машин и шероховатость поверхности измеряемой детали, тем больше величина ошибки измерения.

В результате исследований найдены скорости изменения величин параметров взаимодействия клапанов с седлами по наработке для сопряжений выпускного характера деталей дизеля А-41: биение седла $i_c=0,035$ мм/тыс. мото-ч.; износ отверстия направляющей втулки $i_v=0,049$ мм/тыс. мото-ч.; смещение оси направляющей втулки $i_o=0,024$ мм/тыс. мото-ч.; отклонения соосности клапана относительно оси двигателя в продольном направлении, которые оказывают влияние на этапы возникновения процесса уменьшения герметичности исследуемых сопряжений.

С повышением объемов наработки направляющей втулки сопряжений выпускного характера происходит несущественный износ с отклонением соосности образующих поверхностей отверстия. Отклонение величины износа диаметра отверстия впускных сопряжений в 1,5...2 раза меньше, чем для выпускных сопряжений, что связано с отсутствием предельных отклонений осей втулок в первом случае. Значения отклонения осей располагаются в диапазоне предельных погрешностей применяемого измерительного прибора.

В результате анализа полученных значений определены ряд средств для измерения погрешностей, имеющих место при технологическом процессе ремонта сопряжений клапан-седло:

- прибор КИ-28198-ГОСНИТИ для определения отклонения соосности отверстия и базовой поверхности направляющей втулки. Прибор выполняет контроль таких показателей, как отклонение соосности отверстия и поверхности, принятой за базу; угловое отклонение осей отверстия и поверхности, принятой за базу; частные отклонения формы поверхности;

- прибор КИ-28198-ГОСНИТИ для выполнения проверки отклонения соосности отверстия и базовой поверхности направляющей втулки;

- прибор КИ-28197-ГОСНИТИ для нахождения биения фаски клапана.

Разработана методика определения точностных параметров положения деталей сопряжений клапан-седло относительно друг друга и базирования приспособления режущего характера при технологическом процессе ремонта, позволяющая:

- задавать нормированные значения предельных размеров сопряжений, где основополагающим фактором будут служить значения величины наибольшего и наименьшего предельного размера параметра, определяемого на выходе – биения седла;

- измерять погрешности базирования направляющей втулки, клапана и приспособления режущего характера при обязательном условии определения отклонений формы и расположения образующих сборочных единиц сопряжения клапан-седло.

Таким образом, применение разработанного ряда методов и средств измерений погрешностей, возникающих при ремонте клапанной группы, позволит уменьшить величины составляющих погрешностей и повысить организацию точностных параметров при технологическом процессе ремонта.

Список литературы

1. Мучкаева Г.М. Совершенствование методов повышения точности измерений при наличии случайных погрешностей / Г.М. Мучкаева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – №2. - С. 50-52.
2. РМГ 64-2003. ГСП. Обеспечение эффективности при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений.
3. Мучкаева Г.М. Вероятностно-статистический метод оценки параметров тяговых агрегатов / Г.М. Мучкаева // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4100.
4. Мучкаева Г.М., Бирюков А.С. Повышение работоспособности клапанов газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания // Сборник статей по материалам VI Междунар. науч.- пр. конф. «Актуальные вопросы в науке и практике». Самара: изд-во «Дендра», 2018. С. 54-58.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И
УПРАВЛЕНИЕ (05.13.00)**

05.13.18

¹А.И. Акимов канд. техн. наук, ²И.А. Акимов д-р. техн. наук,
²Д.И. Сиделов канд. физ.-мат. наук.

¹Филиал Российского Государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Оренбурге, отделение экономики гуманитарных и естественнонаучных дисциплин (ЭГ и ЕНД) akimovff11@mail.ru

²Оренбургский государственный педагогический университет, физико-математический факультет, кафедра математики и МПМ, кафедра физики, МПФ и СОТ, Оренбург, akimov_ia@mail.ru, disideloff@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ
МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ФОРМЕ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ
МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ**

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-54-57

В работе представлена математическая модель термоупругих напряжений и деформаций, возникающих при производстве многослойных конструкций методом полимеризации.

Ключевые слова: *полимеризация, термоупругие напряжения, деформация, многослойная конструкция в форме бесконечной пластины, точные аналитические решения.*

Для разработки математических моделей термоупругих напряжений и деформаций в производстве многослойных конструкций методом полимеризации, важное место занимает аналитическая теория тепломассопереноса, которая является научной основой при изучении многочисленных тепловых процессов, протекающих в современных технологических установках. Как известно, именно неравномерное распределение температуры (температурный градиент) в многослойных конструкциях является источником термоупругих напряжений и деформаций в изделиях. Для получения многослойных материалов с заданными свойствами наилучшим образом подходят аналитические решения, т.к. они в явном виде содержат параметры, описывающие основные физические свойства среды.

В случаях, когда упругие характеристики материала в пределах каждого слоя являются постоянными, то удастся получить точные аналитические решения задач термоупругости и деформации в изделиях.

Рассмотрим температурное поле $u(r, \tau)$, которое является функцией радиального расстояния r и времени τ и является симметричной задачей термоупругости и деформаций на примере двухслойного круглого тонкого диска (плоское напряженное состояние) с центральным отверстием.

Математическая постановка задачи имеет вид [1].

$$\frac{d^2 m_i}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dm_i}{dr} - \frac{1}{r^2} m_i - (1 + \nu_i) f_i \frac{du_i(r)}{dr} = 0; \quad (i = 1, 2), \quad (1)$$

с краевыми условиями

$$\sigma_{r_1}(r_1) = 0 \quad (2)$$

$$\sigma_{r_1}(r_2) = \sigma_{r_2}(r_2) \quad (3)$$

$$\sigma_{r_2}(r_2) = 0 \quad (4)$$

$$m_1(r_2) = m_2(r_2), \quad (5)$$

где $m_i, (i=1,2)$ – радиальное перемещение массы связующего; r – координата в радиальном направлении; τ – время; ν_i – коэффициент Пуассона каждого слоя; $\alpha_i = \beta_i$ – коэффициент термического расширения слоев; u_i – температура слоев.

Общий интеграл уравнения (1) представлен в виде

$$m_i = C_{1i} \cdot r + C_{2i} \cdot \frac{1}{r} + (1 + \nu_i) \frac{\alpha_i}{r} \int_{r_i}^r r \cdot u_i(r) dr, \tag{6}$$

где $C_{1i}, C_{2i}, (i=1,2)$ – постоянные интегрирования.

Зная законы перемещения массы связующего, определяют радиальное и окружное напряжение изделия по формулам:

$$\sigma_{ri} = C_{1i} \cdot \frac{E_i}{1 - \nu_i} - C_{2i} \cdot \frac{E_i}{(1 + \nu_i) \cdot r^2} - \frac{\alpha_i E_i}{r^2} \int_{r_i}^r r \cdot u_i(r) dr; \tag{7}$$

$$\sigma_{\phi i} = C_{1i} \cdot \frac{E_i}{1 - \nu_i} - C_{2i} \cdot \frac{E_i}{(1 + \nu_i) \cdot r^2} - \alpha_i E_i u_i(r) + \frac{\alpha_i E_i}{r^2} \int_{r_i}^r r \cdot u_i(r) dr, \tag{8}$$

где E_i – модуль нормальной упругости (модуль Юнга) слоев.

Неизвестные постоянные $C_{1i}, C_{2i}, (i=1,2)$ находятся из граничных условий (2), (4) (равенство нулю напряжений на границах двухслойного диска) и из условий сопряжения (3), (5) (равенства нулю напряжений и переноса массы в точках контакта слоев).

Подставляя (6)–(8) в (2)–(5) для определения коэффициентов C_{1i}, C_{2i} получим систему алгебраических линейных уравнений

$$\begin{cases} C_{11} \frac{E_1}{1 - \nu_1} - C_{21} \cdot \frac{E_1}{(1 + \nu_1) \cdot r_1^2} = 0; \\ C_{11} \frac{E_1}{1 - \nu_1} - C_{21} \cdot \frac{E_1}{(1 + \nu_1) \cdot r_1^2} - C_{12} \frac{E_2}{1 - \nu_2} + C_{22} \cdot \frac{E_2}{(1 + \nu_2) \cdot r_2^2} - B_1 = 0; \\ C_{11} r_2 + \frac{C_{21}}{r_2} - C_{12} r_2 - \frac{C_{22}}{r_2} + B_2 = 0; \\ C_{12} \frac{E_2}{1 - \nu_2} - C_{22} \cdot \frac{E_2}{(1 + \nu_2) \cdot r_3^2} - B_3 = 0, \end{cases}$$

где $B_1 = \frac{\alpha_1 E_1}{r_2^2} \cdot \int_{r_1}^{r_2} r u_1(r) dr; B_2 = (1 + \nu_1) \frac{\alpha_1}{r_2} \cdot \int_{r_1}^{r_2} r u_1(r) dr; B_3 = \frac{\alpha_2 E_2}{r_3^2} \cdot \int_{r_2}^{r_3} r u_2(r) dr.$

Находя неизвестные постоянные $C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}$ и подставляя их в (6)–(8) находим термоупругие напряжения σ_r, σ_ϕ и перемещения массы связующего m_i . Эти данные позволяют находить и деформации по соответствующим направлениям.

Далее рассмотрим более общий случай – температурную обработку многослойных плоских пластин толщины $2R$ ($-R \leq z \leq R$) прямоугольной формы методом полимеризации и исследуем термоупругие напряжения и деформации по направлениям осей координат.

Термические касательные напряжения в неограниченной пластине определяются по формулам [2].

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\beta E}{1 - \nu} \left[\frac{1}{2} \int_{-1}^1 u(\xi, F_0) d\xi + \frac{3\xi}{2} \int_{-1}^1 u(\xi, F_0) \xi d\xi - u(\xi, F_0) \right], \tag{9}$$

где $\xi = z/R$ ($-1 \leq \xi \leq 1$); β – коэффициент термического расширения; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости (модуль Юнга); $F_0 = \alpha \tau / R^2$ ($0 \leq F_0 \leq 1$) (число Фурье).

Введя обозначения:

$$N_u = \beta E \int_{-1}^1 u(\xi, F_0) d\xi; \quad M_u = \beta E \int_{-1}^1 \xi u(\xi, F_0) d\xi,$$

тогда компоненты деформации ξ_x, ξ_y, ξ_z и перемещения масс m_x, m_y, m_z определяются через поле температуры по следующим формулам:

$$\begin{cases} \xi_x = \xi_y = \frac{1}{2E} (N_u + 3\xi M_u); \quad \xi_z = \frac{\nu}{E(1-\nu)} (N_u + 3\xi M_u) + \frac{1+\nu}{1-\nu} \beta u(\xi, F_0); \\ m_x = \frac{x}{2E} (N_u + 3\xi M_u); \quad m_y = \frac{y}{2E} (N_u + 3\xi M_u); \\ m_z = -\frac{3M_u}{4E} \left(\frac{x^2 + y^2}{R^2} \right) + \frac{1}{(1-\nu)E} \left[\frac{(1+\nu)\beta E}{2} \int_{-1}^1 u(\xi, F_0) d\xi - \nu \xi N_u - \frac{3\nu \xi}{2} M_u \right] \end{cases} \quad (10)$$

Согласно принципу Сен-Венана на расстоянии от краев, большем чем одна толщина пластины, выражение (9) является хорошим приближением для случаев краев, свободных от нагрузок.

Приводим математические модели расчетных формул термоупругих напряжений и деформаций в производстве ограждающих конструкций летательных аппаратов в авиационной промышленности.

Как известно, зная термоупругие напряжения в изделиях можно легко рассчитать и деформации по соответствующим направлениям. Поэтому рассмотрим только термоупругие напряжения в изделиях. Технология изготовления изделий космической и авиационной промышленности такова, что они подвергаются трем основным этапам термической обработки.

На первом этапе производства температура нагрева изделия до температуры полимеризации протекает со временем практически по линейному закону. На втором этапе производства до полной полимеризации многослойной конструкции, температура удерживается на постоянном уровне полимеризации связующего материала. На третьем этапе, когда процесс полимеризации полностью завершен, автоклав отключается от электропитания и охлаждается вместе с изделием внутри до температуры окружающей среды (цеха).

Такой температурный режим производства значительно влияет на остаточные термоупругие напряжения и деформации.

Рассмотрим первый этап производства, когда на поверхности изделия температура – линейная функция времени.

При линейном подъеме температуры на поверхности пластины в автоклаве граничные условия имеют вид

$$[u(\xi, F_0)]_{\xi=\pm 1} = u_0 + \Delta u \cdot F_0, \quad (11)$$

где $\Delta u > 0$. Поле температуры при симметричном обогреве находится по формуле [2]

$$u(\xi, F_0) = u_0 + \Delta u \cdot [F_0 - 0.5(1 - \xi^2)] \cdot (1 - e^{-2.5F_0}).$$

Подставив это в (9), получим расчетные модели для термоупругих напряжений в изделиях

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\beta E \Delta u}{6(1-\nu)} [1 - 3\xi^2] \cdot (1 - e^{-2.5F_0}). \quad (12)$$

Для регулярного режима ($F_0 = \alpha\tau/R^2 \geq 1$) получим

$$\sigma_{стаб} = \frac{\beta E \Delta u}{6(1-\nu)} \cdot [1 - 3\xi^2], \quad (13)$$

т.к. $e^{-2.5F_0} \rightarrow 0$ при $F_0 > 1$.

На втором этапе производства, когда температура на поверхности изделия постоянна, происходят незначительные изменения термоупругих напряжений, т.к. изменения напряжений и деформаций в изделиях связаны с неравномерностью распределения температуры.

На третьем этапе производства ограждающих конструкций в автоклавах, когда электропитание отключено, температура на поверхности автоклава становится равной температуре цеха, следовательно, по мере остывания автоклава остывают и многослойные конструкции, содержащиеся внутри. Это вызывает изменение максимального напряжения $\bar{\sigma}$ по сравнению с накопленным напряжением σ в изделиях. Оно определяется по формуле

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma(1-\nu)}{\beta E(u_0 - u_c)}, \quad (14)$$

где u_0 – температура полимеризации связующего; u_c – температура среды; σ – накопленные термоупругие напряжения; $\bar{\sigma}$ – максимальное термоупругое напряжение.

Отметим, что напряжение $\bar{\sigma}$ дает наибольшую ошибку на поверхности тела при $\xi = \pm 1$.

Практические расчеты показывают, что все расчетные формулы дают хорошие совпадения с точными решениями.

Список литературы

1. В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, В.В. Калашиников. Аналитическое решение задач тепломассопереноса и термоупругости для многослойных конструкций. М.: «Высшая школа», 2005. – 429 с.
2. П.В. Цой. Методы расчета задач тепломассопереноса. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 413 с.

05.13.00

И.И. Аликина, С.В. Бочкарев д-р. техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, bochkarev@msa.pstu.ru

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО
МИКРОРАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИКИ СРЕДНИХ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-58-61**

Предложен метод оценки надежности системы водоснабжения городского микрорайона на основе моделей динамики средних. Представлены результаты экспериментальных исследований износа водопроводных сетей жилого микрорайона города Перми. На основании полученных результатов построена карта изношенности сети с помощью информационного сервиса 2ГИС. Сформулированы прогнозы по изменению состояния различных сегментов по времени и даны рекомендации по очередности замены участков водопроводной сети.

Ключевые слова: *геоинформационная система, система водоснабжения, надежность, метод динамики средних.*

Введение. Трубопроводные системы жилищно-коммунального хозяйства отечественных городов характеризуются низкой надежностью и высоким эксплуатационным износом. В зависимости от выполняемых функций надежность объекта характеризуется свойством безотказности, долговечности или ремонтпригодности, каждое из которых оценивается количественными показателями [1, 2]. При решении основных задач теории надежности необходимо установить закономерности возникновения отказов и их восстановления, а также определить количественные характеристик и разработать методы оценки и расчета надежности [2].

Расчет износа сетей водоснабжения с использованием метода динамики средних. Качественное влияние на надежность трубопровода имеет только интенсивность отказов, которая в свою очередь зависит от износа, а он соответственно зависит от года постройки и последнего капитального ремонта объектов исследуемой системы жилого фонда.

Рациональное решение задач, стоящих перед водоснабжением, на данный момент требует проведения анализа и оценки состояния водохозяйственного комплекса и разработки действенного механизма управления функционированием водохозяйства [2].

Систему водохозяйства следует рассматривать как сложную техническую систему S , отказ элементов в которой снижает ее эффективность функционирования [3]. Каждый вид оборудования выходит из строя и восстанавливается с определенными интенсивностями отказов λ^i и восстановления μ^i . Таким образом, система S^i содержит N^i однородных элементов, которые могут находиться в двух состояниях: S_1 – состояние исправности и S_2 – состояние неисправности. На рис. 1 представлена система S_1 .

Предполагая, что каждый вид S^1, S^2, \dots, S^M можно рассматривать отдельно, тогда для них можно записать систему дифференциальных уравнений, применяя метод динамики средних [4, 5]. В этом случае вероятность того, что система S^i -ого вида инженерного оборудования из N^i однородных элементов находится в работоспособном состоянии S_1 будет иметь вид:

$$p_1^i(t) = \frac{\lambda^i \cdot e^{-(\lambda^i + \mu^i)t} + \mu^i}{\lambda^i + \mu^i}, \quad (1)$$

где $p_1^i(t)$ – это вероятность того, что система S^i -ого вида инженерного оборудования из N^i однородных элементов находится в работоспособном состоянии S_1 .

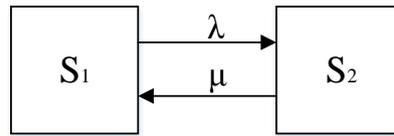


Рис. 1 – Система S вида

Проведено исследование горячего водоснабжения микрорайона «Пролетарский» города Перми. Общая длина тепловых сетей составляет 9218 м. Объем трубопроводов тепловых сетей – 402.9 м³.

Используя (1), функция надёжности для ГВС будет иметь вид [2, 3]:

$$P_{ГВС}(t) = \frac{0,062 \cdot e^{-0,064t} + 0,00194}{0,064} = 0,97 \cdot e^{-0,064t} + 0,03, \tag{2}$$

На рис. 2 представлен график функции надёжности для горячего водоснабжения (ГВС), которой показывает, что через 30 лет эксплуатации инфраструктура водопотребления и водоотведения жилого фонда должна практически разрушиться [2, 4].

Закон распределения интенсивности отказов ГВС имеет вид [2]:

$$\lambda_{ГВС}(t) = 0,00204t, \tag{3}$$

Учитывая износ и загрузку сетей, можно вычислить наиболее проблемные участки, которые требуют наиболее срочной замены.

В таблице 1 представлена часть результатов, отображающая значения интенсивности отказа на участке трубопровода, в зависимости от года постройки и времени эксплуатации.

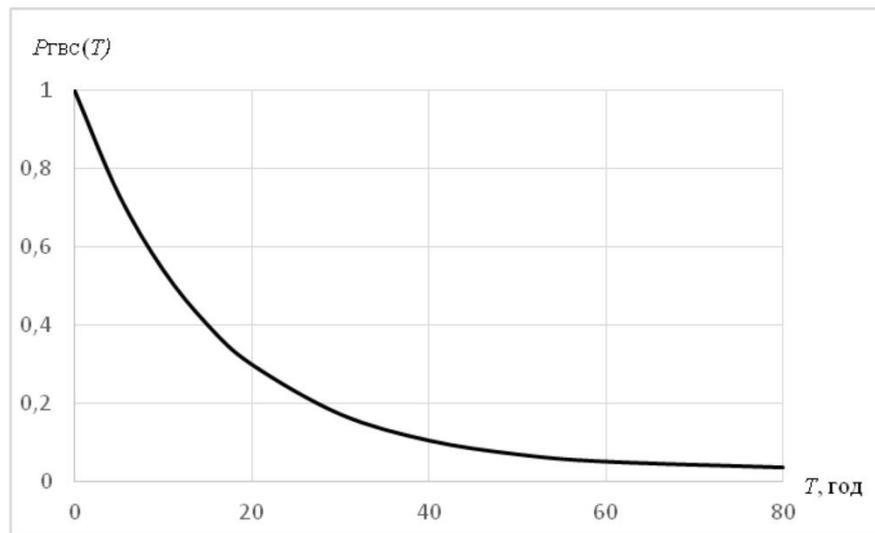


Рис. 2– График функции надёжности для ГВС

Таблица 1 – Значения интенсивностей отказов на участках трубопровода в зависимости от года постройки и времени эксплуатации

Начало	Конец	Год	t, лет	λ
ЦТП №1	Костычева, 31	2008	9	0,01836
ЦТП №1	Сенечева, 4а	1991	26	0,05304
ЦТП №2	Костычева, 38	1995	22	0,04488
ЦТП №2	Докучаева, 32	1999	18	0,03672
ЦТП №3	Транспортная, 11а	2008	9	0,01836
ЦТП №3	Транспортная, 11	2009	8	0,01632

Интенсивность отказов λ(t) имеет линейный закон распределения λ(t) = at + b [2], который был подтвержден нашими исследованиями (рис.3).

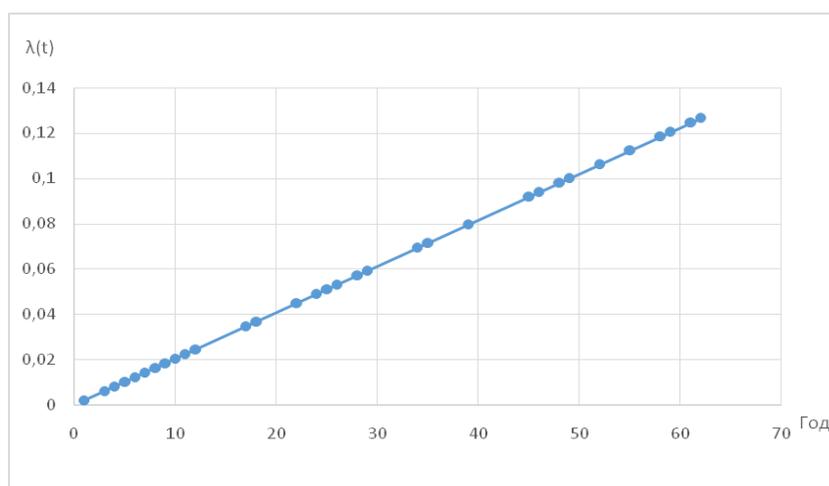


Рис. 3 – Зависимость интенсивности отказа от времени эксплуатации трубопровода

Результаты. На основании результатов, с учетом критического значения интенсивности отказа, была построена карта изношенности сетей, иллюстрирующая результаты мониторинга и оценки состояния водопроводной сети (рис. 4) на основе информационного сервиса 2ГИС [6, 7].



Рис. 4 – Карта изношенности сетей

Линиями 1 на карте обозначены сети, имеющие критический уровень износа и подлежат первоочередной замене. Линиями 2 – требующие первоочередного ремонта. Линии 3 показывают сети, которые через 5 лет использования будут требовать ремонта. Линиями 4 обозначено хорошее состояние водопроводных сетей. За счет оперативного выявления и устранения нарушений в работе системы водоснабжения увеличится надежность системы, эффективность ее функционирования с учетом интеллектуализации методов мониторинга и анализа данных [8].

На данный момент времени ремонту подлежит 2643 м водопроводной сети, что составляет 28,67% от всего трубопровода. К 2023 году протяженность водопроводной сети требующей ремонта увеличится до 3456 м, что составит 37,49%.

Список литературы

1. *Сорокин А.С.* Математическое моделирование оценки надежности технологических систем // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2008. – №5. – С.28-37.
2. *Бочкарев С.В., Цаплин А.И., Схиртладзе А.Г.* Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем: учеб. пособие. – Старый Оскол: ТНТ, 2013.
3. *Гальперин Е.М.* Надежность систем водоснабжения и водоотведения // Современные проблемы науки и образования, 2009. – №1. – С.26-27.
4. *Лялин В. Е., Попонина О.М., Семенов В.В.* Математические модели расчета надежности инженерных коммуникаций и оборудования при многоуровневой модели управления крупным предприятием // Аудит и финансовый анализ, 2006. – №5. – С.351-380.
5. *Бочкарев С.В., Петроченков А.Б., Схиртладзе А.Г.* Управление качеством: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011.
6. *Бочкарев С.В., Петроченков А.Б., Ромодин А.В.* Интегрированная логистическая поддержка эксплуатации электротехнических изделий: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009.
7. <https://2gis.ru/>
8. *Ляхомский А.В., Петроченков А.Б., Перфильева Е.Н., Бочкарев С.В.* Концептуальное проектирование и направления инжиниринга повышения энергоэффективности предприятий: исследования, технологии, кадры // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – С.139-145.

05.13.18

М.А. Аль-Аскари, С.А. Федосин канд. техн. наук, В.В. Афонин канд. техн. наук

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарёва, институт электроники и светотехники,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Саранск, fedosinsa@mrsu.ru

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-62-65**

В статье проводится анализ качества растровых изображений, в соответствии с рекомендациями, приведенными в [1], и метрики на основе вероятностного подхода. Вероятностная метрика основывается на определении числа артефактных пикселей, входящих во множество градиентных и матриц, полученных из трехмерных матриц цветовой модели RGB. Приводятся результаты исследования ранговых корреляций анализируемых методов по оценке качества изображений с возможными артефактами блокинга.

Ключевые слова: растровые изображения, вероятностная оценка качества изображения, артефакты, ранговые корреляции Спирмена, Кендалла, Пирсона, цветровая модель RGB.

Данная статья представляет собой продолжение и развитие предыдущей работы авторов [2], в которой затронута рассмотрение метода оценки качества растровых изображений на предмет существования в них артефактов блокинга. В методе, предложенном в ряде работ [1, 3–8], заключительная фаза оценки качества изображения связана с вычислением среднего арифметического множества значений, получающихся в результате численного дифференцирования полутонового изображения с последующим наложением маски для определения артефактов. В данной статье предлагается применить вероятностный подход оценки качества изображений – вероятности наличия артефактов блокинга и дополнение к этой вероятности – вероятностная метрика качества изображения. В качестве базового множества принимается матрица, получающаяся после численного дифференцирования матрицы полутонового изображения. Начальный алгоритм получения вероятностной оценки изображений приведен на рис. 1.

Расчеты выполнены в системе MATLAB, в которой имеется библиотечная функция `ismember` – поиска включений элементов одного множества в другом. В соответствии с рис. 1. Первое множество LPBM (горизонтального или вертикального обхода массивов), второе – Gh (Gv), которое является порождающим множеством. Собственно, расчет вероятности артефактов в изображении и вероятностной метрики качества изображений связано с расчетом частоты включений пикселей артефактов относительно порождающего (базового) множества. Эту частоту следует рассматривать в виде экспериментальной условной вероятности – вероятности количества ненулевых пикселей относительно порождающего множества – матрицы производных или градиента, как принято в [3]. Вероятность артефактов, например, Ph, присутствия артефактов вычисляется в виде следующих выражений системы MATLAB:

$$I_h = \text{ismember}(\text{LPBM}_h, G_h);$$
$$P_h = \text{length}(\text{LPBM}_h(I_h)) / \text{numel}(\text{LPBM}_h);$$

Вероятностная метрика будет являться дополнением к вероятности артефактов. Такая метрика заключена в интервале от 0 до 1, что позволяет выразить приемлемый уровень для оценки качества растрового изображения.

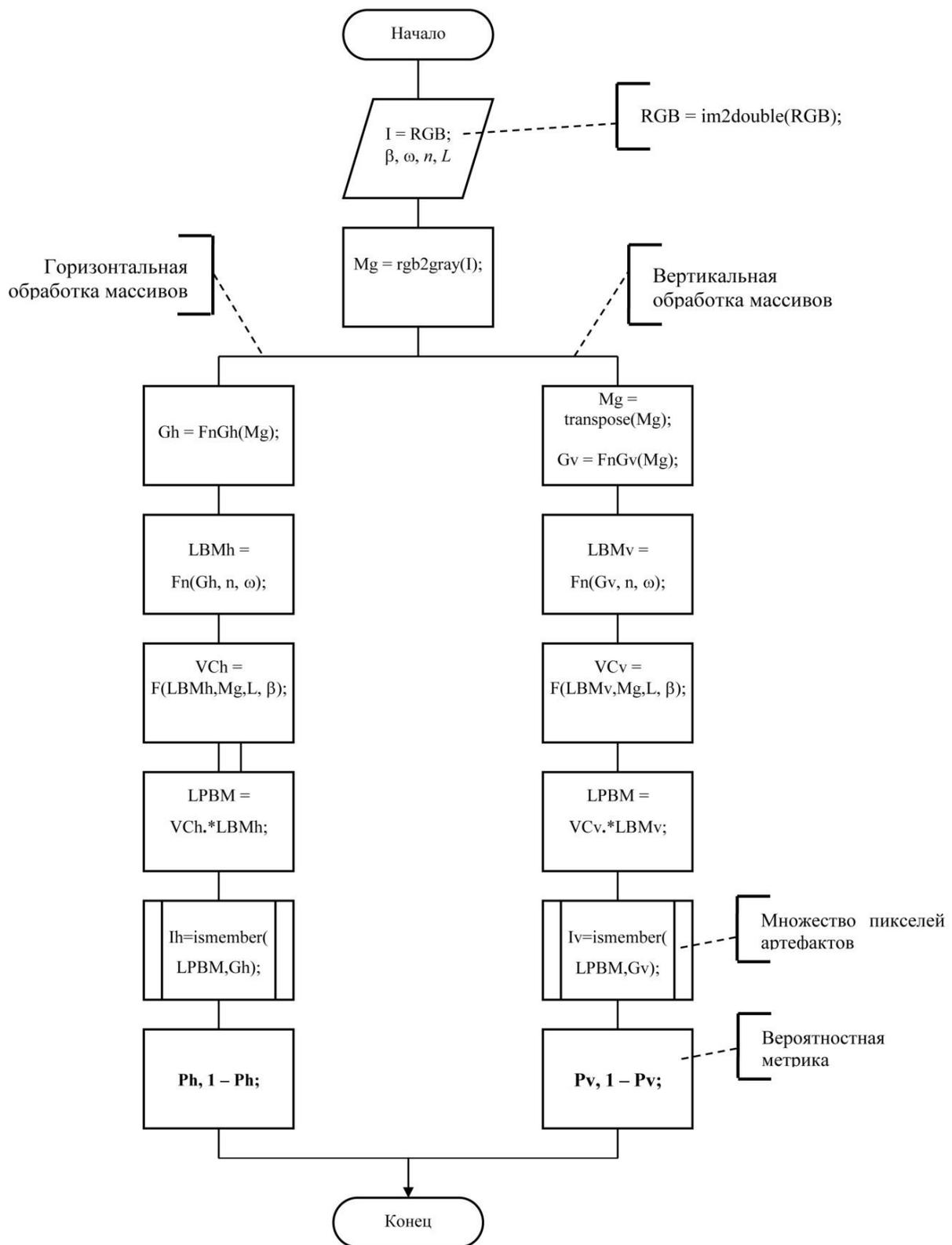


Рис. 1 – Схема основного алгоритма получения вероятностной метрики

В соответствии с определениями из [1], LPBM – a local perceptual blockiness metric (локальная метрика восприятия квадратиков). Надо сказать, что метод, описанный в [1], выполняет оценку присутствия артефактов блокинга. На рис. 2, рис. 3 приведены два изображения, одно из которых имеет явные артефакты блокинга.



Рис. 2. «Хорошая» картинка



Рис. 3. Картинка с блокинг-артефактами

На рис. 3 представлено изображение с классическими артефактами блокинга. Именно для такого типа артефактов предлагается вероятностная метрика оценки качества изображений.

Для оценки взаимосвязи значений метрики субъективной оценки и предлагаемой вероятностной оценки были выполнены соответствующие эксперименты, в которых рассчитывались значения ранговой корреляции Спирмена, Кендалла, а также Пирсона для 6 изображений типа рис. 2, рис. 3. Для этих же изображений имеются оценки экспертов, метрики NPBM и предлагаемой вероятностной метрики, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Числовые метрические оценки тестовых изображений

Метрика	Имена файлов тестовых изображений					
	img1	img89	img107	img138	img154	img168
Экспертов	0.3263	0.45313	0.60102	0.15771	0.16225	1.4703
NPBM	0.947274	0.944027	0.961451	0.660864	0.719898	0.978210
Вероятностная (гориз./верт.)	0.627102	0,766011	0,833107	0,119027	0,144256	0,914167
	0.549496	0,682962	0,763934	0,105586	0,125362	0,884188
Вероятностная средняя	0.588299	0,724487	0,798521	0,112307	0,134809	0,899178

Метрика NPBM определена по алгоритму, приведенному в [1]. По результатам, приведенным в табл. 1, можно сделать вывод, что изображение с именем файла img138 обладает наибольшим числом артефактов блокинга (см. рис. 3). Близким к нему является изображение с именем файла img154. Наилучшим качеством обладает изображение с именем файла img168 (см. рис. 2). Как видно из табл. 1, вероятностная оценка (метрика) качества изображений при наличии артефактов блокинга дает наиболее «убедительный» результат. Величина этой метрики для изображения img138 (img138.bmp) заметно отличается от метрик других изображений.

Считая, что метрика экспертов может служить эталоном, были определены коэффициенты ранговой корреляции [9] по Спирмену, Кендаллу, Пирсону поданным табл. 1. Сравнивались метрики экспертов и NPBM, экспертов и предлагаемой вероятностной метрики. Результаты сведены в табл. 2.

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, Кендалла, Пирсона определялись с помощью функции corr системы MATLAB. Результаты экспериментов сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Расчет коэффициентов ранговой корреляции			
Тип рангового критерия			
Вид метрики	Спирмена	Кендалла	Пирсона
Коэффициенты ранговой корреляции			
NPBM	0.942857	0.866667	0.639070
	Уровень значимости		
	0.016667	0.016667	0.171896
Коэффициенты ранговой корреляции при горизонтальной обработке			
Вероятностная	1.000000	1.000000	0.742458
	Коэффициенты ранговой корреляции при вертикальной обработке		
	1.000000	1.000000	0.787286
	Уровень значимости горизонтальной обработки		
	0.002778	0.002778	0.090951
	Уровень значимости вертикальной обработки		
	0.002778	0.002778	0.063059

Как известно, коэффициенты ранговой корреляции используются для выявления и оценки тесноты связи между двумя рядами сопоставляемых количественных показателей [9]. В нашем случае количественные показатели – это NPBM-метрики и предлагаемые вероятностные метрики. Анализ полученных результатов (см. табл. 2) показывает, что предлагаемая методика – вероятностная метрика оценки артефактов блокинга отвечает требованиям ранговой корреляции. Видно, что корреляционная связь по критериям Спирмена и Кендалла является функциональной с достаточно высокой доверительной вероятностью. Авторы, конечно, отдают себе отчет, что требуется всесторонняя проверка предлагаемой вероятностной метрики.

Список литературы

1. L. Zhang, L. Zhang and A.C. Bovik. «A feature-enriched completely blind local image quality analyzer» *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 24, no. 8, pp. 2579-2591, August 2015.
2. Аль-Аскари М.А., Федосин С.А., Афонин В.В. Анализ качества растровых изображений // Научно-технический вестник Поволжья. №1, 2018 г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018. С. 107–109.
3. D. L. Ruderman. The statistics of natural images. *Netw., Comput. Neural Syst.*, vol. 5, no. 4, pp. 517–548, Apr. 1994.
4. W. Xue, L. Zhang, X. Mou and A.C. Bovik, «Gradient magnitude similarity deviation: A highly efficient perceptual image quality index», *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 23, no. 2, pp. 684-695, February 2014.
5. K. Egiazarian, J. Astola, N. Ponomarenko, V. Lukin, F. Battisti, and M. Carli. «New full-reference quality metrics based on HVS», Proc. of the Second International Workshop on Video Processing and Quality Metrics, Scottsdale, 4 p, 2006.
6. N. Ponomarenko, F. Silvestri, K. Egiazarian, Carli M., Astola J., Lukin V. «On between-coefficient contrast masking of DCT basis functions», Proc. of the Third International Workshop on Video Processing and Quality Metrics, USA, 2007, 4 p.
7. K. Gu, J. Zhou, G. Zhai, W. Lin and A.C. Bovik. «No-reference quality assessment of screen content pictures», *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 8, pp. 4005-4017, August, 2017.
8. W. Xue, X. Mou, L. Zhang, A. C. Bovik, X. Feng «Blind Image Quality Assessment Using Joint Statistics of Gradient Magnitude and Laplacian Features», *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 23, no. 11, november 2014.
9. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

05.13.00

Н.В. Андриевская канд. техн. наук, О.А. Андриевский

Пермский национальный исследовательский университет
Электротехнический факультет, кафедра Микропроцессорных средств автоматизации,
кафедра Автоматики и телемеханики
Пермь, nataly-anv@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЯ АДЕКВАТНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-66-68

Сформулированы проблемы оценки адекватности идентификационных моделей систем автоматического управления. Выделены основные задачи исследования адекватности моделей. Предложен алгоритм исследования идентификационных моделей систем автоматического управления.

Ключевые слова: идентификационная модель, адекватность моделей, дисперсионный анализ, коэффициент множественной корреляции, критерий Фишера, критерий Стьюдента.

Оценка адекватности моделей является одним из этапов в моделировании. При идентификации систем и объектов управления, как экспериментальном методе построения моделей, проблема оценки адекватности становится особо актуальной, так как этап структурной идентификации является в общем случае интуитивным[1]. На этапе структурной идентификации выбирается не только структура и класс модели, а также значимые переменные (входные, выходные, внутренние), поэтому ошибка в выборе значимых переменных может привести к построению неадекватной модели.

Данная статья посвящена алгоритму полноразмерной оценки адекватности идентификационных моделей.

По приведенному алгоритму оценка адекватности определяются как правильность выбора значимых переменных, оказывающих существенное влияние на изменение динамических и статических характеристик объекта и систем управления, структуры идентификационной модели и оценка адекватности параметров модели.

Методика оценки адекватности моделей осуществляется в последовательном выполнении следующих этапов[1].

1. Проверка правильности выбора входных переменных.
2. Проверка общего качества уравнения модели.
3. Проверка значимости коэффициентов модели.

В качестве математической модели рассматривается линейная модель вида:

$$y_m = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i$$

Выбор линейной модели обусловлен тем, что основные алгоритмы идентификации объектов и систем управления так или иначе сводятся к оценке параметров линейной модели [1].

Оценка адекватности моделей осуществляется на основе дисперсионного анализа, базирующегося на следующих показателях [2]:

1. сумма квадратов, определяемой регрессией (линейной зависимостью модели),

$$Q_R = \sum_{i=1}^N (y_{mi} - \bar{y})^2, \quad \text{где } \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i - \text{среднее значение выходной переменной на всем}$$

интервале наблюдения, N - количество наблюдений;

2. число степеней свободы суммы квадратов, определяемой регрессией $\nu_R = k - 1$.

3. остаточная сумма квадратов $Q_{ост} = \sum_{i=1}^N (y_i - y_{mi})^2$.

4. число степеней свободы остаточной суммы квадратов $\nu_{ост} = N - k$

5. полная сумма квадратов $Q = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$.

6. число степеней свободы полной суммы квадратов $\nu = N - 1$.

В соответствии с дисперсионным анализом полная сумма квадратов является результатом сложения Q_R , учитывающей влияние выбранных переменных, и $Q_{ост}$, которая показывает, насколько сильно влияние неучтенных в модели переменных.

Для анализа адекватности используются нормированные величины дисперсий по соответствующим источникам влияния: дисперсия, определяемая регрессией

$$S_R^2 = \frac{Q_R}{\nu_R}, \text{ остаточная дисперсия } S_{ост}^2 = \frac{Q_{ост}}{\nu_{ост}}, \text{ полная дисперсия } S^2 = \frac{Q}{\nu}$$

Проверка значимости выбранных входных переменных осуществляется путем определения значимости коэффициента множественной корреляции, который определяет, насколько хорошо выбранная модель учитывает влияние входных переменных [1. 3]

Суть значимости коэффициента множественной иллюстрируется рис. 1 и 2.

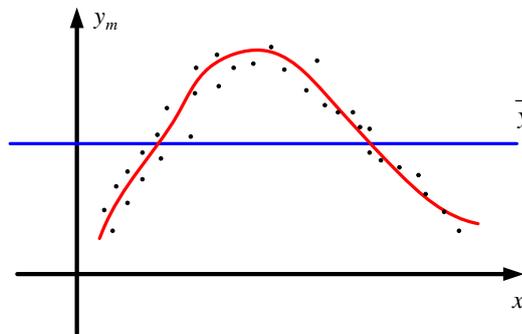


Рис. 1. - График эксперимента с моделью M1.

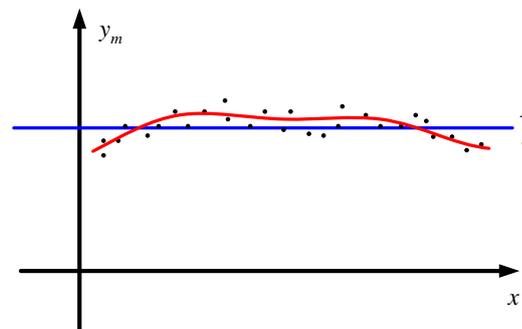


Рис. 2. - График эксперимента с моделью M2.

На рис. 1. зависимость y_m модели M1 от входной переменной x , выражена существенно, тогда как на рис. 2. график y_m модели M2 очень мало отличается от среднего значения \bar{y} . Это объясняется тем, что в выходная переменная y_m модели M2 не зависит от x , то есть коэффициенты модели M2, отличные от нуля, отражают лишь влияние случайных факторов. Из этого можно сделать вывод, что переменная x выбрана неверно, так как не оказывает существенное влияние на выходную переменную y_m

Значимость коэффициента множественной корреляции проверяется критерием Фишера [1, 2] по следующему алгоритму:

1. Вычисляется параметр $F = S_R^2 / S_{ост}^2$

2. Из таблицы распределения Фишера выбирается $F_T(\alpha, \nu_1, \nu_2)$, где α - заданный уровень значимости; $\nu_1 = \nu_R$; $\nu_2 = \nu_{ост}$

3. Осуществляется сравнение ($F > F_T$). Выполнение данного условия означает значимость коэффициента множественной корреляции. В противном случае коэффициент незначим, то есть зависимость y от входных переменных x_i слаба или отсутствует вообще. Это объясняется следующим: в модель не были включены сильно влияющие входные переменные. Такой результат получается часто при идентификации следовании сложных объектов, когда значимые входные переменные не доступны для измерения. Другим фактором, влияющим на незначимость коэффициента множественной корреляции, может быть и то, что при верном выборе входных переменных структура модели выбрана неверно.

Таким образом, проверка значимости коэффициента множественной корреляции недостаточна для оценки адекватности моделей, поэтому при уверенности выбора входных переменных, необходимо оценить общее качество (структуру) модели.

Оценка общего качества уравнения модели оценивается на базе дополнительных опытов в некоторой точке технологического процесса. Адекватность модели определяется по следующей схеме:

1. Рассчитывается коэффициент: $F = S_{ocm}^2 / S_{don}^2$, где $S_{don}^2 = \frac{\sum_{i=1}^l (y_{doni} - \bar{y}_{don})^2}{l-1}$.

2. Из таблицы распределения Фишера определяется коэффициент $F_T(\alpha, v_{ocm}, v_{don}=l-1)$.

3. Осуществляется сравнение ($F < F_T$). В случае выполнения данного условия, модель считается адекватной.

После проверки адекватности модели в целом, можно оценить значимость отдельных коэффициентов модели.

Значимость коэффициента модели a_i проверяется также по дополнительным опытам.

1. Определяется дисперсия дополнительных опытов S_{don}^2 .

2. Рассчитывается информационная матрица по наблюдениям над входными переменными XX^T и определяется коэффициент c_{ii} , как i -й диагональный элемент матрицы XX^T .

3. Вычисляется коэффициент $t_i = \frac{|a_i|}{S_{don}^2 \sqrt{c_{ii}}}$

4. Определяется $t_T(\alpha, v)$ из таблицы распределения Стьюдента, где α - заданный уровень значимости; $v = v_l$.

5. Осуществляется сравнение ($t > t_T$). Если условие выполняется, то коэффициент модели a_i значим. В противном случае коэффициент a_i незначим и может не учитываться в полученной модели, тем самым упрощая модель.

Данная методика оценки адекватности моделей может быть использована не только при идентификации объектов и систем управления, но и при построении других моделей [3].

Список литературы

1. Андриевская Н.В. Идентификация систем управления: учеб. пособие №2 / Н.В. Андриевская, Н.Н. Матушкин, А.А. Южаков.- Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012- с. 87.
2. Вучков. И., Бояджијева Л., Солаков Е. Прикладной линейный регрессионный анализ / Пер. с болгарского Ю. П. Адлера. – М.: Финансы и статистика, 1987. – с. 26.
3. Андриевская Н.В., Павлов Н. В. Анализ взаимного влияния показателей качества электроэнергии. //Научно-технический вестник Поволжья – 2017 - № 4 – С. 93-95.

05.13.00

О.А. Андриевский, Н.В. Андриевская канд. техн. наук, М.А. Базаров

Пермский национальный исследовательский университет
Электротехнический факультет, кафедра Микропроцессорных средств автоматизации,
кафедра Автоматики и управления
Пермь nataly-anv@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА LEGO MINDSTORMS EV3 ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-69-71**

В работе сформулированы проблемы изучения дисциплины «Теория автоматического управления». Рассмотрен робототехнический комплекс LEGO MINDSTORMS EV3. Предложены темы лабораторных работ дисциплины. Рассмотрена схема реализации «движение по линии». Проведен анализ применения программных сред MatLab 2017 и RoboLabLegoMindstorms для реализации натурального и полунатурного моделирования.

Ключевые слова: автоматическое управление, робототехнический комплекс LEGO MINDSTORMS EV3, устойчивость систем, регулятор, сервомотор, датчик скорости, датчик освещенности, типовые законы управления.

Современный этап развития общества характеризуется внедрением информационных технологий во все сферы человеческой деятельности. Новые информационные технологии оказывают существенное влияние на сферу образования. Происходящие фундаментальные изменения в системе образования вызваны новым пониманием целей, образовательных ценностей, а также необходимостью перехода к непрерывному образованию, разработкой и использованием новых технологий преподавания, связанных с оптимальным построением и реализацией учебного процесса с учетом гарантированного достижения дидактических целей.

На сегодняшний день при изучении теории автоматического регулирования основное внимание уделяется компьютерному математическому моделированию [1] и изучению виртуальных моделей, которые, несмотря на свою методическую ценность, лишены наглядности и имеют ряд допущений, определяющих их расхождение с реальными системами. Это в конечном итоге оставляет непонимание некоторых аспектов и уменьшает интерес к изучению дисциплины «Теория автоматического управления».

Для решения данной проблемы, в процессе изучения студентами дисциплины «Теория автоматического управления» было предложено использовать робототехнический комплекс LegoMindstormsEV3, который включает в себя аппаратную часть – набор конструктора LegoMindstormsEV3 производства компанииNXT. Для математического, полунатурного и реального моделирования предложено использовать программный комплекс MatLab 2017 и RoboLabLegoMindstorms.

Программный комплекс MatLab 2017 позволяет с помощью встроенных библиотек, генерировать и компилировать Си код для робототехнического комплекса. Достоинством данного программного обеспечения является возможность осуществлять одновременно моделирование в реальном времени и в виртуальном пространстве. К недостатку относится зависимость качества управления от технических характеристик WiFисреды.

Программное обеспечение RoboLabLegoMindstorms обеспечивает автономный режим работы робототехнического комплекса, так как алгоритм управления заранее просчитывается и загружается в контроллер системы.

Робототехнический комплекс MindstormsEV3 представляет собой конструктор для создания программируемых роботов с использованием процессора –контроллера, исполнительных механизмов и датчиков. Самыми распространёнными лабораторными работами являются [1, 2]:

- Функциональная и структурные схемы САУ;
- Исследование устойчивости САУ;
- Влияние коэффициента усиления системы на устойчивость и качество САУ;
- Исследование типовых регуляторов;
- Исследование нечетких законов управления;
- Адаптивное управление.

Популярность робототехнических комплексов обуславливается их доступностью и модульной конструкцией, благодаря которой можно реализовывать различные объекты управления и исследовать систему управления для них. Наиболее простой и наглядной является схема «движение по линии» [3]/ Данная схема может быть использована как для исследования устойчивости системы, влияние параметров системы (коэффициента усиления) на устойчивость, так и исследования качества управления на основе типовых регуляторов. Кроме того в данной работе изучаются основные функциональные элементы: объект управления, датчики, сервомеханизмы, регуляторы.

«Движение по линии» реализуется на двух сервомоторах. Структурная схема управления приведена на рисунке 1.

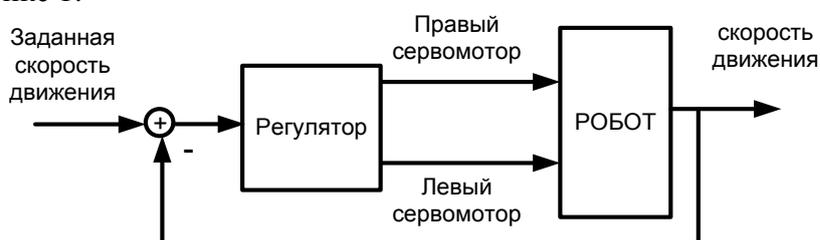


Рис. 1 - Структурная схема управления двигателем.

Использование двух сервомоторов позволяет осуществлять поворот робота из-за разницы скоростей сервомоторов.

За счет использования датчика цвета, настроенного на освещенность отраженного света, реализуется алгоритм управления движением по заданной линии. Данная функция датчика является крайне полезной в сложных условиях освещенности, например, в комнатах с очень ярким освещением или наоборот в помещениях со слабым освещением.

Для определения направления движения робота (вправо или влево от линии) сравнивается текущую освещенность с заданным средним параметром, который определяется как среднее между показаниями датчика освещения на белой поверхности и показания датчика освещения на темной поверхности. Структурная схема управления движением по линии приведена на рисунке 2

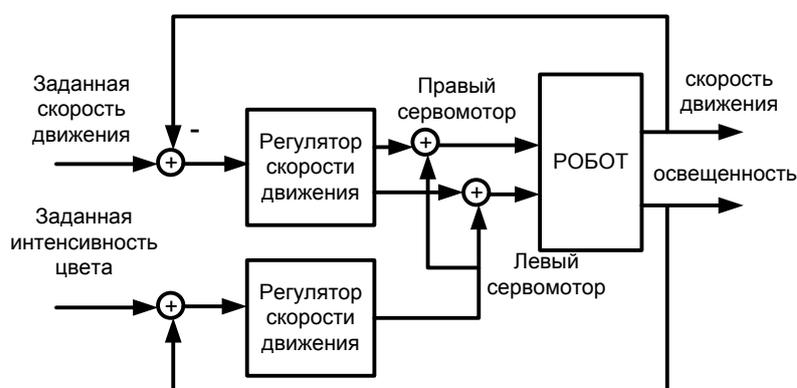


Рис. 2. – Структурная схема управления «движением по линии».

Суть алгоритма заключается в следующем: робот, двигаясь по линии не держится за нее, а, наоборот, ее избегает. Когда датчик робота попадает на линию, то робот резко уходит в сторону и вперед, после чего начинает возвращаться снова к линии. Попадая на линию, робот снова уходит в сторону и вперед, а затем опять ищет ее. При этом скорость его движения

становится за счет довольно больших «бросков» в сторону и вперед намного выше, чем при постоянном отслеживании границы белого и черного. Данные «броски» необходимо контролировать и уменьшать для плавного движения робота.

Робот двигается вдоль линии, моторы вращаются со средней скоростью 50% от максимума, но при повороте линии, для них должно осуществляться управляющее воздействие u , для одного из моторов $50 + u$ для другого $50 - u$.

Данное управляющее воздействие можно усилить, для того что бы ускорить поворот робота, что в следствии позволяет роботу проходить крутые повороты. Усиливающим звеном, как раз и является пропорциональный регулятор (П-регулятор). П-регулятор обеспечивает эффективную работу только при малых углах отклонения, поэтому движение вдоль линии практически всегда будет происходить по волнообразной траектории движения. Изменение коэффициента усиления П-регулятора уменьшает запас устойчивости, поэтому на данной схеме можно визуально продемонстрировать влияние параметров системы на устойчивость и продемонстрировать устойчивое, неустойчивое движение, а также движение на колебательной границе устойчивости.

Изучение типовых регуляторов обеспечивается последовательным исследованием коэффициентов пропорциональности, интегральной и дифференциальной составляющей:

$$W_P(p) = K_P + \frac{K_I}{p} + K_D p,$$

где $W_P(p)$ - передаточная функция регулятора, K_P - пропорциональная, K_I - интегральная составляющая, K_D - дифференциальная составляющие регулятора.

Пропорциональная составляющая позволяет задавать управляющие воздействия на сервомоторы (тормозить один мотор, разгонять другой) с силой, пропорциональной величине отклонения. Скорости при этом рассчитываются как разности требуемого и текущего положения. Управление положением робота возможно на основе одного или двух датчиков цвета в режиме отраженного света.

Интегральная составляющая учитывает информацию о положении робота на предыдущих шагах и задает дополнительные управляющие воздействия.

Дифференциальная составляющая прогнозирует положение робота на следующем шаге и задает дополнительные управляющие воздействия на моторы.

Как уже было сказано выше, программная среда MatLab 2017 позволяет осуществить как автономное, так и полунатурное управление роботом. Автономное управление заключается в том, что алгоритм управления реализуется в виде Си-кода и загружается в контроллер. Далее движение робота осуществляется в соответствии с заданным законом управления. Полунатурное управление позволяет управлять роботом с компьютера, менять коэффициенты, видеть движение в качестве графика на мониторе.

Программная среда RoboLabLegoMindstorms обеспечивает только автономное управление, однако, в отличие от MatLab 2017, отличается значительной простотой реализации.

Таким образом, использование робототехнического комплекса наглядно демонстрирует основные положения теории автоматического управления.

Список литературы

1. Андреевская Н.В. Теория автоматического управления / Н. В. Андреевская, О. А. Билоус. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. - 83 с.
2. Бобцов А.А. Технология LEGO MINDSTORMS NXT в обучении студентов основам адаптивного управления. / А.А. Бобцов, Ю.А. и др. Научно-технический вестник Санкт – Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики 2011, N1(71) – С. 103-108.
3. Овсяницкая Л.Ю. Алгоритмы и программы движения робота LegoMindstormsEV3 по линии / Овсяницкая Л. Ю., Овсяницкий Д. Н., Овсяницкий А. Д. – М.: Издательство «Перо», 2015 – 168 с.

05.13.00

А.А. Бачурин, Н.В. Павлов

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, a.bachurin@pstu.ru, pavlov_v94@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-72-74

В статье рассматриваются различные аспекты автоматизированного контроля качества работы наружного освещения городов, такие как: выбор контролируемого параметра и способов его измерения, методика обработки результатов измерений.

Ключевые слова: *наружное освещение, качество, освещенность, люксметр, методика контроля.*

1 ВВЕДЕНИЕ

Для контроля качества наружного освещения в большинстве эксплуатируемых организаций в настоящий момент используются устаревшие методики (ГОСТ 24940-96) и приборы, принципиально не отличающиеся по функционалу и характеристикам от средств измерения 1990-х годов. На данный момент утвержден современный нормативный документ (ГОСТ Р 55707-2013), который учитывает обозначенные выше проблемы и предоставляет возможности и рекомендации для их решения.

Настоящая работа ставит своей целью разработку и обоснование необходимости использования автоматизированной системы инструментального контроля качества работы наружного освещения организациями эксплуатирующими установки наружного освещения, а также контролирующими их органами. Под автоматизированной системой в данном случае подразумевается совокупность технических (измерительные приборы, средства передачи, хранения и обработки данных), программных (встроенное, серверное и клиентское программное обеспечение) организационных (методики калибровки и измерения приборами, обработки и представления результатов) средств.

2 ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ И СРЕДСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

В качестве параметров для измерения и последующего контроля согласно ГОСТ Р 55706-2013 могут быть использованы:

- Средняя освещенность E_h , лк;
- Средняя яркость L , кд/м²;

Недостатками измерения яркости являются:

- Не распространенность процедуры контроля яркости в большинстве городов РФ;
- Высокая стоимость приборов для автоматизированного измерения;
- Высокая трудоемкость обработки результатов измерений;
- Невозможность проведения замеров в «любое время» из-за влияния на точность измерения света от соседних транспортных средств, погодных условия, качества (состояния) дорожного покрытия.

По совокупности достоинств (недорогие измерительные приборы, простая обработка результатов измерений, наличие норм, точная характеристика состояния светотехнической части осветительной установки, меньшее влияние на точность измерения окружающих транспортных средств) в качестве контролируемого параметра была выбрана освещенность.

Для автоматизированного контроля освещенности с использованием автомобиля используются приборы содержащие датчик освещенности, GPS-приемник и устройство для хранения показаний этих датчиков (Рисунок 1).



Рис. 1: Принцип действия мобильного датчика освещенности.

Данный прибор помещается на крышу автомобиля, который движется по улицам таким образом, чтобы проехать по всем полосам движения.

3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ УЧАСТКА

Измерения освещенности по [4] выполняются вручную в узлах сетки наносимой на контролируемый участок улицы с равномерным шагом (Рисунок 2).

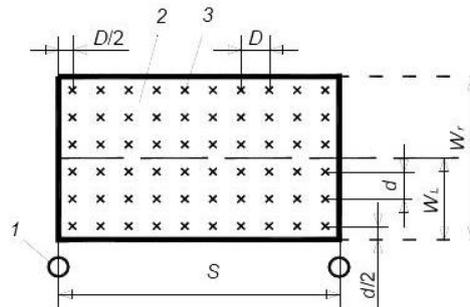


Рис. 2: Сетка для измерения освещенности на участке дороги.

Далее, согласно [5] выполняется расчет средней освещенности по формуле 1.

$$E_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M} \tag{1}$$

где M - число точек измерения.

При использовании транспортного средства в общем случае невозможно обеспечить равномерность распределения замеров по площади контролируемого участка улицы, это обусловлено различной скоростью и траекториями движения автомобиля, точностью датчика GPS, конечной частотой фиксации значений освещенности прибором и конечным количеством проездов с прибором по участку. Полученная в результате замеров схема, с нанесенной поверх нее сеткой разбивающей участок дороги на равномерные интервалы, представлена на рисунке 3.

15	14	12	10	10	8	7	7	6	5	5	6	7	8	10	13	13	12					
17	15	15	12	11	10	9	7	7	7	5	6	5	7	8	8	9	10	13	11	13	12	
30	30	25	18	16	13	10	9	7	7	8	11	15	19	21	26		26	25				
20	30	32	25	21	17	11	10	7		5	5	10	15	20	25	27						
20	26	25	22	17	14	10	9	7		5	5	7	10	10	14	17						
11	14	15	13	11	8	7		7	6	5	4	3	3	4	5	7	10	13	13			

Рис. 3: Фактические замеры на местности (ул. Уинская 5 - 13).

Очевидно, что расчет средней величины освещенности на участке с использованием показаний полученных с использованием датчика на автомобиле по формуле (1) даст нам неверный результат.

Новая методика заключается в том, чтобы обеспечить равномерность распределения имеющихся замеров и использовать расчет по формуле (1). Для этого используется расчет в несколько однотипных шагов (чем больше шагов - тем выше точность расчета).

На первом шаге анализируемый участок дороги разбивается на большое число одинаковых прямоугольников, чем меньше прямоугольники, тем больше шагов можно будет сделать в расчете. Далее для каждого прямоугольника выполняется расчет средней освещенности по формуле (1) среди всех точек, попавших в данный прямоугольник.

На следующем шаге производится разбивка участка на более крупные прямоугольники, для каждого укрупненного прямоугольника производится расчет средней освещенности по формуле (1) среди значений освещенности рассчитанных для более мелких прямоугольников с предыдущего шага. Пример расчета средней освещенности для верхнего левого прямоугольника на втором шаге: $(15+14+17+15+15) / 5 \sim 15$

Данная цифра соответствует результатам ручных замеров на этом участке по методике [4] с последующим расчетом по методике [5].

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможна и экономически эффективна замена фактически отсутствующих ручных пеших замеров освещенности автоматизированными с транспортного средства для экспресс оценки состояния осветительного оборудования. Такие замеры позволяют быстро (15 минут против 3 часов) выявить проблемы не соответствия реального освещения улиц действующим нормативам и в случае необходимости произвести трудозатратные ручные юридически значимые замеры уже в четко определенном месте.

Измерение освещенности предложенным способом позволяет контролировать освещенность во всех точках большого города чаще, чем 2 раза в год с использованием всего одного автомобиля.

Предложенный инструментальный мониторинг позволяет выявлять ситуации:

- Недостаточная средняя освещенность;
- Завышенная средняя освещенность;
- Недостаточная освещенность на пешеходных переходах и перекрестках;
- Высокая неравномерность освещенности;

Результаты измерения представляются в наглядном 2D или 3D виде и имеется возможность быстрого их анализа.

Список литературы

1. CityLux-mobile. Описание прибора, 2016.
2. SFLUX-GPS. ILLUMINANCE MEASUREMENT SYSTEM FOR ROADS. Руководство пользователя, 2014
3. ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы.
4. ГОСТ Р 55707-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров.
5. ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров.

05.13.00

А.А. Бачурин, Н.В. Павлов, П.А. Сливницин

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, a.bachurin@pstu.ru, pavlov_v94@mail.ru, slivnitsin1997@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО РАЗЪЕМА-КРЕПЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКА НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-75-77

В статье рассмотрены недостатки существующих разъемов и креплений светильников наружного освещения. Сформулированы требования к проектируемому разъему-креплению светильника. Указаны разработанные основные конструктивные решения. Приведено обоснование и расчет эффективности применения (ресурсосбережения) проектируемого разъема-крепления.

Ключевые слова: *разъем, крепление, стыковочная система, наружное освещение, светильник, обслуживание, организация ремонта.*

1 ВВЕДЕНИЕ

Для поддержания нормативного уровня освещения улично-дорожной сети необходимо периодически проводить диагностику, обслуживание и ремонт осветительного оборудования.

В настоящее время диагностика и ремонт осветительных установок выполняется непосредственно на опоре с использованием автовышки. Диагностика и ремонт осветительной установки в таких условиях имеет ряд недостатков:

- Работа выполняется двумя электромонтерами;
- Работа ведется на высоте, иногда под напряжением, с оборудованием, находящимся в неудобном положении;
- Работа ведется при наличии осадков, ветра, низкой температуры с использованием минимального набора запчастей и инструмента;
- Работа производится в условиях загруженности городских автомагистралей и приводит к ухудшению дорожной обстановки (одну полосу движения занимает автовышка);
- Производится неполная диагностика неисправностей в виду дефицита времени и сложности диагностики;
- В результате ремонта устраняются только очевидные выявленные неисправности, и только в том случае, если их удалось отремонтировать.

Недостатками существующей технологии ремонта с использованием существующих креплений и разъемов светильников являются большое общее время диагностики и ремонта светильников и низкое качество производимого ремонта. Данные недостатки приводят к нерациональному использованию техники и рабочей силы, удорожающему стоимость обслуживания осветительных сетей [1].

Целью создания нового разъема-крепления светильника является экономия финансовых ресурсов, осуществляемая за счет сокращения времени ремонта, повышения качества ремонта светильников, сокращения ремонтного персонала и часов использования техники, более узкой специализации и более высокой квалификации ремонтного персонала и улучшения условий труда ремонтного персонала.

С использованием нового разъема-крепления предлагается, вместо диагностики и ремонта светильника на опоре, выполнять с автовышки только быструю диагностику наличия питания 220В в разъеме-креплении и замену неисправного светильника на аналогичный исправный.

Диагностику и ремонт снятых неисправных светильников предполагается выполнять в специально оснащенной комнате с применением полного набора инструментов и запасных частей квалифицированным специалистом.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРУЕМОМУ РАЗЪЕМУ-КРЕПЛЕНИЮ И ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Проектируется стыковочная система (разъем-крепление), используемая для быстрого монтажа-демонтажа светильников наружного освещения к кронштейнам и их быстрого подключения-отключения к электрической части осветительной сети, допускающая стыковку светильника и кронштейна как вручную, так и с использованием роботизированного устройства (манипулятора).

Основные конструктивные решения проектируемого разъема-крепления:

- Состоит из двух соединяемых частей, первая крепится к кронштейну, вторая крепится к светильнику;
- Наличие у двух соединяемых частей электрических контактных соединений, допускающих многократное соединение-разъединение;
- Наличие механизма предварительного позиционирования (направляющего элемента) вставной части устройства по отношению к неподвижной части, допускающего соединение частей с погрешностью 15мм;
- Соединение-разъединение двух частей устройства человеком без применения инструмента;
- Наличие механизма автоматического выравнивания части устройства закрепленной на светильнике, по заранее выставленному уровню у второй части устройства, закрепленной на кронштейне;
- Наличие конструктивной защиты, не допускающей неправильное соединение двух частей устройства;
- Наличие конструктивной защиты от поражения электрическим током при соединении частей устройства, обеспечивающей правильную последовательность коммутации проводников (сначала заземление, затем нейтраль, затем фаза);
- Наличие механизма, предотвращающего самопроизвольное разъединение частей устройства;

В итоге, проектируемый разъем-крепление должен соответствовать следующим требованиям [2]:

- срок службы разъема-крепления 10 лет;
- рабочий диапазон температур от -60 до +40 °С;
- коммутация трех электрических полюсов с токами до 10 А и напряжением до 380 В;
- время соединения (разъединения) 5 секунд;
- конструкция, выдерживающая постоянную поперечную нагрузку 15 кг.

3 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО РАЗЪЕМА-КРЕПЛЕНИЯ И ОБЗОР РЫНКА

Внедрение разрабатываемого разъема-крепления дает комплексный эффект, содержащий техническую, временную, финансовую и социальную составляющие. В результате изменения процесса обслуживания осветительных установок, будут достигнуты:

- Сокращение среднего времени ремонта светильника с 27 до 10 минут (8 минут - диагностика и ремонт, 2 минуты - монтаж-демонтаж);
- Монтаж-демонтаж светильника одним электромонтером (вместо двух) и без отключения питания, за 2 минуты вместо 27 минут;
- Сокращение времени потребности в автовышке с 27 до 2 минут на один светильник;
- Увеличение межремонтного интервала светильников с 2 до 3 лет за счет улучшения качества и полноты выполнения диагностических и ремонтных работ.

Ежегодный спрос на разъем-крепление может быть примерно оценен как спрос на светильники наружного освещения. Потребителями светильников являются предприятия, эксплуатирующие наружное освещение (Горсвет, Автодор) и энергосервисные компании.

По данным маркетинговых исследований [3], количество проданных в РФ светильников в течение года составляет примерно 250000 штук.

Также ежегодный спрос на разъем-крепление может быть оценен как количество потребовавших ремонта светильников. По данным организаций, эксплуатирующих наружное освещение, в течение года происходит обслуживание, ремонт или замена суммарно 30% от общего количества светильников. Общее количество светильников в РФ составляет примерно 8500000 штук.

Объем рынка разъема-крепления может быть без дополнительных издержек расширен за счет рынков стран-членов ЕАЭС.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование нового разъема-крепления позволит обеспечить экономию финансовых, трудовых и технических ресурсов предприятий, эксплуатирующих установки наружного освещения [4].

Также станет возможным переход от устаревшей методики ремонта «на месте» к современной ремонтной методике крупно-узловой замены [5].

Кроме прямого экономического эффекта, будут улучшены условия труда ремонтного персонала, снижено экологическое воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1. *A.A. Bachurin, N.V. Pavlov, E. Siemens* Analysis of outdoor lighting control systems and devices for the creation of outdoor lighting automatic control system using the traffic flow value / Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT. Volume 1, Issue 5, pp. 95-100, 16.03.2017. (DOI:10.13142/KT10005.35)
2. ООО Фирма «РАДИАН» Каталог продукции, <http://www.radian.com.ru/products/> дата обращения 05.02.2018
3. ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг» Исследование рынка муниципального уличного освещения в рамках реализации Международного проекта ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России "Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения" по заказу Минпромторга России и Минэнерго России 2013
4. *Казьмина И.В.* Анализ особенностей внедрения бережливого производства на отечественных предприятиях // Синергия. 2016. №2.
5. *Шабельникова А.Ю., Васильев Д.А., Иващенко В.А.* Оптимизация графика планово-предупредительного ремонта энергооборудования промышленных предприятий // Вестник СГТУ. 2014. №1 (76)

05.13.00

А.А. Бачурин, П.А. Сливницын

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, a.bachurin@pstu.ru, slivnitsin1997@mail.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКАМИ В СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-78-81

В данной статье рассматриваются способы повышения энергоэффективности наружного освещения. Представлен обзор решений проблем в наружном освещении. Показана приблизительная оценка эффективности различных способов управления освещением.

Ключевые слова: *наружное освещение, энергоэффективность, методика расчета, анализ решений.*

Объектом исследования является электропотребление систем наружного освещения с различными системами управления.

На освещение тратится около 14% всей вырабатываемой электроэнергии, [1] поэтому повышение энергетической эффективности осветительных установок играет существенную роль в экономии электроэнергии. Известен широкий спектр мероприятий по повышению энергоэффективности освещения, реализуемых в системах управления. Эффект от применения электронных пускорегулирующих устройств и систем управления освещением дает возможность довести экономию до 60%. Причем основной вклад в этот эффект создается системами управления освещением (около 40%), а доля электронных пускорегулирующих аппаратов в величине этого эффекта не превышает 20 % [6].

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ энергоэффективности систем управления наружным освещением с индивидуальным управлением светильниками и систем управления наружным освещением с групповым управлением.

Обзор систем управления. Целью большинства современных систем управления освещением является оптимизация расхода электроэнергии за счет уменьшения её потребления в моменты значительного снижения интенсивности движения на объектах, требующих освещения.

Управление осветительной нагрузкой осуществляется при этом двумя основными способами: отключением всех или части светильников, либо изменением величины светового потока светильников [4].

Наиболее эффективными из используемых систем, являются системы использующие таймеры времени. Они обеспечивают регулирование светового потока с небольшим числом ступеней (0-50-70-100%). Общим недостатком таких систем управления является невозможность автоматического регулирования освещения в режиме реального времени в зависимости от потребности в освещении в конкретной ситуации [5].

Предложен новый способ управления установками наружного освещения таким образом, чтобы величина генерируемого ими светового потока с одной стороны удовлетворяла потребностям участников дорожного движения и законодательным нормам, а с другой была минимальна, для обеспечения максимальной энергоэффективности осветительных установок. Так как потребности в освещении меняются каждую минуту в зависимости от времени суток, величины естественной освещенности, наличия и количества участников дорожного движения, то автоматическая система управления наружным освещением предполагает индивидуальное управление величиной светового потока каждого светильника, в зависимости от потребности в освещенности на конкретном участке улично-дорожной сети.



Рис.1: Интенсивность движения на различных улицах в различные дни

Для обеспечения однородности освещения, светильники, освещающие одну улицу с одинаковым транспортным потоком, должны быть объединены в группу светильников управляемых совместно одинаковыми командами.

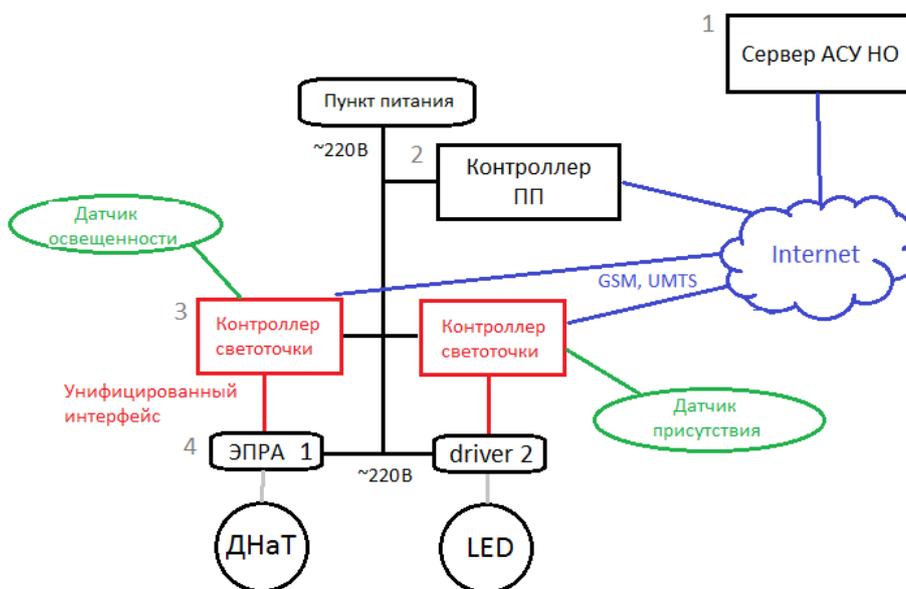


Рис.2: Система управления освещением с индивидуальным управлением каждым светильником

Данная система управления способна регулировать световой поток групп осветительных установок по формуле:

$$J = f(N), \tag{1}$$

где J – это уровень светового потока в процентах от его номинальной величины, %; N – количество транспортных средств в процентах от максимального среднегодового значения, %; f – функция управления.

Оценка эффективности различных способов управления освещением.

Сравнение способов управления освещением будет производиться по величине электроэнергии потребляемой за год системой наружного освещения г.Перми. Для сравнения выбраны пять способов управления освещением (Табл.1), отличающиеся точностью (управляющее воздействие зависит или не зависит от величины задающего параметра) и избирательностью (управляющее воздействие только не те объекты, где оно требуется) управления.

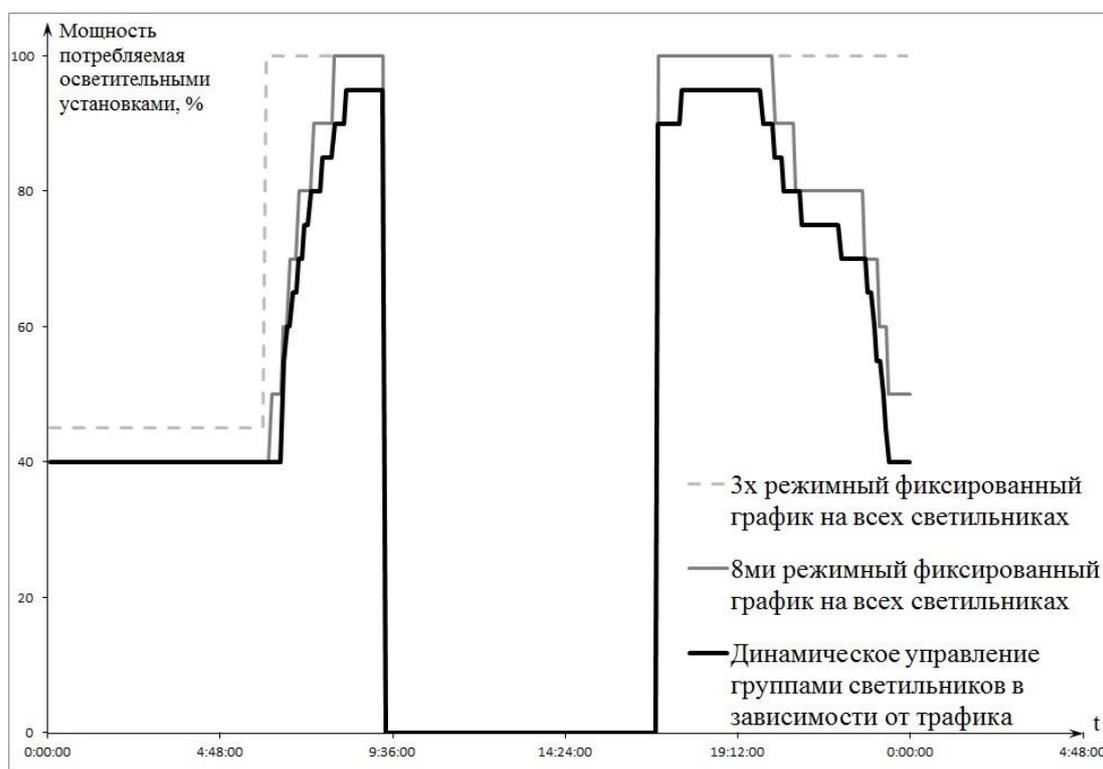


Рис.3: Графики управления освещением с помощью различных способов

Табл.1 Эффективность различных способов управления освещением

Способ управления осветительными установками	$W_{\text{год}}$, ГВт*ч	Экономия электроэнергии по отношению к текущему уровню потребления, %
Отключение одной фазы с 00:00 до 06:00 на всех светильниках	24,106	0
3-х режимный фиксированный график на всех светильниках	22,345	7
8-ми режимный фиксированный график на всех светильниках	15,406	36
8-ми режимный фиксированный график, адаптированный к типовым улицам	8,841	63
Динамическое диммирование групп светильников с шагом 5% в зависимости от трафика	6,523	73

Заключение. Основной причиной низкой энергоэффективности используемых способов управления освещением является их статичность.

Предлагаемые системы автоматического регулирования светового потока осветительной установки, отличаются от существующих тем, что снабжены счетчиком количества транспортных средств в единицу времени, передающим измеряемый сигнал в контроллер светового потока.

Предложенный принцип управления позволяет обеспечить снижение величины потребляемой мощности, сокращение затрат на электрическую энергию, а также повысить равномерность освещения городских пространств и избавиться от необходимости отключения освещения в ночное время. Ориентировочная эффективность применения предлагаемой новой системы управления составляет 70%, по сравнению с существующим энергопотреблением систем наружного освещения.

Список литературы

1. Клыков М.Е. Электронные пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп и системы автоматического управления освещением / М.Е. Клыков; под ред. Ю.Б. Айзенберга. – ПРООН, 2011 – 16 с., ил.
2. A. Bachurin "City Outdoor Lighting System Control. Problems and Prospects" Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Innovations in IT (2015). Jg. III. Koethen : Hochschule Anhalt, 2015, pp. 20-24
3. Liping Guo, Marjukka Eloholma DSc & Liisa Halonen D.Sc Lighting Control Strategies for Telemangement Road Lighting Control Systems, LEUKOS 2008, 4:3, С. 157-171
4. ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы
5. Branislav M. Todorović, Dragan Samardžija. Road lighting energy-saving system based on wireless sensor network. Springer Science+Business Media Dordrecht 2016
6. Boyce PR, Fotios S, Richards M. Road lighting and energy saving. Lighting Research and Technology 2009; 41: С. 245–260.

05.13.06

О.А. Билоус, Д.В. Шиляев

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Пермь, boa@msa.pstu.ac.ru

ОПИСАНИЕ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ВЕРХЕГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА И SCADA СИСТЕМЫ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-82-84

Предлагаются аппаратные и программные средства для реализации верхнего уровня автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием офисного здания. Обоснован выбор OPC сервера MasterOPC, SCADA системы MasterSCADA ООО «ИнСАТ». Приведены основные типы спецификации данных и параметры переменных. Показаны деревья системы и объектов MasterSCADA. Описана связь верхнего и среднего уровня. Описана мнемосхема.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизация вентиляции, автоматизация кондиционирования, вентиляция, ПЛК, промышленный ПК, программируемый логический контроллер, микроклимат, SCADA система.

В данной статье предлагаются технические решения для верхнего уровня автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием для офисного здания на базе программируемого логического контроллера SCADA системы MasterSCADA.

Учитывая требования, предъявляемые к системам автоматизации вентиляции и функции управления в приточно-вытяжной вентиляции, разработана схема автоматизации системы вентиляции здания, изображенная на рисунке 1. [1]

В качестве SCADA системы был выбран продукт ООО «ИнСАТ» MasterSCADA. MasterSCADA - это российская вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой. Система универсальна и используется для автоматизации и диспетчеризации объектов во всех отраслях промышленности [2]. MasterSCADA была выбрана по причине российского производства, невысокой цены, доступности обучающих материалов, гибкости и наличия всех необходимых инструментов.

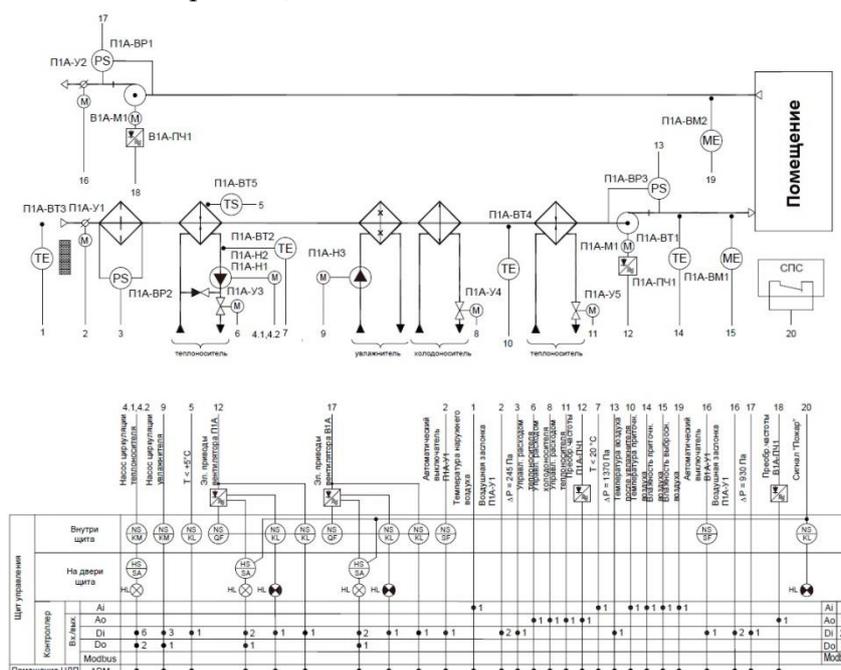


Рис. 1 – Схема автоматизации системы вентиляции

В качестве OPC сервера был выбран *Modbus Universal MasterOPC Server*, производства ООО «ИнСАТ». *MasterOPC* позволяет опрашивать устройства по наиболее распространенному промышленному протоколу передачи данных *Modbus RTU/ASCII/TCP* [3]. *MasterOPC* был выбран по тем же причинам, что и *MasterSCADA* [3].

Программная часть среднего уровня реализована посредством промышленного персонального компьютера (ПК) *CX8090* с набором модулей ввода вывода. В нем хранятся и обрабатываются алгоритмы управления системой вентиляции и создаются переменные, предназначенные для обмена с верхним уровнем.

CX8090 соединяется с автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ) через локальную вычислительную сеть (ЛВС) здания посредством витой пары (*Ethernet*). Он поддерживает такие протоколы как *Ethernet* реального времени, *ADS UDP/TCP*, *Modbus TCP* клиент/сервер. Для наших целей мы будем использовать *Modbus TCP*.

В качестве АРМ выступает персональный компьютер со средними системными требованиями и двумя мониторами. На стороне АРМ информацию от *CX8090* принимает OPC сервер. На рисунке 2 ниже вы можете увидеть основное окно настройки OPC сервера.

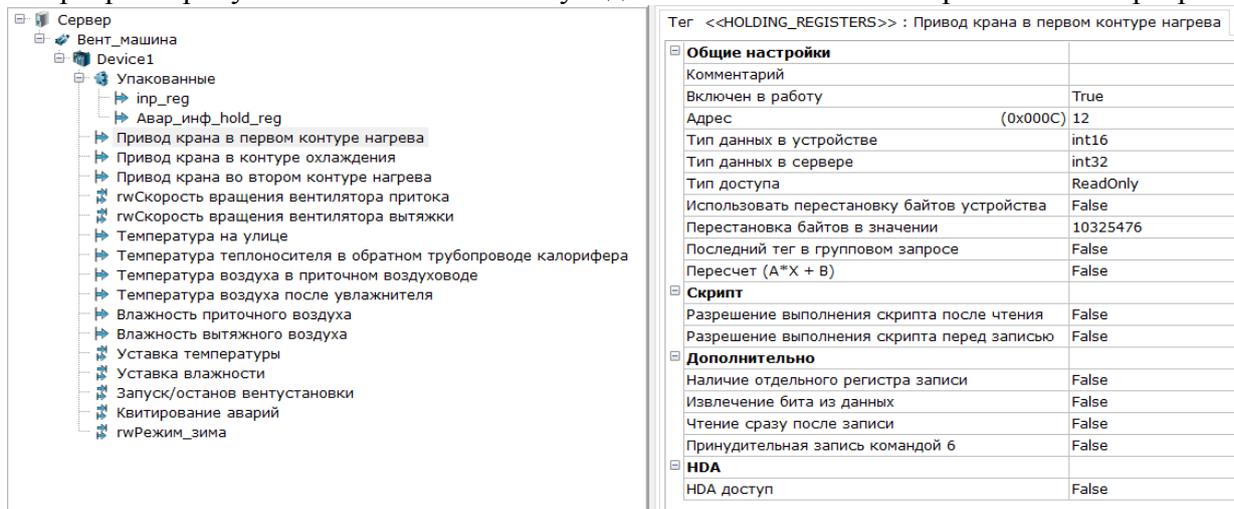


Рис. 2 – Основное окно настройки OPC сервера

В левой части окна располагается дерево системы и переменные, в правой отображаются параметры выбранного узла или переменной. В дереве *CX8090* имеет название «Вент_машина». У него заданы основные параметры: IPадрес (192.168.30.2), IPпорт (502), время ожидания соединения (10 с.), повторы при ошибке соединения (3). Так же для *CX8090* в дереве созданы переменные обмена.

Переменные подразделяются на 4 основных типа спецификации данных: *Discrete Inputs* (однобитовый тип, доступен только для чтения), *Coils* (однобитовый тип, доступен для чтения и записи), *Input Registers* (16-битовый знаковый или беззнаковый тип, доступен только для чтения), *Holding Registers* (16-битовый знаковый или беззнаковый тип, доступен для чтения и записи). Также у каждой переменной заданы параметры: название, комментарий, адрес в сети *Modbus* (такой же как задан в *CX8090*), типы данных в устройстве и сервере (*int16*, *bool*...), тип доступа (*ReadOnly*, *ReadWrite*...), перестановка байтов в значении (старшим байтом вперед, старшим словом вперед...).

Затем все переменные импортируются в дерево системы *MasterSCADA*. На рисунке 3 показаны дерево системы и справа дерево объектов *MasterSCADA*. Переменные из дерева системы соединяются с функциональными блоками или сигналами в дереве объектов. В дереве объектов происходит алгоритмическая обработка сигналов и формирование сообщений.

На рисунке 4 представлена основная мнемосхема системы вентиляции. Расположение показывающих приборов на мнемосхеме соответствует реальному расположению датчиков. Управление и задание уставок доступно в отдельном окне по нажатию на кнопку «Управление». Журнал сообщений и тренды доступны по одноименным кнопкам.

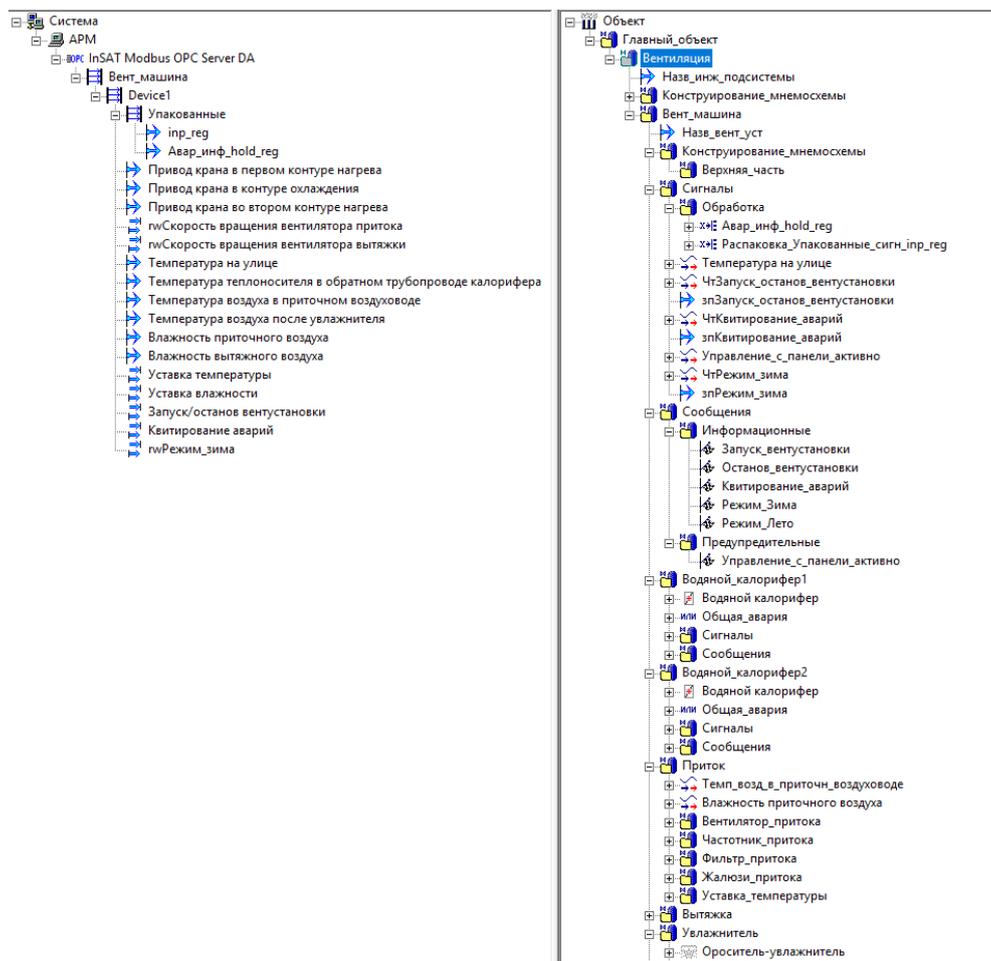


Рис. 3 – Дерево системы и дерево объектов MasterSCADA

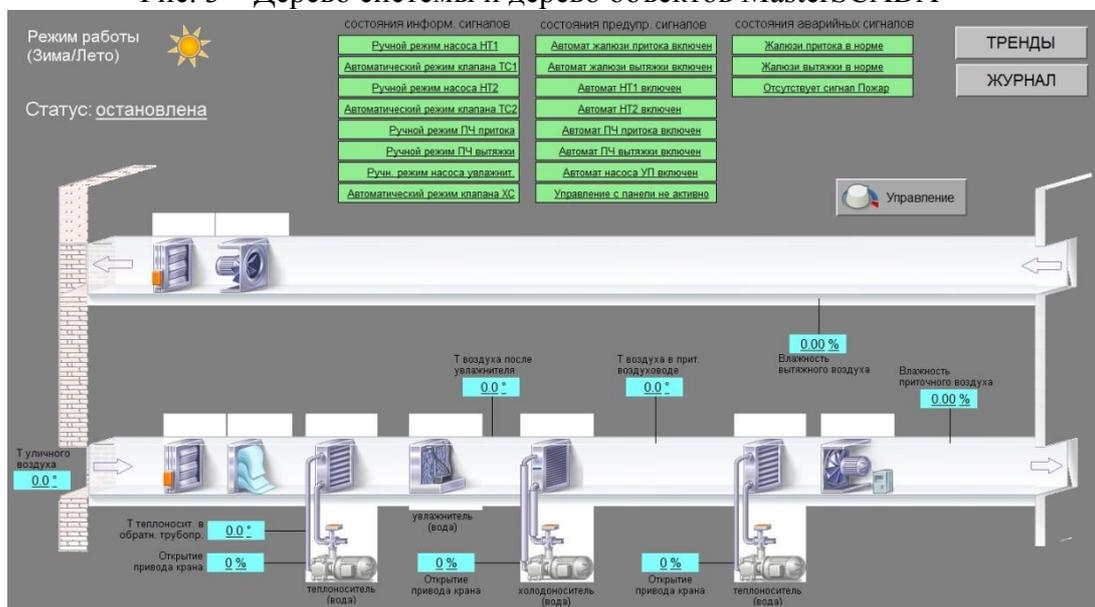


Рис. 4 – Мнемосхема системы вентиляции

Список литературы

1. Шляев Д.В., Билоус О.А. Проектирование автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием на базе программируемого логического контроллера и релейной логики // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 4. – с. 240-243.
2. Техническая документация. SCADA СИСТЕМА MASTERSCADА [Электронный ресурс] <http://www.masterscada.ru/products/?category=9> (дата обращения 18.01.18)
3. Техническая документация. OPC СЕРВЕРЫ КОМПАНИИ ИНСАТ [Электронный ресурс] <http://www.masterscada.ru/products/?category=400> (дата обращения 18.01.18)

05.13.18

¹И.Б. Бондаренко канд. техн. наук, ²В.В. Назарова канд. техн. наук

Университет ИТМО,

¹кафедра Проектирования и безопасности компьютерных систем,²кафедра Теплофизики и теоретических основ тепло- и хладотехники

Санкт-Петербург, igorlitmo@rambler.ru, vvnazarova@yandex.ru

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ В ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-85-87**

Цель данного исследования заключается в разработке экспресс-метода определения содержания клейковины в образце муки, основанном на измерении емкости нагретого диэлектрика. Метод позволяет значительно ускорить и упростить анализ образцов муки по сравнению с известными методиками, используемыми в пищевой промышленности, что доказано экспериментально.

Ключевые слова: созревание пшеничной муки, электрофизический метод, количество клейковины.

Для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции: хлеба, печенья, крекеров и макаронных изделий, а также на мукомольных предприятиях, необходим контроль параметров исходного сырья, важнейшим из которых является количественное содержание клейковины. Ее недостаток в муке приводит к ухудшению таких показателей, как пышность и всхожесть изделий при выпечке. С другой стороны, для больных целиакией необходимо обеспечение безглютеновой диеты.

Просто и дешево содержание сырой клейковины определяется промыванием водой или растворами полученного из муки теста, например 2% NaCl [1]. При этом из образца вымываются крахмал и другие растворимые составляющие. Масса, оставшаяся после вымывания, и есть сырая клейковина. На полученные результаты сильно влияют состояние и тип раствора для промывания. Для того чтобы избежать реакции протеолитических ферментов пшеницы с образующимися глютен белками, время вымывания не должно превышать 30 минут.

Приборы Глютоматик фирмы Perten (Швеция) внесены в международные стандарты ААСС-38-12, ICC-155, ICC-158, но они являются дорогостоящими и не всегда применимы на производстве, а стандартный метод определения количества клейковины по ISO 21415-1:2015 и ISO 21415-2:2015 является трудоемким, длительным по времени и требующим значительного расхода питьевой воды. Поэтому разработка экспресс-метода определения содержания клейковины в пшеничной муке на экспериментальной установке и сравнение полученных результатов со стандартной методикой является актуальной задачей.

Краткие теоретические сведения

Для определения количества клейковины в пробе муки использовался электрофизический метод (патент № 2526187 Российской Федерации от 20.08.2014 [2]). Сначала, используя нагрев образца с мукой до температуры 70 ± 5 °С, высвобождалась связанная клейковиной влага, влияющая на результаты измерений. Далее измерялась емкость муки.

Известно, что принцип измерения величины комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) сыпучих веществ, помещенных в ячейку, зависит от диапазона частот. При частотах больше 100 МГц ячейка конструируется как отрезок коаксиального кабеля, а менее 1...5 МГц – как цилиндрический конденсатор с измерением импеданса измерителем RLC [3]. КДП состоит из действительной части ϵ_r' , зависящей от запасаемой в конденсаторе энергии и мнимой части ϵ_r'' , определяющей потери [4]:

$$\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r'' \quad (1)$$

Диэлектрическая проницаемость определяется по известному соотношению:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r \quad (2)$$

как произведение абсолютной диэлектрической проницаемости (в вакууме) на относительную диэлектрическую проницаемость. В итоге, из соотношения (2) КДП определяется как:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

С другой стороны измерительный прибор определяет полное сопротивление объекта $Z (R_S, X_S)$, пропуская через него сигнал, где R_S – активное сопротивление, X_S – реактивное. Емкостное X_C и индуктивное X_L реактивные сопротивления определяются по соответствующим формулам:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}, \quad X_L = 2\pi f L, \quad (4)$$

где f – частота измерений.

Из (4) видно, что для измерения малых емкостей (индуктивностей) необходимо использовать большие частоты.

Результаты измерений и выводы

Для измерений была использована установка, состоящая из изготовленного емкостного датчика, установленного в термошкаф SNOL58/350 [5]. Емкость образца муки измерялась прибором ET-20. Нами использовалось 5 образцов муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с разным содержанием клейковины: 23; 27,6; 29,3; 30,5 и 32 %. Содержание сырой клейковины было найдено вручную по методу ISO 21415-1:2015. Содержание влаги было определено по методу ISO 712:2009. Все тесты выполнялись трижды с усреднением результатов.

Затем, в измерительную ячейку закладывались образцы муки, которые нагревались до температуры 70 ± 5 °С. Значения электрической емкости измерялись через каждые 10 °С в интервале температур 30...70 °С. Результаты измерений представлены на рис. 1.

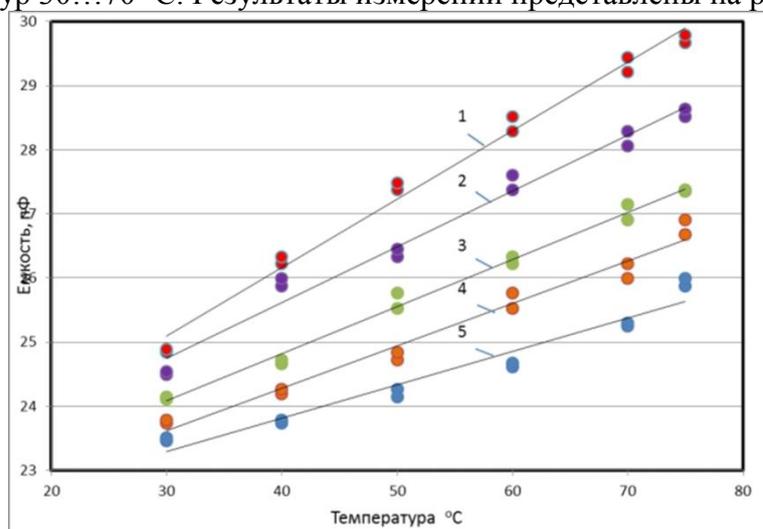


Рис. 1 – Зависимость емкости образца муки от температуры: содержание клейковины в муке: 1 – 32,0%, 2 – 30,5%, 3 – 29,3%, 4 – 27,6%, 5 – 23,0%

Электрическая емкость муки прямо пропорциональна содержанию клейковины в пшеничной муке, так как белки клейковины удерживают связанную влагу, а при нагреве вещества часть влаги переходит в свободное состояние и емкость муки изменяется [6].

Для расчета количества клейковины в образце емкостным методом необходимо перейти от измеренной электрической емкости к КДП муки. Используя тот факт, что диэлектрическая проницаемость – величина, не зависящая от геометрических размеров датчика и пропорциональная емкости, а, зная электрическую емкость пустого датчика и

заполненного мукой, перейдем к величине диэлектрической проницаемости муки. Это можно сделать графическим путем по полученной зависимости диэлектрической проницаемости муки от содержания клейковины (рис. 2) и по уравнению регрессии, имеющего вид:

$$\epsilon_{70^{\circ}} = 1,677 + 0,018k_{gluten} ,$$

где $\epsilon_{70^{\circ}}$ – КДП пшеничной муки при температуре $70 \pm 5^{\circ} \text{C}$; k_{gluten} – коэффициент, равный количеству клейковины в образце муки.

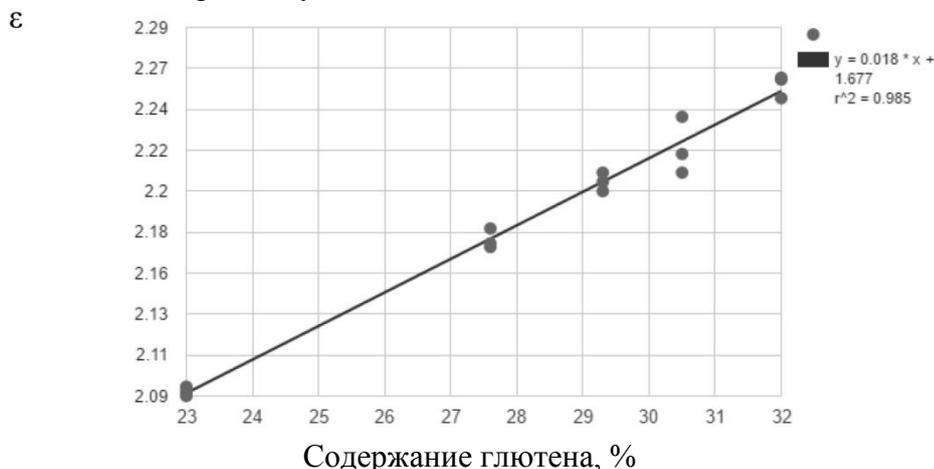


Рис. 2– Зависимость между диэлектрической проницаемостью и количеством клейковины в пшеничной муке

Результаты измерений обоими методами сведены в таблицу. Можно сделать вывод, что предлагаемый метод позволяет без снижения точности определить количество клейковины в образцах за меньшее время.

Таблица – Результаты измерений

Номер образца	Количество клейковины, %	
	Стандартный метод	Предлагаемый метод
1	23,0	23,15
2	27,6	27,48
3	29,3	29,15
4	30,5	30,55
5	32,0	31,80

Таким образом, полученные в данной работе научные результаты свидетельствуют о перспективности разработанного метода определения количества клейковины в пшеничной хлебопекарной муке. Внедрение разработанного метода открывает перспективы в области экспрессного контроля определения количества клейковины в муке.

Список литературы

1. Косован А.П., Дремучева Г.Ф. Применение хлебопекарных улучшителей для регулирования качества муки. Пищевая промышленность. 2003. № 12. С. 44-45.
2. Балюбаиш, В. А. / Способ определения клейковины в пшеничной хлебопекарной муке. В.А.Балюбаиш, С.Е. Алешичев, В.В.Назарова //Хлебопродукты. – 2014. – №7– С. 20-23.
3. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. – М.: Изд-во физ.-мат. лит. 1963. – 404 с.
4. Щербаченко Л.А., Карнаков В.А., Марчук С.Н. Исследование комплексной диэлектрической проницаемости при радиочастотах. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2005. – 15 с.
5. Способ определения количества клейковины в пшеничной муке: пат. 2526187 Рос. Федерация МПК G01T33/10/ Балюбаиш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В., Березин В.В., Дударев В.А.; заявитель и патентообладатель – Алишевич С.Е.; заявл.07.12.2013; опубл.20.08.2014.
6. Kenneth J. Breslauer Characterization of cereals and flours. Properties, analysis and applications/Kenneth J. Breslauer. - N. Y.: Rutgers University, 2003. – 547p.

05.13.00

С.В. Бочкарев д-р. техн. наук, И.И. Аликина, А.Ю. Глухов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, bochkarev@msa.pstu.ru

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-88-90

Предложена структура информационных потоков системы оценки надежности системы водоснабжения. Предложен алгоритм расчета параметра надежности трубопровода для дальнейшего графического отображения отказов. Разработана архитектура геоинформационной системы мониторинга и оценки надежности системы водоснабжения. Система может быть интегрирована в комплексные информационные платформы для мониторинга и управления объектами жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: *геоинформационная система, система водоснабжения, надежность, мониторинг.*

Введение. В настоящее время трубопроводные системы жилищно-коммунального хозяйства имеют низкую надежность и высокий эксплуатационный износ [1]. В результате физического износа трубопроводов и арматуры ежегодно имеет место тенденция увеличения количества прорывов, отключений и аварий, а, следовательно, и потерь воды [2, 3], снижается общая безопасность, комфорт и привлекательность городской среды.

Постоянный рост нагрузки на систему водоснабжения обуславливается некоторыми факторами, к которым относится и износ системы [4], вследствие которого снижается надежность систем водоснабжения и водоотведения [3, 5]. Надежность определяется качеством проектирования, строительства и эксплуатации [3, 6].

Повышение надежности систем водоснабжения и водоотведения, их функционирования способствует росту производительности общественного труда, экономии материальных и энергетических ресурсов, эффективному использованию общественных фондов и дальнейшему повышению жизненного уровня человека, т.е. успешному решению всех основных задач промышленного и народнохозяйственного развития.

Анализ информационных потоков системы оценки надежности системы водоснабжения. Структура данных с информационными потоками изображена на рис.1. Данная структура подразумевает следующие действия [7, 8]:

- 1) Все сведения заносятся в журналы учета;
- 2) Сведения с журналов учета передаются посредством линий связи (линейные объекты) (радиосигналов либо *Ethernet*) на измерительно-вычислительный комплекс (ИВК);
- 3) ИВК занимается сбором, обработкой и хранением данных с соответствующих технологических объектов; производит расчет надежности сети; осуществляет мониторинг режимов работы водопроводной сети в пределах своих зон ответственности;
- 4) Информация с ИВК передается на автоматизированное рабочее место – в отдел диспетчеризации, осуществляющий контроль за нормальным функционированием участков водопроводной сети в пределах своих зон балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности на основе структурированных в ИВК данных.

Математическое описание модели (алгоритма). Математическая модель предназначена для расчета параметра надежности водопроводной сети, с целью определения участков трубопровода с высоким значением потока отказов. Реализована посредством матрично-топологического расчета. Для реализации алгоритма необходимы входные данные: время эксплуатации трубопровода и количество отказов. Алгоритм расчета параметра надежности трубопровода для дальнейшего графического отображения отказов представлен на рис. 2.

Результатом работы модели является отчетная таблица, содержащая сведения об участках трубопровода, время его эксплуатации, значения интенсивности отказов, состояние трубопровода.

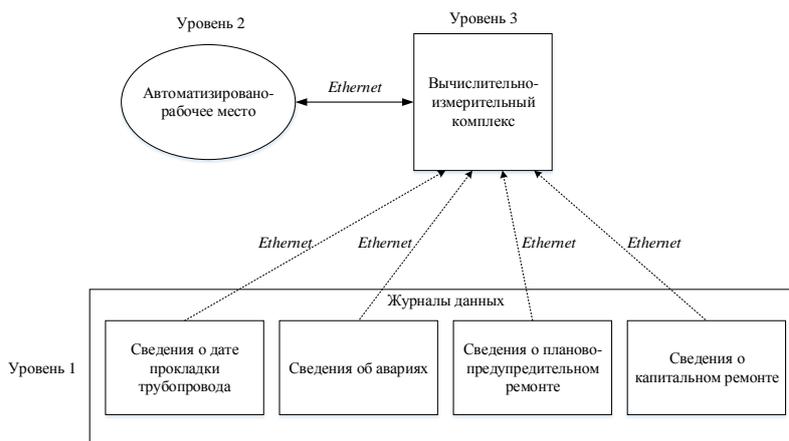


Рис. 1 – Структура данных информационной системы

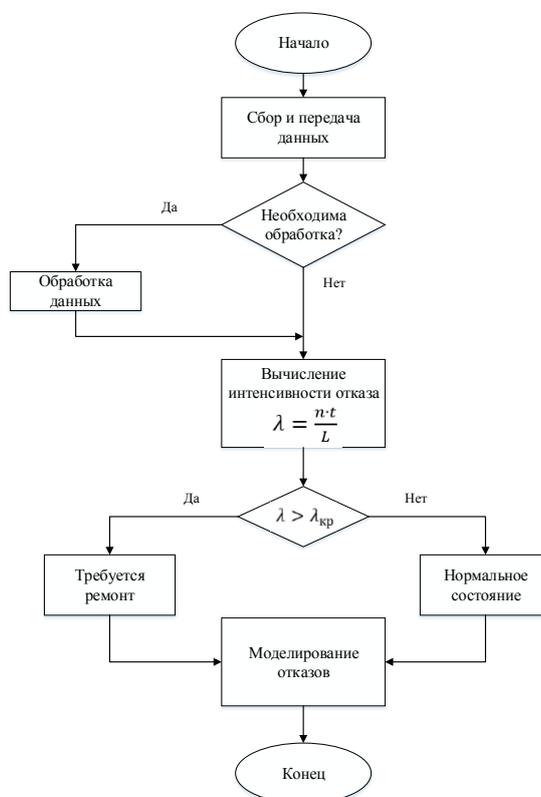


Рис. 2 – Общий алгоритм расчета

Результаты. Точная оценка надежности системы водоснабжения городского микрорайона требует взаимосвязанного рассмотрения процессов сбора данных, их подготовки, анализа и представления результатов расчетов, в том числе с визуализацией карт для групп объектов [9]. Требования к геоинформационным системам (ГИС) влияют на процесс разработки и внедрения программного ГИС-обеспечения. Подобно другим информационным технологиям, ГИС должна обеспечивать простоту внедрения приложений, созданных на ее основе, для поддержки процессов анализа данных ресурсоснабжающих организаций [10, 11]. Для реализации этой задачи предлагается открытая архитектура геоинформационной системы (рис. 3). Вокруг архитектуры ГИС формируются крупные, современные многопользовательские интеллектуальные системы [11].

На первом уровне расположена географическая база данных (БД) для хранения и управления всеми географическими объектами. На втором уровне расположены географические информационные сервисы для многоуровневых и централизованных ГИС-

систем. На третьем уровне располагается локальная сеть для распределенного управления географической информацией и ее совместного использования. На четвертом уровне располагаются программные компоненты для компиляции данных, информационных запросов, пространственного анализа, расчетов и обработки геоданных, создания картографических продуктов, визуализации изображений, управление данными ГИС.

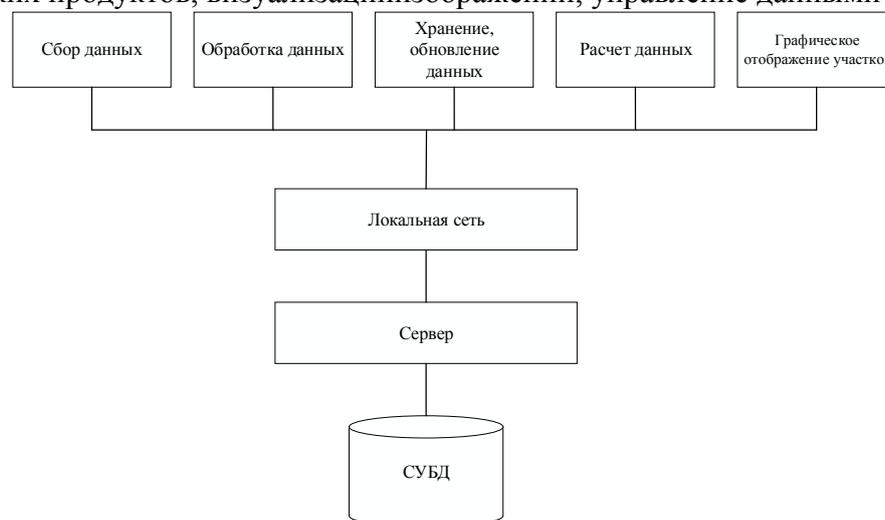


Рис. 3 – Архитектура геоинформационной системы мониторинга и оценки надежности системы водоснабжения

Список литературы

1. Шшикина И. Ю., Углова Е.С. Коррозийно-диагностический мониторинг городских трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения с автоматической системой контроля // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2012. – №49. – С. 51-56.
2. Ломакина Е.С., Спружевник Т.Н., Бокинова А.Д. Повышение эксплуатационной надежности сетей водоснабжения и водоотведения г. Курска // *Будущее науки: Сб. трудов конференции*. – Курск, 2017. – Том 3. – С.257-260.
3. Бочкарев С.В., Цаплин А.И., Схиртладзе А.Г. Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем: учеб. пособие. – Старый Оскол: ТНТ, 2013.
4. Шевцов М.Н., Попов В.С. Совершенствование системы водоснабжения города Советская Гавань // *Новые идеи нового века*. – 2010. – Том 2. – С. 264-268.
5. Гальперин Е.М. О востребованности показателей надежности систем водоснабжения и водоотведения // *Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура*. – 2011. – №1. – С.57-61.
6. Бочкарев С.В., Петроченков А.Б., Схиртладзе А.Г. Управление качеством: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011.
7. Бочкарев С.В., Овсянников М.В., Петроченков А.Б., Буханов С.А. Структурный синтез сложного электротехнического оборудования на основе метода удовлетворения ограничений // *Электротехника*. – 2015. – № 6. – С.63-68. (5 с.)
8. Ляхомский А.В., Петроченков А.Б., Перфильева Е.Н., Бочкарев С.В. Концептуальное проектирование и направления инжиниринга повышения энергоэффективности предприятий: исследования, технологии, кадры // *Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции*. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – С.139-145.
9. Бочкарев С.В., Петроченков А.Б., Ромодин А.В. Интегрированная логистическая поддержка эксплуатации электротехнических изделий: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009.
10. ДеМерс Майкл Н. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. – М.: Дата+, 1999.
11. Шипулин В.Д. Основные принципы геоинформационных систем: учебн. пособие / Шипулин В. Д.; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2010.

05.13.01

Д.А. Быстров

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
факультет информатики, электроники и приборостроения, кафедра прикладной математики,
Арзамас, manhattan.real@gmail.com

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ЗОНЫ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПОВ С ТРЕМЯ ПЬЕЗОКОРРЕКТОРАМИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-91-93

В работе исследована возможность уменьшения зоны нечувствительности генератора лазерного гироскопа. Рассмотрена методика проведения испытаний генераторов лазерных гироскопов с тремя пьезокорректорами. Описан алгоритм управления оптическими зеркалами резонатора.

Ключевые слова: лазерный гироскоп, зона нечувствительности, пьезоэлектрический преобразователь.

В рамках повышения эффективности производства ЛГ основной задачей является оценка точности гироскопа на стадии изготовления резонатора, до завершения сборки гироскопического блока. Решение данной задачи включает в себя разработку аппаратно-программных средств оценки точностных параметров резонатора ЛГ и их применение в производственном процессе.

В рамках исследований [1] был разработан комплекс мероприятий по повышению точности одноосных ЛГ. Мероприятия включают в себя разработку методик компенсации случайного дрейфа ЛГ, которые позволяют повысить качество изготавливаемых датчиков.

Одним из направлений является снижение зоны нечувствительности (захвата) ЛГ. Наряду с конструктивными доработками для уменьшения величины обратного рассеяния и оптических потерь в резонаторе [2], актуальной задачей является разработка программно-аппаратных средств, направленных на снижение порога захвата.

Для разработки методик, направленных на уменьшение порога захвата ЛГ, изготовлен опытный образец генератора ЛГ, конструкция которого предусматривает наличие трех зеркал с малым пропусканием с установленным пьезопакетом [3]. Данная особенность позволяет создавать управляемое перемещение каждого зеркала за счет изменения подаваемого напряжения.

Для проведения испытаний генератора ЛГ с возможностью регулировки положений оптических зеркал за счет подаваемых на пьезокорректоры (ПК) напряжений подготовлено рабочее место, функциональная схема которого представлена на рисунке 1.

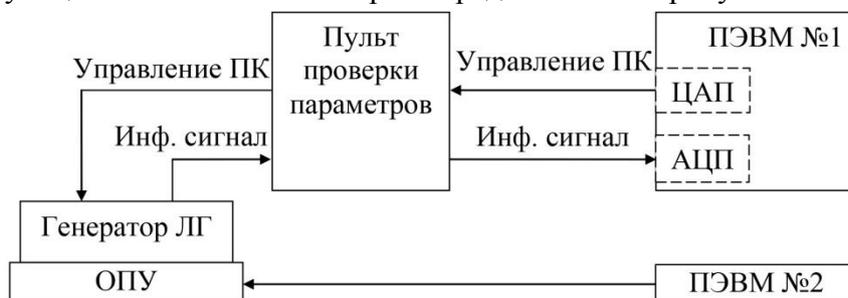


Рис. 1 – Схема рабочего места испытаний генератора ЛГ

Проведение испытаний по управлению напряжениями на пьезокорректоры резонатора ЛГ требует наличия специализированного оборудования, входящего в состав рабочего места. В частности, требуется наличие в составе ПЭВМ №1 аппаратных модулей ЦАП и АЦП для формирования управляющих напряжений на три ПК и съема информационных сигналов ЛГ соответственно. Для проведения испытаний с резонаторами ЛГ в режиме с отключенной

виброподставкой (ВП) используется одноосная поворотная установка (ОПУ), позволяющая осуществлять вращение генератора с постоянной угловой скоростью.

Для получения выходной информации ЛГ часть энергии встречных волн выводится из оптического контура резонатора, смешивается и подается на фотоприемники (ФП), в области чувствительности которых образуется интерференционная картина. Положение интерференционной картины зависит от разности фаз встречных волн. Таким образом, прохождение интерференционной картины эквивалентно гармоническому сигналу, при этом разнесение двух ФП на расстояние половину длины волны лазерного излучения соответствует разности фаз двух сигналов 90° , тем самым сигналы имеют синусоидальный и косинусоидальный характер.

Информационные сигналы, полученные с ФП, преобразуются в цифровые массивы значений посредством АЦП и впоследствии подвергаются алгоритмической обработке для измерения необходимых параметров ЛГ. В режиме с отключенной ВП величина ЗЗ определяется с помощью алгоритмов на основе синхронного детектирования [4].

Существующие методики оценки зоны захвата (ЗЗ) при функционировании ЛГ в штатном режиме не гарантируют соответствие измеренных характеристик прибора эксплуатационным, в частности, при работе ЛГ на различных температурных воздействиях [5].

Для полноценного анализа зависимости величины ЗЗ в рабочем диапазоне температур прибора необходимо разработать методику отработки всевозможных комбинаций значений подаваемых на ПК напряжений, обеспечивающих различные положения оптических зеркал резонатора. Разработана методика управления напряжениями на ПК, включающая в себя следующую последовательность действий:

1. Сканирование периметра резонатора – построение зависимости мощности от подаваемых на три ПК напряжений. Инициализация определенной комбинации напряжений на ПК для обеспечения генерации излучения с максимальной мощностью.

2. Алгоритм стабилизации периметра – сохранение периметра резонатора при изменении положений оптических зеркал за счёт поддержания максимума мощности излучения в резонаторе.

3. Противофазное изменение подаваемых на два ПК напряжений. Движение ПК ограничивается выбранными амплитудой и шагом.

4. Изменение напряжения на третьем ПК с условием нахождения в пределах выбранного диапазона сканирования.

На рисунке 2 представлен график изменения напряжений на трех ПК при отработке методики управления оптическими зеркалами.

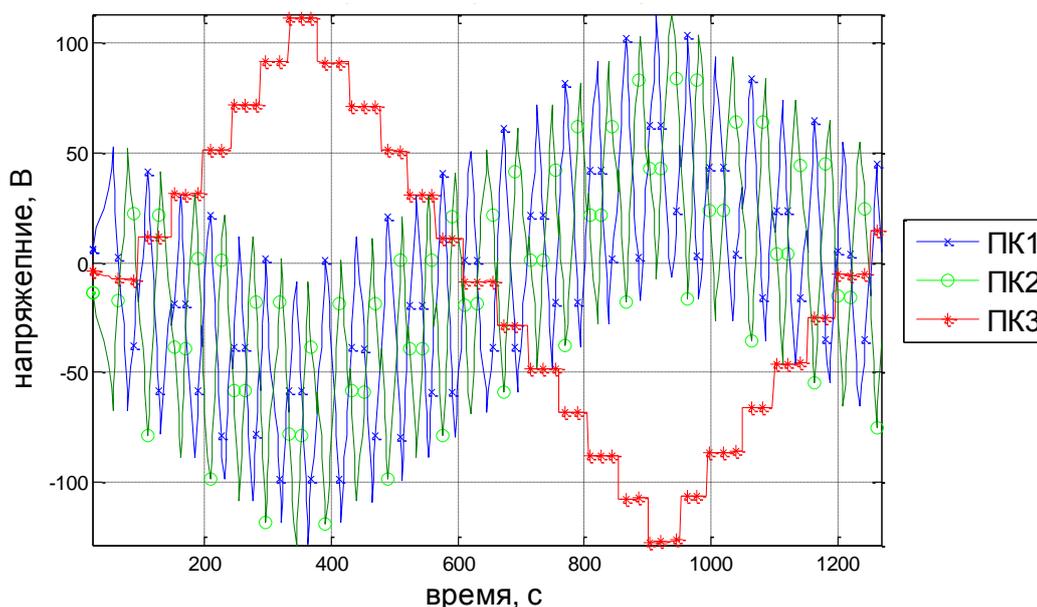


Рис. 2 – Изменение напряжений на трех ПК

Результаты измерения величины ЗЗ при обработке методики управления оптическими зеркалами представлены на рисунке 3. На представленном графике наблюдается явная зависимость величины ЗЗ от напряжений, подаваемых на ПК. При противофазном изменении напряжений на ПК1 и ПК2 с амплитудой 60 В, нестабильность величины зона захвата достигает 0.1 %/с.

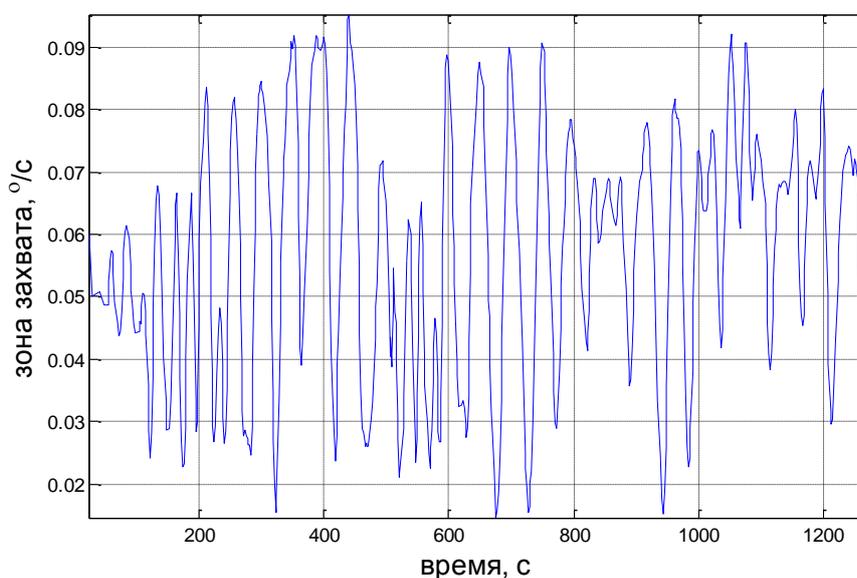


Рис. 3 – Измерения ЗЗ при изменении напряжений на ПК

В результате проведенных исследований была разработана методика измерения ЗЗ в процессе управления положениями трех оптических зеркал генератора ЛГ за счет программируемого изменения подаваемых на ПК напряжений. Характер зависимости величины ЗЗ от напряжений и величина нестабильности ЗЗ позволяют дать однозначную оценку качества резонатора для принятия решения о его использовании в ЛГ.

Проведение дальнейших исследований нескольких образцов генераторов позволит построить обобщенную модель зависимости величины захвата от напряжений на ПК и разработать алгоритм стабилизации разности напряжений на пьезокерамиках для удержания минимума значения ЗЗ.

Список литературы

1. Быстров Д.А. Разработка методик повышения точностных характеристик одноосных лазерных гироскопов // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород, 2017. – С.142.
2. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Матвеев В.В., Распопов В.Я. // СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». – 2009. – С.66.
3. Запотылько Н.Р., Недзвецкая А.А. Пьезокорректоры наноперемещений для прецизионного управления периметром лазерного гироскопа // Труды X межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине». – 2009. – С. 60-61.
4. Федоров А.Е., Зборовский В.А., Рекунов Д.А. Оценка точностных параметров резонатора лазерного гироскопа в производстве // СПб: Материалы конференции МКИНС-2014. – 2014. – С. 250-251.
5. Ермак Е.М., Синельников А.О., Тихменев Н.В. Влияние температуры окружающей среды на захват частот встречных волн в лазерном гироскопе // Труды XI Межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине». – 2010. – С. 122.

05.13.06

И.Р. Давлетшин, Л.А. Симонова д-р. техн. наук, В.В. Абрамова канд. физ.-мат. наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Набережночелнинский институт (филиал), кафедра автоматизации и управления,
Набережные Челны, ildar_davletshin@mail.ru

ВЫБОР НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-94-98

Настоящая статья посвящена оценке потенциала нейронных сетей разного типа для решения задачи прогнозирования качественных характеристик на примере технологического процесса производства минеральной ваты. Моделирование выполнялось на платформе Matlab. В качестве исходных данных для моделирования были рассмотрены взаимосвязи плотности, количества связующего вещества и прочности минеральных плит. За показатели эффективности нейронных сетей приняты: коэффициент корреляции, ошибка обучения, время симуляции обученной сети. Наиболее сбалансированной по принятым показателям показала себя обобщенно-регрессионная нейронная сеть.

Ключевые слова: *нейронная сеть, минеральная вата, прочность, прогнозирование качественных характеристик, аппроксимация функции.*

С ростом производительности вычислительных машин, по мере развития и совершенствования математического аппарата, появляется возможность подойти к решению задачи прогнозирования качественных характеристик готового продукта с применением элементов искусственного интеллекта (ИИ). Одним из перспективных элементов ИИ являются искусственные нейронные сети (ИНС). Нейронная сеть используется не только в условиях неопределённости, но и тогда, когда сама основополагающая функция процесса известна, но слишком сложна для того чтобы закладывать её в алгоритм работы системы. Производство в целом и задача управления им является сложной задачей. Поэтому при решении задачи построения интеллектуальной системы управления производством требуется применять принцип декомпозиции. Система управления, состоящая из отдельных элементов, управляющих отдельными функциональными блоками технологического процесса, обособленными, но объединенными в одну общую сеть обладает следующими преимуществами: гибкость настройки, простота понимания, отказоустойчивость, простая масштабируемость. В качестве структурного элемента такой многоагентной системы можно использовать искусственную нейронную сеть[1].

Задача прогнозирования качественных характеристик, поставленная в этом исследовании, представляет собой задачу аппроксимации функции. Для тестирования выбраны сети, предназначенных для решения такого рода задач: сеть с прямым распространением сигнала, каскадная нейронная сеть, сеть Элмана, нелинейная авторегрессионная сеть, обобщенно регрессионная нейронная сеть. Каждая из них тестируется при настройках, установленных по умолчанию. Оценка выполняется по следующим критериям: среднеквадратическая ошибка сети (mse), общий коэффициент корреляции (r), время работы сети (t).

Рассматриваемый в статье технологический процесс является гибридным – объединяющим в себя дискретные участки (загрузка, распиловка и упаковка) и непрерывные участки (плавление, полимеризация). В зависимости от типа производственного процесса используются разные подходы к их автоматизации. Для каких-то производств следует провести автоматизацию на основе программируемых контроллеров, а для каких-то на основе Scada-систем. Практика показывает, что выбор нейронной сети определенного типа тоже должен быть обусловлен особенностями конкретной практической задачи.

Цель эксперимента:

1. Выбрать нейронную сеть решающую поставленную задачу с наибольшей точностью и скоростью.
2. Получить модель системы, которую можно использовать для прогнозирования качественных характеристик готовой продукции в реальном времени в составе интеллектуальной надстройки системы управления.

Условия проведения эксперимента:

Массив экспериментальных данных для анализа представлен испытаниями плит одной марки.

Выбор входных и выходных параметров:

В соответствии с ГОСТ [2] качественными показателями готовой продукции являются плотность, теплопроводность, сжимаемость, прочность, водопоглощение, содержание органических веществ, полнота поликонденсации связующего, влажность.

Выделим ключевые физико-механические показатели: плотность (кг/м^3), содержание органических веществ (% по массе), прочность на сжатие (кПа), прочность на растяжение (кПа) ($\rho, z, R_{сж}, R_{раст}$).

Первые два рассматриваются как входные параметры модели. Увеличение плотности и количества связующего вещества приводит к улучшению прочностных характеристик, но влечет за собой излишние затраты на камень, топливо, связующие вещество. Чрезмерное снижение негативно сказывается на качестве продукции: по плотности – плита становится слишком рыхлая и мягкая, а по связующему веществу – уменьшается количество связей между волокнами. На выходе приняты показатели прочности плиты.

Запишем целевую функцию:

$$F(\rho, z) = \max F(R_{сж}, R_{раст}).$$

Установление потребной точности результатов измерений:

Все испытания выполняются согласно по ГОСТ [3].

План и ход эксперимента:

При моделировании процесса используется программный продукт Matlab R2014.

Для повышения точности обучения нейронной сети и соответственно конечной математической модели исходные данные проходят нормировку и масштабирование.

Сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки (I) представляется собой простейший многослойный персептрон без обратной связи. Согласно универсальной теореме аппроксимации такая нейронная сеть может аппроксимировать любую непрерывную функцию многих переменных с любой точностью.

Каскадная нейронная сеть (II) аналогична сети с прямым распространением сигнала, но отличается тем, что слой выходных нейронов соединен со слоем входных. Аппроксимирующие способности этой сети уже известны [4].

Сеть Элмана (III) представляет собой рекуррентную нейронную сеть, которая отличается от обычного многослойного персептрона добавлением обратной связи. В данной сети значения с выхода скрытых слоев подаются обратно на слой контекстных нейронов сигналы, с которых уже отправляются на вход скрытых слоев.

Нелинейная авторегрессионная сеть (IV) относится к рекуррентным нейронным сетям. Она, как и сеть Элмана хранит информацию о предыдущих состояниях за счет задержки обратной связи.

Графики обучения и регрессии сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, каскадной нейронной сети, сети Элмана и нелинейной авторегрессионной сети показан на рисунке 1, сверху вниз соответственно.

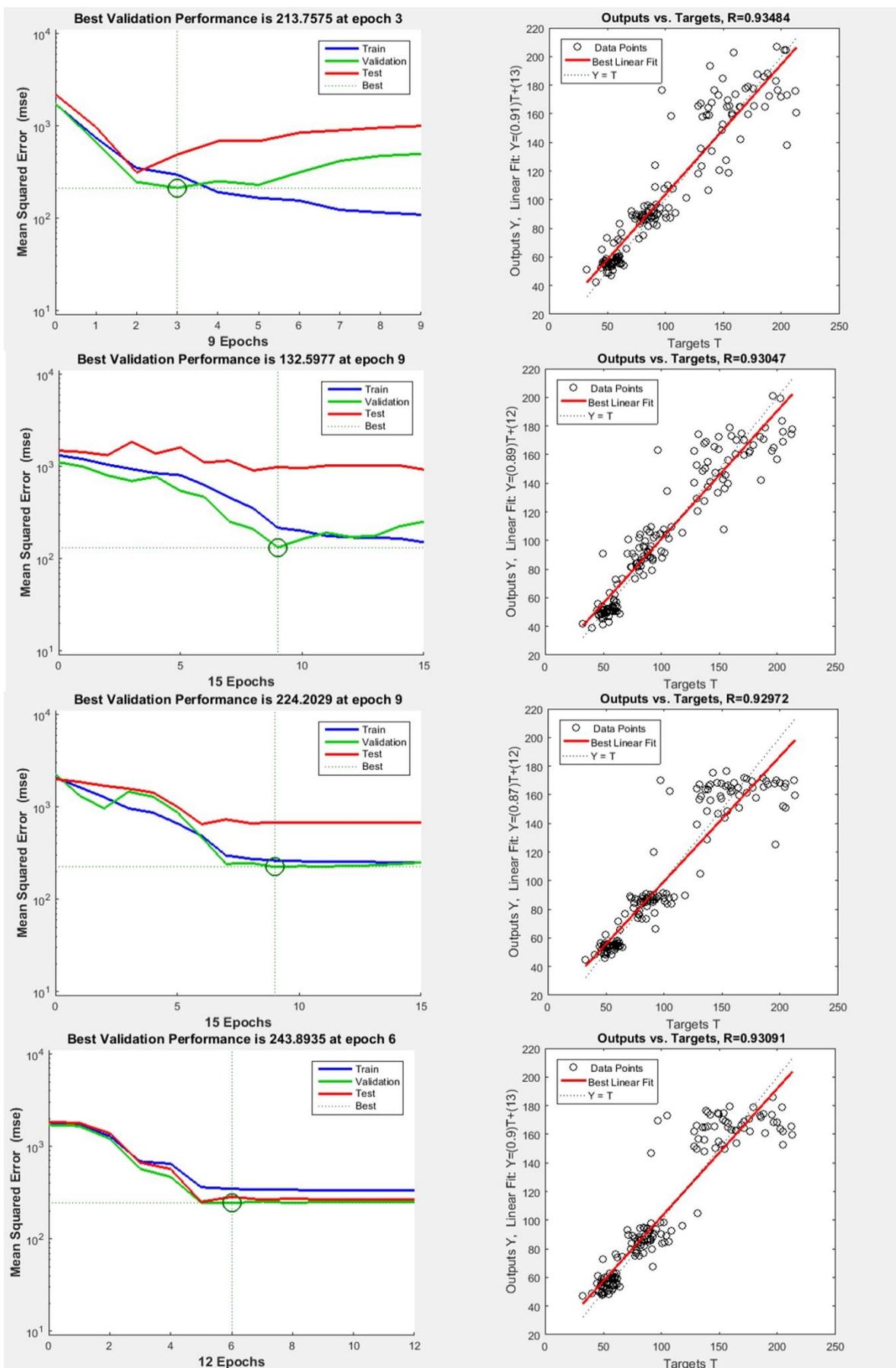


Рис. 1- Графики обучения и регрессии нелинейная авторегрессионной сети

Обобщенная регрессионная нейронная сеть (V) преимущественно используется для аппроксимации функций, посмотрим, какие результаты она покажет при решении данной задачи. Сеть включает в себя радиально базисный слой и специальный линейный слой. Коэффициент корреляции и линия регрессии показана на рисунке 2.

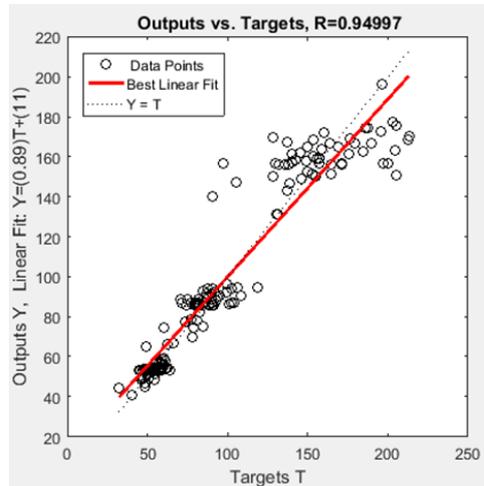


Рис. 2- График регрессии нелинейная авторегрессионной сети

Обработка результатов эксперимента:

Сведём все полученные характеристики сетей в таблицу 1. Запишем целевую функцию, по которой будет определена оптимальная ИНС.

$$P(mse, r, t) = 0,3 mse + 0,3 r + 0,4 t.$$

В данном эксперименте веса для параметров ИНС присваивались исходя из перспективы применения сети в основе нейросетевого агента интеллектуальной надстройки системы управления. В системах, работающих в реальном времени, значение имеет не только точность работы сети, но и скорость. Поэтому, влияние (вес) критериев характеризующих точность работы сети принято по 0,3, а влияние критерия времени симуляции – 0,4.

Таблица 1. Сводные результаты замеров параметров нейронных сетей

Сеть	Средне - квадратичная ошибка		Среднее время симуляции (секунд)		Коэффициент корреляции (общий)		Итоговая оценка
	Вес критерия 0,3		Вес критерия 0,4		Вес критерия 0,3		
	Абсолютное значение	Относительное значение	Абсолютное значение	Относительное значение	Абсолютное значение	Относительное значение	
I	213	0,73	0,0990	1,00	0,93484	0,75	0,8431
II	132	0,00	0,0894	0,74	0,93047	0,96	0,5833
III	224	0,83	0,0659	0,09	0,92972	1,00	0,5852
IV	243	1,00	0,0626	0,00	0,93091	0,94	0,5824
V	230	0,88	0,0747	0,33	0,94997	0,00	0,3979

Значения критериев рассчитывается по формуле:

$$K_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_j \min)}{(X_j \max - X_j \min)}, \text{ где}$$

K_{ij} – относительное значение j-го критерия по i-ой ИНС;

X_{ij} – абсолютное значение j-го критерия по i-ой ИНС;

$X_{j\min}$, $X_{j\max}$ – минимальные и максимальные значения j-го критерия.

Итоговая оценка по каждой сети рассчитывается по формуле:

$$P_i = \sum K_{ij} * k_j, \text{ где}$$

P_i – относительная итоговая оценка по i -ой ИНС;

k_j – вес j -го критерия.

Полученные результаты:

Самой сбалансированной ИНС в соответствии с принятой системой весов и оценок оказалась обобщенно-регрессионная нейронная сеть.

Список литературы

1. *Давлетшин И.Р. Симонова Л.А. Абрамова В.В. Интеллектуальная настройка системы управления автоматической линии по производству строительных материалов на основе многоагентной системы.*// Научно-технический вестник Поволжья. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018. №2. - с. 70-73.
2. *ГОСТ 9573 – 2012. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия.* – Взамен ГОСТ 9573 – 96; Введ. 2013 – 07 – 01. – М.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартиформ, 2013. – 17 с.
3. *ГОСТ 17177 – 94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.* – Взамен ГОСТ 17177 – 87; Введ. 1996 – 04 – 01. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве (МНТКС); М.: Издательство стандартов, 2002. – 36 с.
4. *Gabor Balazs. Cascade-Correlation Neural Networks: A Survey.* Department of Computing Science, University of Alberta, Edmonton, Canada, 2009. – 1-6 p.

05.13.15

Т.А. Деменкова канд. техн. наук, А.А. Финенко, Д.Д. Яровов

Московский технологический университет (МИРЭА)
Москва, demenkova@mirea.ru, phinenko@gmail.com, skillzer0@hotmail.com**ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО SAR ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-99-101**

В работе рассматривается актуальная проблема обработки изображений для задач создания и применения солнечных установок. Описывается технология использования двумерного SAR-изображения при прогнозировании поведения солнечного излучения. Представлены результаты исследований по оптимизации получения двумерных изображений с использованием стандартных программных средств. Предложена методика выбора площадки для солнечной установки, позволяющая повысить точность и облегчить поиск благоприятных климатических зон.

Ключевые слова: двумерное SAR-изображение, солнечная установка, обработка радиолокационных изображений.

Солнечная энергетика на сегодняшний день являются одним из наиболее приоритетных видов источников электроэнергии. Системы управления солнечными батареями, а также все элементы, входящие в состав системы, представляют собой сложный объект для исследований, характеристики которых зависят от множества параметров. При проектировании систем, в основе которых лежат фотоэлектрические преобразователи, необходимо учитывать влияние окружающего пространства и конструктивные особенности. Эти влияния необходимо учитывать на этапе проектирования и моделирования системы [1,2]. Следует оценить достоинства и недостатки реализации, провести проверку адекватности модели, используя известные данные и оценить точность имитирования выходных характеристик. На рис.1 показан один из результатов исследований, проведенных в этом направлении.

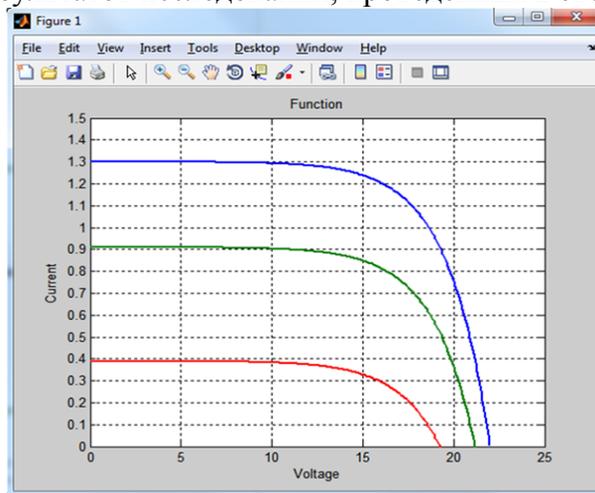


Рис. 1- Зависимость тока от напряжения системы при разных значениях интенсивности излучения

Наиболее эффективным источником начальной информации для развертывания солнечных энергетических установок (СЭУ) является анализ местности на основе спутниковых снимков для выявления пригодных начальных условий для их монтирования. Благодаря использованию спутниковых снимков может быть выбрана оптимальная по расположению площадка для установки СЭУ, а также дальнейшее опытное наблюдение за СЭУ в рамках каждодневного функционирования. В работе предложено использовать двумерное SAR (Synthetic Aperture Radar) изображение для определения местоположения объекта [3,4].

В момент появления симуляция SAR поддерживала до 25 целевых точек с ограниченной подвижностью. Расположение точек и отражательная способность каждой точки целиком определялись по строкам, написанным в коде. Для решения поставленной задачи были внесены изменения, сделанные для двухмерного моделирования SAR, чтобы повысить эффективность, обеспечить более крупные профили целей. Также было выполнено добавление нового механизма импорта цели и анализа явления пульсации, а также возможных решений для него. Внесенные изменения позволили суммировать все 256 отражений и уменьшить необработанное пространство SAR-сигнала до одного двумерного двойного массива размером 900 на 1034, несмотря на количество точечных целей.

Хотя эта модификация является реалистичной, поскольку отражения сигнала в пространстве от каждой точки цели не могут быть различимы антенной, ограниченный подвижный фильтр Калмана, ранее применявшийся в симуляции, основывается на понимании того, какие отражения произошли от цели и стали неработоспособными. Доплеровский алгоритм по дальности (RDA) занимает минимальное время для вычисления из-за быстродействия используемых БПФ по сравнению с последовательностью генерации эха SAR. Вычисление радиолокационных эхо-сигналов потребляет большую часть времени обработки. Секция генерации эха SAR кода была переписана для оптимизации скорости, с которой был сгенерирован код. Генерация эхо-сигналов SAR для 11-ти точечных целей с исходным кодом заняла около 10 минут. Дальнейшая оптимизация была выполнена для последовательности генерации эха с целью оптимизации эффективности обработки, такой как умножение ограничений перед циклом *for* и использование одной константы для вызова значения в цикле для минимизации операций.

Функция импорта изображения симуляции SAR используется для определения местоположения и отражательной способности точечных целей на основе местоположения и интенсивности пикселей в импортированном изображении. Текущие изображения импорта – это 8-битные или 256-точечные черно-белые изображения, полученные с помощью уровней градаций серого, где уровень интенсивности нормализуется, чтобы обеспечить отражательную способность точки. Это создает целевой показатель в 256 точек. В качестве целей были выбраны объекты, обладающие разными размерами, характеристиками, отношениями длины к ширине. Окончательные обработанные изображения двух объектов показаны на рис.2. Моделирование для каждого из объектов составляет 10 минут для вычисления, причем 9,5 минут проводятся исключительно в последовательности генерации эхо-сигналов SAR. Целевые изображения, такие как эти, могут использоваться для ограниченного числа приложений автоматического распознавания целей (ATR). Однако энергия (яркость) для каждой точечной цели не полностью расположена там, где она должна находиться в конечном изображении, и может быть видна утечка в направлениях диапазона и азимута.

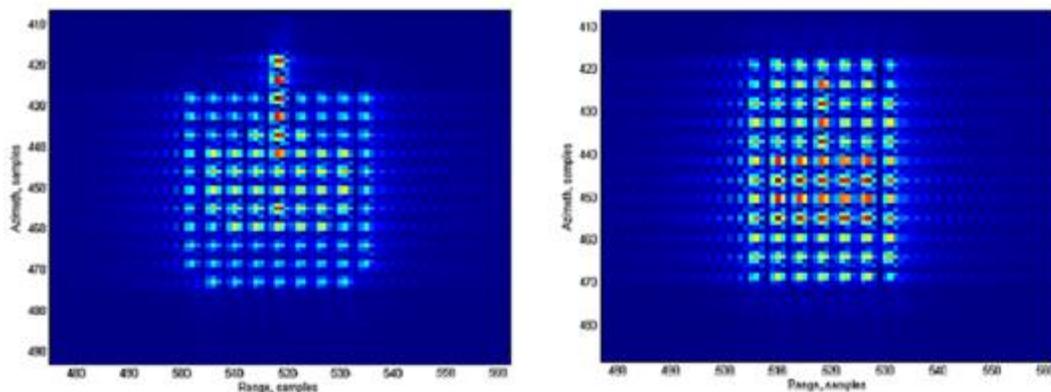


Рис. 2- Обработанные изображения объектов

По сторонам целей видно, что расплывчатость или рябь видны в направлении диапазона, и добавленный шум к эхо-сигналу перед обработкой также влияет на изображение. Расплывчатость также происходит в азимутальном направлении, но в меньшей степени.

Коррекция миграции ячеек (RCMC) визуально эффективна, поскольку видно, что пиксели не искажаются в направлении диапазона. Элементы объекта в исходных целевых изображениях, которые были точками наивысшей интенсивности, также являются точками с самой высокой интенсивностью (красный цвет) на выходных SAR-изображениях.

Объяснение, представленное для диапазона и азимутальной ряби, представляет собой спектральную утечку, которая является распространением энергии в частотной области из-за ограниченности сигналов во временной области. Например, преобразование Фурье бесконечной синусоидальной волны времени является дельта-функцией по частоте синусоидальной волны, которая является конечной по частоте. Ширина дельта-функции равна нулю и боковых лепестков нет. На практике окна используются для временного ограничения длины синусоидальной волны, которая вызывает спектральную утечку, если используется прямоугольное окно. Поскольку опорный сигнал диапазона является вращающимся фазором с конечной длиной, преобразование Фурье содержит умеренное количество спектральной утечки, которую можно назвать низким динамическим диапазоном. Возможным решением для этого является использование сглаженного окна, такого как окно Ханна (Hann).

Окно Ханна обеспечивает меньшую спектральную утечку и более динамичный диапазон в домене Фурье, но это происходит за счет разрешения, как видно из более широкой центральной доли. В качестве эксперимента для определения эффективности окна Ханна прямоугольное окно диапазона $w_r(t)$ изменяется из прямоугольного окна в окно Ханна $w_{Hann}(t)$, как показано в уравнении ниже, где переменная r_{bins} - количество ячеек в направлении диапазона, а T_p - длительность импульса передачи.

$$s_{ix}'(t) = w_{Hann}(t) \cos\{2\pi f_o + \pi K_r t^2\} = 0,5\left\{1 - \cos\left(\frac{2\pi t(r_{bins}) / T_p}{r_{bins} - 1}\right)\right\} \cos\{2\pi f_o + \pi K_r t^2\}$$

Отличия от пространственной области SAR с прямоугольным окном отображаются в эллиптическом характере шаблона, а не в прямоугольном. Размер входных изображений ограничивает отличимые функции, которые могут существовать в целевых профилях. Большие изображения улучшают способность симуляции, используемой в ATR. Кроме того, перед тем, как симуляция будет адаптирована для SAR с использованием трехмерных целевых профилей и голографии SAR, необходим способ эффективной генерации отражений от большого набора точечных целей. Способы повышения эффективности и оптимизации по времени последовательности генерации радиолокационного эха портируют код целиком или частично на более эффективный язык программирования с большим временем обработки и / или используют несколько потоков для параллельного вычисления отражений эхо-сигналов, поскольку отражения являются независимыми друг от друга.

На основании проведенных в работе исследований были сделаны выводы, что применение двумерного SAR-изображения при прогнозировании поведения солнечного излучения в солнечных установках дает возможность прогнозировать и оптимизировать получаемую солнечную энергию, в то время как получение двумерных изображений с помощью мониторинга позволит улучшить модель установки и выработки энергии солнечными батареями. Предложена методика оптимизации двумерных изображений с использованием стандартных программных средств.

Список литературы

1. *Camacho E.F., Berenguel M., Rubio F.R., Martinez D.* Control of Solar Energy Systems. – London: Springer-Verlag London Limited, 2012.
2. *Деменкова Т.А., Финенко А.А.* Аппаратная реализация алгоритмов для систем управления солнечными батареями // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – № 2(7). С.20-29.
3. *Cumming I.G., Wong F.H.* Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementations. – Norwood, MA: Artech House, 2005.
4. *Деменкова Т.А., Яровов Д.Д.* Адаптация алгоритмов для аппаратной реализации // Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике. – М.: МТИ, 2017. С.137-140.

05.13.11

Т.А. Деменкова канд. техн. наук, Е.В. Шпиева

Московский технологический университет (МИРЭА)
 Москва, demenkova@mirea.ru, elizashpieva@gmail.com

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-102-104**

Работа посвящена актуальной проблеме создания программных средств для логического управления классом робототехнических систем. Рассматривается подход на основе введения в стандартную архитектуру блока управления роботом на основе планирования, что позволяет повысить гибкость и надежность всей системы. Разработанная архитектура управления реализована по модульному принципу, что делает возможным повторное использование данного решения в аналогичных проектах.

Ключевые слова: архитектура программного обеспечения, управление робототехническими системами, планирование, контроль и выполнение задач.

В работе рассматривается задача разработки и исследования программного обеспечения для управления робототехнической системой. Искусственные агенты, работающие в динамичной реальной среде, нуждаются в архитектуре, которая поддерживает особые требования, принятые для них. Далеко не всегда архитектура разрабатывается с нуля, а потом все сразу внедряется в систему. В целях повышения функциональности гораздо чаще встречается поэтапная интеграция компонентов.

Автоматическое планирование является процессом, с помощью которого искусственные агенты генерируют последовательности действий (планы) для выполнения своих задач [1-4]. Этот процесс осложняется тем фактом, что агенты обычно имеют неполные знания об окружающей среде с большим количеством помех. После того, как план создан, выполнение действий необходимо координировать и контролировать из-за изменчивого характера мира, поскольку действие может привести к неопределенным результатам. Эти характеристики также означают, что планы могут быстро устаревать, и для устранения расхождений могут потребоваться новые планы. Несмотря на это, планирование задач является жизненно важной функцией для агентов, имеющих полную автономию и гибкость. Настоящая работа представляет опыт успешной интеграции планировщика задач в существующую архитектуру и уроки, полученные в процессе.

Архитектура программного обеспечения системы представлена на рис. 1. База знаний (Knowledge Base) содержит данные о состоянии мира в любой момент времени и обновляется с помощью различных компонентов.

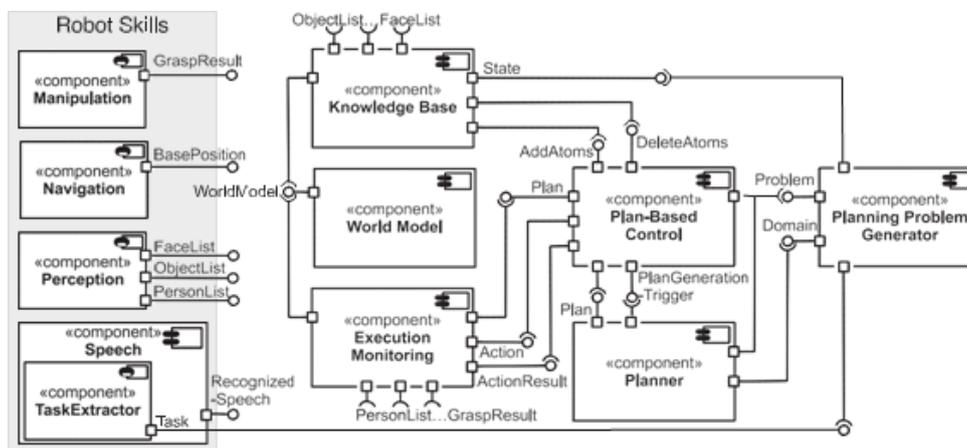


Рис. 1- Архитектура программного обеспечения для управления роботом на основании планов

Эти обновления могут возникать при выполнении запланированных сенсорных действий, которые специально предназначены для сбора информации (например, действие *o_detect_objects* может обновлять базу знаний при обнаружении объектов в определенном месте). Набор контрольных устройств используется для облегчения обновления с помощью новой информации. Обновления могут также отражать изменения в мире, которые являются результатом собственных целенаправленных действий робота, то есть последствия действий. Поддержание обновленной базы знаний является целью многих исследований и имеет решающее значение для того, чтобы позволить планировщику создавать планы.

Компонент *Planning Problem Generator* (Генератор проблем планировщика) создает планировочную задачу из команд, полученных через речевой компонент, и по исходным состояниям, взятым из базы знаний.

Компонент *Plan-Based Control* (Управление на основании планов) координирует различные процессы, например, запуск нового планировочного процесса и распределение очередности выполнения планов.

Новый планировочный процесс запускается через *PlanGenerationTrigger* при удовлетворении одного из следующих условий:

- действие в выполняемом плане не удалось;
- выполнено сенсорное действие, предназначенное для сбора информации;
- задана новая цель.

Для проверки этих условий робот получает сведения о проблеме (*Problem*), выполняемом текущем действии (*Action*) и результате выполнения этого действия (*ActionResult*). Эти результаты действий позволяют компоненту обновить базу знаний с помощью стандартных списков добавления и удаления.

В то время, как база знаний хранит символическую информацию в виде предикатов и используется для предоставления информации, необходимой планировщику, *World Model* (Модель мира) представляет карту, в которой цели и объекты отмечаются в предполагаемом местоположении. Карта хранится в формате *PNG* (занимает 440 Kb), а местоположения и объекты хранятся в файлах *YAML* (занимает 8,9 Kb).

Компонент *Planner* (Планировщик) состоит из подкомпонентов *JSHOP2Planner* и *TaskTransmitter*. Когда *TaskTransmitter* запускается с помощью *Plan-Based Control* (Управление на основе планов), он получает задачу через интерфейс *Problem* и домен через интерфейс *Domain* от *Planning Problem Generator*. План создается в подкомпоненте *JSHOP2Planner*, а *TaskTransmitter* отправляет сгенерированный план в *Plan-Based Control*.

Компонент *ExecutionMonitoring* (Контроль выполнения) отвечает за возможность выполнения каждого действия через соответствующее состояние *SMACH*, контроль действия и предоставление конечного результата выполнения действия.

Предложенный в работе подход к повышению гибкости и надежности системы заключается в преобразовании имеющейся архитектуры в архитектуру управления роботом на основе планирования [2]. При этом подходе управляющие действия создаются самим роботом, который генерирует и исполняет планы, которые, по определению, являются средством достижения цели. Результатом является трехслойная архитектура, подобная 3T. В подходе слой логики, в котором содержится планировщик задач, рассматривает действия, необходимые для достижения цели. Эти действия переносятся в слой реакции через процессы исполнения и контроля. Такой слой реакции позволяет агенту адаптироваться к изменениям в реальной среде.

Чтобы осуществлять планирование, планировщику необходимо ввести описание состояния мира (обычно называемого начальным состоянием), цель, знание действий, которые можно выполнять, когда эти действия можно выполнять (какие предпосылки должны быть в наличии) и как эти действия изменяют мир (к каким результатам приводит их исполнение). Совместно эта информация формирует проблему планирования.

Домены реального мира, например, домашнее окружение, трудно моделировать в классических представлениях планирования. Подход к планированию в форме иерархической сети задач использует для декомпозиции проблемы планирования иерархию, которая уже существует во многих доменах. Он рекурсивно декомпозирует непримитивные задачи, используя рецепты, называемые методами, до достижения примитивных задач. Затем операторы выполняют эти примитивные задачи. Подход позволяет нам записывать в виде кода экспертные знания для выполнения задачи (то есть лучший способ ее выполнения) и, следовательно, предоставляет планы для выполнения задачи «наилучшим образом». Например, если нужно переместить из одного места в другое более одного объекта, проектировщик может предоставить «экспертное знание», что объекты можно расположить вместе на подносе и затем доставить. Чтобы принести объект пользователю, агент будет интуитивно раскладывать задачу на нахождение объекта и его доставку пользователю. Этот интуитивный способ моделирования является одним из основных преимуществ подхода.

Иерархии представляются общим подходом к декомпозиции сложных проблем. Процедурные знания о том, как выполнять задачи, были получены из монолитных сценариев SMACH [5]. Эти знания были внедрены в методы. Кроме того, состояния, которые представляли возможности для повторного использования, помогли определить кандидаты в операторы. Это имеет ряд преимуществ. Во-первых, такой подход включает повторное использование знаний о домене. Во-вторых, методы и операторы становятся модульными «кирпичиками», которые будут использоваться при выполнении различных задач. Спорным вопросом является возможность использования подобного процесса для введения иерархии на уровне выполнения.

Заключение

Чтобы повысить гибкость и надежность, планировщик задач был интегрирован в существующую архитектуру, а процесс планирования объединили с уже существующими процессами выполнения и базового контроля. Это включало преобразование монолитного сценарного скрипта SMACH (сценарии выполнения для машины с конечными состояниями) в модульные состояния, которые можно признать динамически основанными на плане, созданном процессом планирования. Был внесен компонент, который выполняет итерацию с помощью сгенерированного плана и вызывает соответствующие SMACH-состояния, что позволяет реализовывать сценарии. В частности, были разработаны и включены индивидуальные контрольные действия, которые позволяют роботу контролировать выполнение задач, обеспечивая тем самым дополнительную надежность.

Список литературы

1. *Beetz M.* Plan-Based Control of Robotic Agents: Improving the Capabilities of Autonomous Robots. – Springer, 2002.
2. *Hoffmann J., Nebel B.* The FF planning system: Fast plan generation through heuristic search // Journal of Artificial Intelligence Research, 14 (2001) P. 253–302.
3. *Schlegel C., Lutz M., Lotz A., Stampfer D., Inglés-Romero J. F., Vicente-Chicote C.* Model-Driven Software Systems Engineering in Robotics: Covering the Complete Life-Cycle of a Robot // GI Workshop on Robot Architectures at Informatik, 2013, P. 2780–2794.
4. *Kasap Z., Magnenat-Thalmann N.* Towards episodic memory-based longterm affective interaction with a human-like robot // 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication.2010. P. 452–457.
5. *Bohren J.* SMACH Viewer documentation. – URL: http://www.ros.org/wiki/smach_viewer (дата обращения 20.03.2018).

05.13.18

А.О. Казакова канд. физ.-мат. наук

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
факультет прикладной математики, физики и информационных технологий
Чебоксары, kazakova_anastasia@bk.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЦИЛИНДРА В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ МАЛЫХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-105-108

Проведено численное исследование плоской задачи течения ограниченной вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса, создаваемого поступательным движением в ней цилиндра произвольного сечения. Математическая модель указанной задачи описывается бигармоническим уравнением, которое решается численно с применением метода линейных граничных элементов. Для круглого цилиндра проведены тестовые расчеты, подтверждающие эффективность метода. Для цилиндра эллиптического сечения получено решение для различных значений эксцентриситета.

Ключевые слова: *течение вязкой жидкости, малое число Рейнольдса, функция тока, метод граничных элементов, поступательное движение цилиндра.*

Плоская гидродинамическая задача об исследовании движения цилиндра в ограниченной вязкой жидкости, когда инерционными силами можно пренебречь (приближение Стокса), имеет приложения в теории смазки и в теории гидродинамической устойчивости. Задача о течении вязкой жидкости, заключенной между вращающимися круговыми цилиндрами рассматривалась с конца XIX века известными математиками и механиками Н.П. Петровым [1], Н.Е. Жуковским [2] и С.А. Чаплыгиным [3], Б. Баллал и Р. Ривлин [4] с использованием полярных и биполярных координат. В [5] построено точное аналитическое решение для поля скоростей жидкости в случае произвольного движения круговых эксцентрических цилиндров. В работах [6], [7] для решения задачи о поступательном движении цилиндра произвольного сечения применяется метод конформного отображения.

В настоящей статье, как и во всех упомянутых работах, предполагается малость числа Рейнольдса. В этом случае рассматриваемая математическая модель описывается с помощью основной краевой задачи для бигармонической функции тока. В настоящей статье предлагается использование метода граничных элементов. Аналогичный алгоритм ранее был применен в [8] для решения плоской задачи теории упругости, математическая модель которой также описывается с помощью основной краевой задачи для бигармонической функции напряжений.

Математическая модель гидродинамической задачи

Пусть в плоскости xOy контур S_1 движется поступательно внутри неподвижного контура S_2 . Обозначим через U_x , U_y проекции вектора скорости точки поступательно движущегося твердого тела на оси x и y .

Если жидкость несжимаема, то для плоской задачи можно ввести функцию тока $\psi(x, y)$, через которую выражаются компоненты скорости жидкости и завихренность потока:

$$u_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad u_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x}, \quad \omega = -\Delta \psi. \quad (1)$$

Тогда уравнения движения жидкости в приближении Стокса примут вид:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial \Delta \psi}{\partial y}, \quad \frac{\partial p}{\partial y} = -\mu \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x}, \quad (2)$$

где p – гидродинамическое давление, μ – коэффициент вязкости среды, u_x , u_y – проекции вектора скорости точки жидкости на координатные оси.

Если продифференцировать первое уравнение (2) по y , а второе – по x и записать разность полученных выражений, то видно, что функция тока удовлетворяет бигармоническому уравнению $\Delta^2\psi = 0$.

Граничные условия для определения функции тока получаются из условия прилипания, в соответствии с которым на контурах C_1 и C_2 скорость жидкости совпадает со скоростью точки контуров:

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right|_{C_1} = U_x, \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{C_1} = -U_y, \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right|_{C_2} = 0, \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{C_2} = 0. \quad (3)$$

От рассматриваемой гидродинамической задачи можно перейти к основной краевой задаче для бигармонической функции тока. В самом деле, граничные условия (3) позволяют определить нормальную и касательную производные функции тока на границах C_1 и C_2 :

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial n} \right|_{C_1} = \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} n_x + \frac{\partial \psi}{\partial y} n_y \right)_{C_1} = U_y y'_s + U_x x'_s, \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial n} \right|_{C_2} = \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} n_x + \frac{\partial \psi}{\partial y} n_y \right)_{C_2} = 0, \quad (4)$$

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial s} \right|_{C_1} = \left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{C_1} \tau_x + \left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right|_{C_1} \tau_y = U_y x'_s - U_x y'_s, \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial s} \right|_{C_2} = \left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right|_{C_2} \tau_x + \left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right|_{C_2} \tau_y = 0. \quad (5)$$

Равенства (5) можно проинтегрировать по s и получить значения функции ψ на границах C_1 и C_2 :

$$\psi|_{C_1} = -U_y x + U_x y, \quad \psi|_{C_2} = const. \quad (6)$$

Так как скорость и завихренность потока выражаются только через производные функции тока, то можно положить $const = 0$. Таким образом, рассматриваемая гидродинамическая задача эквивалентна основной краевой задаче для бигармонического уравнения с граничными условиями (4), (6). Эта задача может быть решена с применением метода граничных элементов, как это было сделано в [8] при решении плоской задачи теории упругости в многосвязной области, математическая модель которой также описывается с помощью основной краевой задачи для бигармонической функции напряжений. Здесь рассматривается двусвязная область.

Применение метода граничных элементов

В [9] получены интегральные соотношения для полигармонических функций. В частности, для бигармонической функции ψ :

$$\varepsilon \hat{\psi}(P) = \int_{\partial D} (\hat{\phi} G_0 - \hat{\psi} H_0) ds, \quad \varepsilon \psi(P) = \int_{\partial D} (\phi G_0 - \psi H_0 + \hat{\phi} G_1 - \hat{\psi} H_1) ds, \quad (7)$$

$$\text{где } \hat{\psi} = \Delta \psi, \quad \phi = \frac{\partial \psi}{\partial n}, \quad \hat{\phi} = \frac{\partial \hat{\psi}}{\partial n}, \quad G_0 = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r}, \quad G_1 = \frac{r^2}{8\pi} \left(1 + \ln \frac{1}{r} \right), \quad H_0 = \frac{\partial G_0}{\partial n}, \quad H_1 = \frac{\partial G_1}{\partial n},$$

r – расстояние между точкой P и переменной точкой интегрирования, $\varepsilon = 0.5$ для точки P на гладкой границе и $\varepsilon = 1$ для внутренней точки.

С помощью метода граничных элементов система интегральных уравнений для полигармонических функций сводится к системе линейных алгебраических уравнений, в частности, уравнения (7) могут быть представлены в виде системы двух матричных уравнений

$$\begin{aligned} (\varepsilon \mathbf{E} + \mathbf{A}) \mathbf{\Psi} - \mathbf{B} \mathbf{\Phi} &= 0, \\ (\varepsilon \mathbf{E} + \mathbf{A}) \mathbf{\Psi} - \mathbf{B} \mathbf{\Phi} + \mathbf{A} \mathbf{\Psi} - \mathbf{B} \mathbf{\Phi} &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где \mathbf{E} – единичная матрица, $\mathbf{\Psi}, \mathbf{\Phi}, \mathbf{\Psi}, \mathbf{\Phi}$ – вектор-столбцы, компонентами которых являются значения функций в контрольных точках:

$$\Psi_j = \psi(P_j), \quad \Phi_j = \phi(P_j), \quad \hat{\Psi}_j = \hat{\psi}(P_j), \quad \hat{\Phi}_j = \hat{\phi}(P_j), \quad j = \overline{1, N},$$

$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{A}, \mathbf{B}$ — матрицы, элементы которых вычисляются интегрированием соответствующих функций по прямолинейным граничным элементам Γ_j :

$$A_{i,j} = \int_{\Gamma_j} H_0 ds, \quad B_{i,j} = \int_{\Gamma_j} G_0 ds, \quad A_{i,j} = \int_{\Gamma_j} H_1 ds, \quad B_{i,j} = \int_{\Gamma_j} G_1 ds, \quad i, j = \overline{1, N}.$$

Элементы матриц $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{A}, \mathbf{B}$ могут быть выражены аналитически, но проще их находить, используя формулы численного интегрирования.

Система (8) представляет собой систему $2N$ линейных алгебраических уравнений относительно $2N$ неизвестных компонент векторов Ψ и Φ . Элементы векторов Ψ и Φ известны из постановки задачи и определяются условиями (4), (6). Система (8) решается с помощью обратной матрицы.

Поступательное движение эллиптического цилиндра

Пусть подвижный контур C_1 представляет собой эллипс с полуосями a и b и находится внутри неподвижного контура C_2 – окружность радиуса R . Рассмотрим равномерное поступательное движение эллиптического цилиндра вдоль оси Ox , граничные условия (3) тогда принимают вид:

$$u_x|_{C_1} = \frac{\partial \psi}{\partial y}|_{C_1} = U_x, \quad u_y|_{C_1} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}|_{C_1} = 0, \quad u_x|_{C_2} = \frac{\partial \psi}{\partial y}|_{C_2} = 0, \quad u_y|_{C_2} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}|_{C_2} = 0. \quad (9)$$

Как было показано, от условий (9) можно перейти к граничным условиям основной краевой задачи для бигармонической функции тока $\psi(x, y)$:

$$\psi|_{C_1} = U_x y, \quad \psi|_{C_2} = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{C_1} = U_x x'_s, \quad \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{C_2} = 0. \quad (10)$$

Положим для определенности $U_x = 0.1$ м / с, $R = 2$ м, $a = 1$ м. Поскольку рассматривается поступательное движение цилиндра, приведем результаты численного решения для различных значений расстояния d между центрами кругового и эллиптического цилиндров (рис. 1).

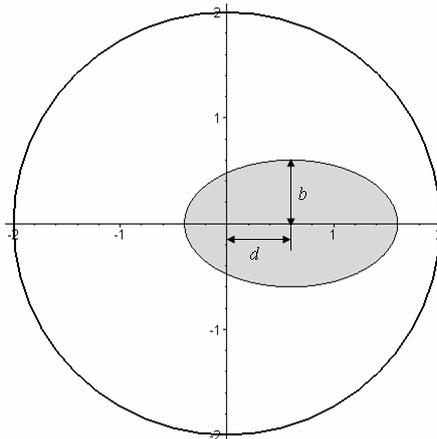


Рис. 1 – поступательное движение эллиптического цилиндра

На рис. 2 показаны значения завихренности потока $\omega = -\Delta \psi$ на границе C_1 , полученные в результате численного решения, для различных значений параметров b и d . В [7] получено аналитическое решение для круговых концентрических цилиндров ($b = a, d = 0$). На рис. 2 (з) график функции ω , соответствующий этому решению при $b = 1$, показан сплошной линией. Из графика видно, что численное и аналитическое решения совпадают.

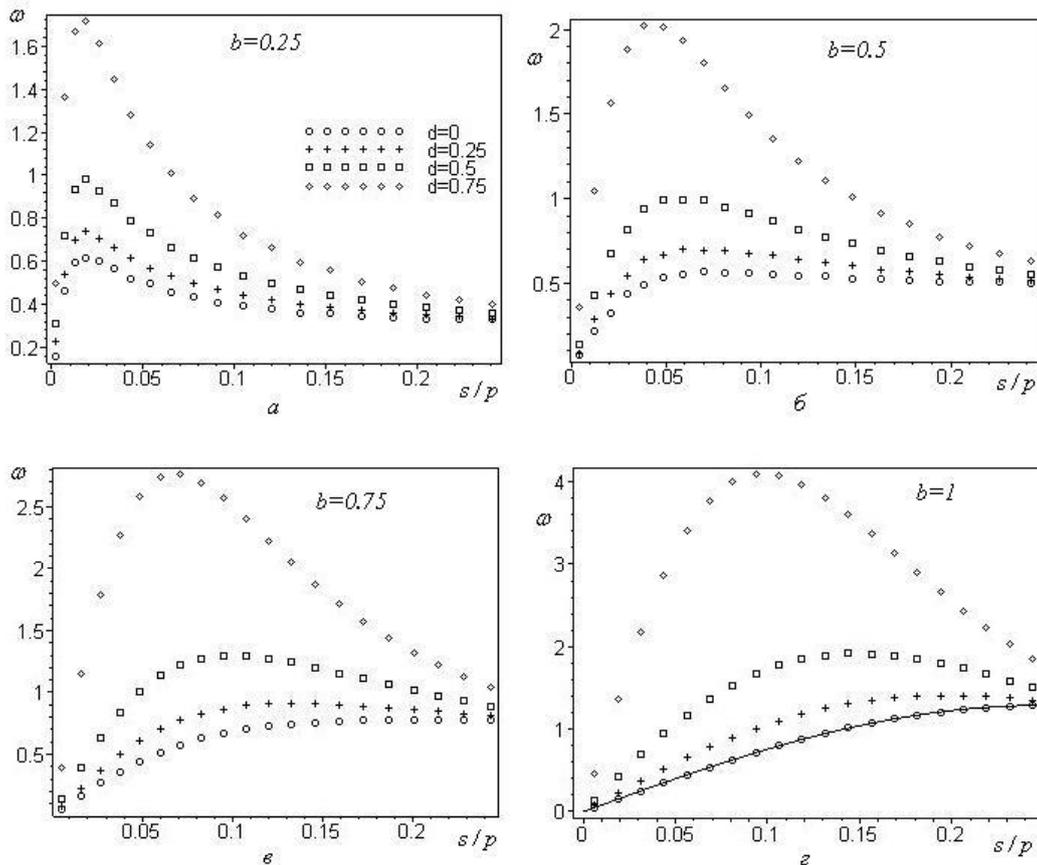


Рис. 2 – завихренность потока для различных значений b и d

Список литературы

1. Петров Н.П. Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости // Инженерный журнал. 1883. Т. IV. 210 с.
2. Жуковский Н.Е. О движении вязкой жидкости, заключенной между двумя вращающимися эксцентрическими цилиндрическими поверхностями // Журнал Рус. физ.-хим. об-ва. Т. XVIII. С. 209 – 225.
3. Жуковский Н.Е., Чаплыгин С.А. О трении смазочного слоя между шипом и подшипником // Тр. Отделения физ. наук об-ва любителей естествознания. 1906. Т. 13. В. 1. С. 24–33.
4. Ballal B.Y., Rivlin R.S. Flow of a Newtonian Fluid Between Eccentric Rotating Cylinders // Arch. Rat. Mech. Anal. 1976. V. 62. P. 237–294.
5. Казакова А.О., Петров А.Г. О поле скоростей вязкой жидкости между двумя цилиндрами, вращающимися и движущимися поступательно // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2016. № 3. С. 16–25.
6. Чернявский В.М. Точное решение о ползущем цилиндрическом течении в подшипнике со свободным шипом // Докл. АН. 2008. Т. 418. № 1. С. 42–45.
7. Терентьев А.Г., Терентьев А.А. Движение цилиндра в вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса // Изв. НАНИ ЧР. 2002. № 2. С. 44–62.
8. Терентьев А.Г., Казакова А.О. Численное решение плоской задачи теории упругости в многосвязной области // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2016. № 2 (28). С. 35–48.
9. Казакова А.О., Терентьев А.Г. Численное решение краевых задач для полигармонического уравнения // ЖВМиМФ. 2012. Т. 52, № 11. С. 2050–2059.

05.13.06

¹А.А. Клюкин, ²А.А. Широков канд. техн. наук

¹Пермский государственный институт культуры,
факультет культурологии и социально-культурных коммуникаций,
кафедра библиотечных и документально-информационных технологий, Пермь, kaa@psiac.ru

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, shirokov@pstu.ru

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-109-111

В данной статье рассматриваются принципы создания информационной модели функционирования информационной системы. Предложенный подход является универсальным и позволяет описать перемещение, обработку информации в автоматизированных информационных системах, системах с бумажным документооборотом, а также в системах с неформализованными способами управления. Предложенный подход может быть использован для упорядочения процессов информационного взаимодействия в любых системах, в том числе для реинжиниринга предприятий при автоматизации на всех уровнях.

Ключевые слова: *информационные модели, автоматизированные информационные системы, информационные потоки, информационные сообщения.*

Понятие информационной модели представляет собой отражение предметной области в виде информации. В информационных системах предметная область может быть представлена моделями нескольких уровней: концептуальной моделью; логической моделью; математической моделью; алгоритмической моделью и другими. В данной статье рассматривается информационная модель, представленная на концептуальном уровне.

Информационная модель базируется на принципах системного подхода, которые обеспечивают целостность системы во взаимосвязи отдельных элементов, из которых состоит система на основе иерархичности составляющих ее подсистем.

Главный принцип системного подхода заключается в рассмотрении отдельных частей явления или сложной системы с учетом их взаимодействия. Системный подход включает в себя выявление структуры системы, типизацию связей, анализ влияния внешней среды. Интерпретация и конкретизация системного подхода реализуется в структурном, блочно-иерархическом и объектно-ориентированном подходах.[1]

Любая система рассматривается как подсистема для системы, внешней по отношению к ней и, в свою очередь, состоит из элементов, каждый из которых может быть определен как подсистема. Применительно к промышленному предприятию система – предприятие, которое состоит из подсистем- цехов, отделов и т.д.

Понятие информационной модели является достаточно широким и не имеет официально закрепленного определения. Применительно к исследованиям информационного обеспечения информационных систем информационная модель рассматривается как описание методов обработки и хранения, реализуемых в элементах системы, а также описание информационных единиц – сообщений и методов их передачи.

Информационные модели не привязаны к способам использования и передачи информации. Это могут быть устные (в том числе неформальные) способы передачи, передача посредством печатных документов (документооборот), электронные средства телекоммуникаций. Развитие информационных технологий позволит расширить формы представления информации, например, за счет использования средств мультимедиа.

В Федеральном Законе "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" от 27.07.2006 N 149-ФЗ даны следующие определения:

Информационная система - совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств;

Электронное сообщение - информация, переданная или полученная пользователем информационно-телекоммуникационной сети;

Информационно-телекоммуникационная сеть - технологическая система, предназначенная для передачи по линиям связи информации, доступ к которой осуществляется с использованием средств вычислительной техники. [2].

В информационных системах каждый узел можно рассматривать как подсистему со своими составными частями и со своими процессами функционирования информации. Процесс декомпозиции системы в этом случае целесообразно закончить, когда в качестве узла будет рассматриваться рабочее место специалиста, обладающего набором компетенций и выполняющим определенные производственные функции по использованию и переработке информации.

Сообщение в общем виде – это блок информации конечной длины, не зависящий от формы ее представления. Контентная часть сообщения может быть любая. Ее содержание не сказывается на процессе передачи сообщения. Содержанием могут быть любые данные, инструкции по обработке данных или выполнении управляющих действий, ссылки на документы, подлежащие обработке и т.д.

Основными процессами в информационных моделях являются процессы создания, переработки, использования, хранения информации и процессы передачи информации.

Первая группа процессов реализуется в узлах, как правило, на нижнем уровне декомпозиции (рабочих местах) в соответствии с компетенциями и должностными обязанностями специалистов. В результате их деятельности создаются новые информационные ресурсы, которые могут быть использованы в рамках действующей системы, а также передаваться в другие системы. Вариантом таких процессов является автоматический ввод информации в системах мониторинга, автоматизации технологических процессов, а также преобразования, выполняемые в автоматическом режиме. Обращаем внимание, что рабочее место может быть и не автоматизировано и обработка информации выполняться с использованием бумажных технологий.

Задачи, решаемые данной группой процессов, описываются как алгоритмы. Полученный перечень задач может использоваться, как минимум, с тремя целями: 1. разработка перечня функций, выполняемых автоматизированными информационными системами; 2. разработка должностных обязанностей специалистов; 3. упорядочение и, при необходимости, реинжиниринг структуры предприятия.

Процессы передачи информации в системах организованы в информационные потоки. Информационный поток в общем виде представляет собой процесс передачи сообщений между двумя узлами.

Понятие «информационный поток» исторически сформировалось по аналогии с материальным потоком. Не случайно основные исследования информационных потоков лежат в области логистики, где документация сопровождает грузы в процессе их перевозки, хранения и распределения (розничной продажи).

Приведенная в научной литературе классификация информационных потоков весьма разнообразна. В то же время с позиции перемещения сообщений (маршрутизации) и обработки сообщений разницы в горизонтальных и вертикальных, внешних и внутренних потоках нет. Мало того, разнообразие информационных систем и вариантов потоков приводит к существенному увеличению этих критериев без видимой пользы.

В современных информационных технологиях физическая передача данных по каналам связи уступает место принципам хранения этих данных в единых базах данных и доступ к ним с любого допущенного к этим данным рабочего места (клиент-серверные технологии). Еще большей степени абстракции от физического наличия данных у пользователя и,

соответственно, от перемещения сообщений достигается при использовании технологии облачных вычислений. Здесь все документы размещены на носителях, доступ к которым производится средствами сетевых технологий и перемещение документов, как правило, не требуется. Все действия с контентом (редактирование, анализ и пр.) выполняется в «облаке».

Тем не менее, этот термин может применяться для описания перемещения сообщений в информационной системе по определенным маршрутам.

Предлагаемая структура сообщения состоит из двух частей.

Первая часть содержит атрибуты сообщения. Атрибуты характеризуют данное сообщение. В частности, атрибуты содержат адреса источника и получателя сообщения, а также данные, позволяющие выбрать алгоритм обработки сообщения узлом, время, отведенное на обработку данных и другие признаки. Более детально атрибуты описываются в других статьях авторов.

Вторая часть сообщения – это данные, подлежащие передаче. Данная контентная часть сообщения может содержать непосредственно информацию, либо ссылку на место расположения этой информации на серверах в электронной форме или в библиотеке (архиве) в бумажной форме. При этом форма передачи такой ссылки в сообщении для разных систем может быть любая: можно устно предложить почитать нужный документ (приказ, закон и пр.), можно отправить напечатанное письмо с номером или названием документа, можно указать адрес и имя файла в файловом хранилище. [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Информационная модель создается на основе системного подхода, позволяющего абстрагироваться от конкретных аспектов используемой в системе информации.

Основу информационной модели составляют узлы (объекты), выполняющие функции обработки, передачи и хранения информации.

Между узлами организованы информационные потоки сообщений, обеспечивающие процессы обработки информации.

Структура сообщения состоит из двух частей. Первая часть содержит атрибуты сообщения. Вторая часть сообщения – это данные, подлежащие передаче.

Информационная модель является универсальной и не зависит от формы (электронной, документальной или устной) представления используемой информации.

Список литературы

1. Мелешко, А.В. Информационные технологии в лесном комплексе. Разработка информационной модели лесопильно-деревообрабатывающего предприятия [Текст]: / А. В. Мелешко, Ю. В. Хлопунова. – Красноярск :СибГТУ, 2007. – 116 с.
2. Федеральный закон. Об информации, информационных технологиях и о защите информации № 149-ФЗ. Издание официальное. М.: 2008
3. Обоснование выбора автоматизированных информационных систем на основе анализа информационных потоков / А.А. Клюкин, С.Н. Каменских, А.А. Широков // Научно-технический вестник Поволжья. - 2017. - № 4. - С. 128-130.
4. Клюкин А.А., Широков А.А. Автоматизация процесса подготовки документов.// Информационные системы и коммуникативные технологии в современном образовательном процессе. Сборник научных трудов - Пермь, ИПЦ «Прокрость». 2014. с.118-121

05.13.00

**Г.Е. Кокиева канд. техн. наук, И.Б. Елтунова канд. пед. наук,
В.В. Рабданова канд. эконом. наук**

Федеральное агентство связи

Бурятский институт инфокоммуникаций (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Улан-Удэ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-112-117

Проведено компьютерное моделирование посредством проведения многофакторного численного эксперимента. Численный факторный эксперимент проведён с целью выявления уровня влияния факторов на производительность аппарата и получения математической модели, адекватно описывающей процесс происходящий в оборудовании.

Ключевые слова: многофакторный численный эксперимент, производительность аппарата, уровень варьирования соответствующего фактора, матрица многофакторного численного эксперимента.

В настоящее время ведутся дискуссии по поводу проведения математического анализа путём многофакторного эксперимента. Современные методы математического моделирования позволяют смоделировать сложный биохимический процесс. На рис.1 представлена установка, для которой производили выявление уровня влияния факторов на производительность и получения математической модели. Технологическая схема экспериментальной установки включает в себя: 1-верхняя мешалка; 2-центральная мешалка; 3-нижняя мешалка; 4-корпус ферментатора; 5-теплообменная рубашка; 6-патрубок для ввода питательной среды или посевного материала; 7-патрубок для вывода отработанного кислорода; 8а, 8б-измерительные ячейки;

Технологический процесс осуществляется и поддерживается с помощью вспомогательного оборудования, включает термостат, наносы, фильтры, дозаторы и др.

Установка работает следующим образом:

Питательная смесь вместе с дрожжевым автолизатом и с солями, необходимыми для культивирования кормовых дрожжей вносится через питательный патрубок 6. Одновременно с вращением мешалок, которые приходят в движение от работы электродвигателя, вводится воздух через полый вал. Засекается время культивирования.

Производятся необходимые замеры. По окончании культивирования выключается электродвигатель, и останавливается работа ферментатора [1,2].

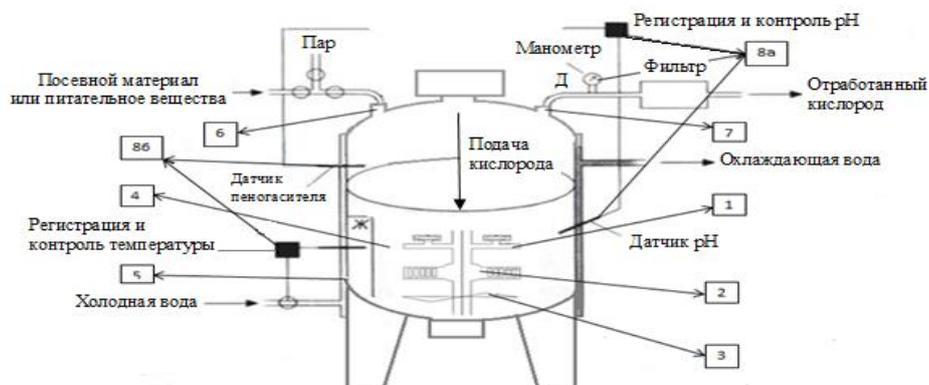


Рис. 1- Автоматизированная установка

1-верхняя мешалка; 2-центральная мешалка; 3-нижняя мешалка; 4-корпус ферментатора;
5-теплообменная рубашка; 6-патрубок для ввода питательной среды или посевного
материала; 7-патрубок для вывода отработанного кислорода; 8а,8б-измерительные ячейки;

Численный факторный эксперимент проведен с целью выявления уровня влияния факторов на производительность ферментатора и получения математической модели, адекватно описывающей теоретическую формулу (1), с целью упрощения практических расчетов по математической модели.

Численный факторный эксперимент проведен вида 2^3 , позволяющий получить поверхность отклика с помощью уравнения второй степени. Для реализации эксперимента использовали не композиционный план второго порядка для трех факторов.

Производительность определяется по формуле:

$$Q = 0,000878 \cdot V_{\text{пр}} (n_1^{0,07} \cdot r_1^{0,105} \rho^{0,58}), \text{ кг/ч} \quad (1)$$

где $V_{\text{пр}}$ – объем рабочего пространства проектируемого реактора, м^3

Численный эксперимент проводится по уравнению:

$$Y = (n_1^{0,07} \cdot r_1^{0,105} \rho^{0,58}) \quad (2)$$

Затем рассчитывается производительность по формуле (1)

В таблице 1 приведены факторы уравнения (1) и уровни их варьирования, а в таблице 2 – матрица планирования эксперимента

Расчет Y для каждой строки таблицы 2 производится по формуле :

$$Y = (n_i^{0,07} \cdot r_i^{0,105} \rho_i^{0,58}), \quad (3)$$

где n_i – число оборотов вала мешалки, об/мин;

r_i – удельное потребление кислорода, $\text{м}^3/\text{м}^3 \text{ с}$;

ρ_i – плотность субстрата, $\text{кг}/\text{м}^3$

$i = -1, 0, +1$ – уровни варьирования соответствующего фактора

Эксперимент № 1

Таблица 1- Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровни варьирования		
	-1	0	+1
$X_1, \text{об/мин} = n_1^{0,07}$	$n_{-1}^{0,07} = 1,15$	$n_0^{0,07} = 1,30$	$n_{+1}^{0,07} = 1,45$
$X_2, \text{м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{с} = r^{0,105}$	$r_{-1}^{0,105} = 0,65$	$r_0^{0,105} = 0,69$	$r_{+1}^{0,105} = 0,73$
$X_3, \text{кг}/\text{м}^3 = \rho^{0,58}$	$\rho_{-1}^{0,58} = 50,0$	$\rho_0^{0,58} = 55,0$	$\rho_{+1}^{0,5} = 60,0$

Таблица 2– Матрица многофакторного численного эксперимента

№ опыта	Уровни варьирования факторов			Y
	X_1	X_2	X_3	
1	+1	+1	0	56,1
2	+1	-1	0	51,8
3	-1	+1	0	46,2
4	-1	-1	0	55,7
5	0	0	0	49,3
6	+1	0	+1	60,0
7	+1	0	-1	50,0
8	-1	0	+1	47,6
9	-1	0	-1	39,7
10	0	0	0	49,3
11	0	+1	+1	56,9
12	0	+1	-1	47,4
13	0	-1	+1	50,7
14	0	-1	-1	37,4
15	0	0	0	49,3

Получены результаты составной регрессии.

Коэффициент множественной регрессии $R = 0,67$ характеризует тесноту линейной связи между зависимой переменной (Y , Var4) и всеми независимыми переменными. Теснота связи хорошая. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,45$ численно равен доли вариации зависимой

переменной, объясненной с помощью регрессионного анализа. В нашем случае доля показывает, что необходимо провести регрессионный анализ нелинейной зависимости.

Скорректированный коэффициент множественной регрессии (adjusted R) $R^2 = 0,30$ явно низок, это говорит о необходимости проведения анализа нелинейной корреляционной зависимости

F – критерий в данном случае используется для проверки нулевой гипотезы между зависимой и независимыми переменными $F = 3,052$, $df = 3,11$ – число степеней свободы для F – критерия.

Intersept – оценка свободного члена уравнения $b_0 = 45,88$, Std.Error = 1,89 стандартная ошибка оценки свободного члена уравнения; t – критерий для оценки свободного члена уравнения; Beta – бета коэффициенты уравнения

После нажатия на кнопку Summarı Regression получена таблица

Таблица Параметры уравнения линейной регрессии

Regression Summary for Dependent Variable: Var4 (Spreadsheet1)

$R = ,67388986$ $R^2 = ,45412755$ Adjusted $R^2 = ,30525324$

$F(3,11) = 3,0504$ $p < ,07398$ Std.Error of estimate: 5,0498

	оценка	стандарт	B	Std.Err.	t(11)	p-level
BSä'/FONT>			45,88480	1,894322	24,22228	0,000000
Var1	0,493853	0,222878	0,06448	0,029101	2,21580	0,048722
Var2	0,208541	0,222878	0,02723	0,029101	0,93567	0,369528
Var3	0,429715	0,222878	0,05611	0,029101	1,92803	0,080054

Получено уравнение линейной зависимости

$$\text{Var4} = 45,88 + 0,064 \text{ Var1} + 0,027 \text{ Var2} + 0,056 \text{ Var3} \quad (4)$$

Коэффициент множественной регрессии $R = 0,67$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,45$, скорректированный коэффициент множественной регрессии (adjusted R) $R^2 = 0,30$. $F(3,11) = 3,0504$ $p < ,07398$ Std.Error of estimate: 5,0498

Линейное уравнение недостаточно адекватно описывает анализируемые результаты. Необходимо провести многофакторный нелинейный анализ.

Эксперимент № 2

Нелинейный регрессионный анализ по данным таблиц 1 и 2

Model is: $\text{Var4} = b_0 + b_1 \text{Var1} + b_2 \text{Var2} + b_3 \text{Var3} + b_{11} \text{Var1}^2 + b_{22} \text{Var2}^2 + b_{33}$ (Spreadsheet1)

Dep. Var.: $\text{Var4} = 13 \text{Var1} * \text{Var3} + b_{23} \text{Var2} * \text{Var3}$

Caution: Degenerated result, the values may not correct !!!

	оценка	стандарт	t-value	p-level	Lo. Conf	Up. Conf
b0	-523,307	123394809	0,00	0,00	0,00	0,00
b1Var1	-350,182	0	0,00	0,00	0,00	0,00
b2Var2	-562,192	0	0,00	0,00	0,00	0,00
b3Var3	-523,307	0	0,00	0,00	0,00	0,00
b11Var1	505,639	0	0,00	0,00	0,00	0,00
b22Var2	-42,640	81617994	0,00	0,00	0,00	0,00
b33Var3	540,337	80147279	0,00	0,00	0,00	0,00
b12Var1	0,026	0	0,00	0,00	0,00	0,00
b13Var1	-19,215	3339470	0,00	0,00	0,00	0,00
b23Var2	19,270	3339470	0,00	0,00	0,00	0,00

Уравнение регрессии в кодированном варианте

$$Y = -523,3 - 350,2 X_1 - 562,2 X_2 - 523,3 X_3 + 505,6 X_1^2 - 42,6 X_2^2 + 540,3 X_3^2 + 0,026 X_1 X_2 - 19,2 X_1 X_3 + 19,3 X_2 X_3 \quad (5)$$

Для получения уравнения регрессии в натуральных значениях переменных воспользовались следующими формулами перехода к натуральным факторам:

$$X_u = \frac{x_u - x_{u0}}{\Delta x_u}, \tag{6}$$

где: X_u – кодовое значение u -того фактора;
 x_u – натуральное значение u -того фактора;
 x_{u0} – нулевой уровень фактора;
 Δx_u – интервал варьирования.

$$X_1 = \frac{x_1 - 1,3}{0,15}; X_2 = \frac{x_2 - 0,69}{0,04}; X_3 = \frac{x_3 - 55}{5} \tag{7}$$

После подстановки и вычисления получено следующее уравнение регрессии в натуральных значениях переменных.

$$Y = 395,6 \cdot 10^3 - 60,5 \cdot 10^3 x_1 - 51 \cdot 10^3 x_2 - 12 \cdot 10^3 x_3 + 22,4 \cdot 10^3 x_1^2 - 26,6 \cdot 10^3 x_2^2 + 0,1 \cdot 10^3 x_3^2 + 0,9 \cdot 10^3 x_1 x_3 \tag{8}$$

Используя калькулятор в интернете расчета степени числа, получены следующие результаты:

$$x_{1\text{опт}} = n^{0,07} = 1,35; n = 65 \text{об/мин}; x_{2\text{опт}} = r^{0,105} = 0,96, r = 0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{с};$$

$$x_{3\text{опт}} = \rho^{0,58} = 120; \rho = 5160 \text{ кг/м}^3.$$

Полученные результаты не удовлетворяют по объемной массе субстрата, оно не может принимать такие значения. Требуется исследование на повышенном диапазоне переменных. В табл.3 приведены факторы и уровни варьирования, в табл.4 матрица многофакторного эксперимента.

Таблица 3– Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровни варьирования		
	-1	0	+1
$X_1, \text{об/мин} = n_1^{0,07}$	$n_{-1}^{0,07} = 1,22$	$n_0^{0,07} = 1,36$	$n_{+1}^{0,07} = 1,5$
$X_2, \text{м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{с} = r^{0,105}$	$r_{-1}^{0,105} = 0,65$	$r_0^{0,105} = 0,69$	$r_{+1}^{0,105} = 0,73$
$X_3, \text{кг/м}^3 = \rho^{0,58}$	$\rho_{-1}^{0,58} = 50,0$	$\rho_0^{0,58} = 55,0$	$\rho_{+1}^{0,58} = 60,0$

Таблица 4– Матрица многофакторного численного эксперимента

№ опыта	Уровни варьирования факторов			Y
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	+1	+1	0	60,2
2	+1	-1	0	53,6
3	-1	+1	0	49,0
4	-1	-1	0	43,6
5	0	0	0	51,6
6	+1	0	+1	62,1
7	+1	0	-1	51,7
8	-1	0	+1	73,2
9	-1	0	-1	42,1
10	0	0	0	51,6
11	0	+1	+1	59,6
12	0	+1	-1	49,6
13	0	-1	+1	53,0
14	0	-1	-1	44,2
15	0	0	0	51,6

Линейный регрессионный анализ по данным таблиц 3 и 4.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,58$ показывает, что необходимо провести регрессионный анализ нелинейной зависимости. Скорректированный коэффициент множественной регрессии (adjusted R) $R = 0,47$ явно низок, это говорит о необходимости проведения анализа нелинейной корреляционной зависимости.

В качестве отклика принято выражение $Y = (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58})$. В результате эксперимента получены графики трёх видов: объёмные графики зависимости отклика Y (рис.1), сечения отклика на плоскости в трёх сочетаниях (рис.2) и в трёх же сочетаниях контурные графики (рис.3).

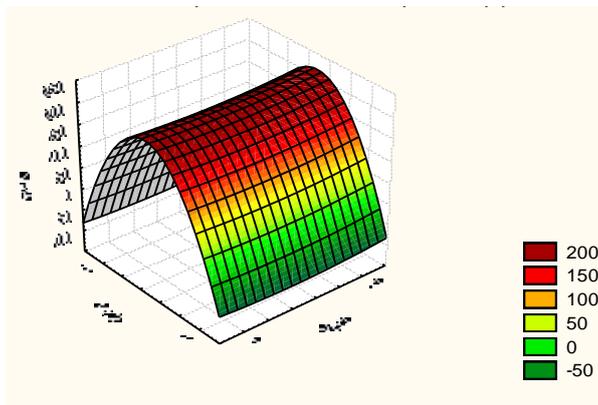


Рисунок 1 – Объёмный график зависимости отклика Y от числа оборотов вала мешалки $x_1 = (n_1^{0,07})$ об/мин и удельного потребления кислорода $x_2 = (r^{0,105})$ м³/м³с при постоянном значении объёмной массы субстрата $x_3 = 55$ ($\rho = 1000$ кг/м³)

Графики зависимости отклика Y исследовались при следующих нулевых значениях переменных факторов: $x_{10} = n^{0,07} = 1,35$; $n = 65$ об/мин; $x_{20} = r^{0,105} = 0,69$; $r = 0,030$ м³/м³с; $x_{30} = \rho^{0,58} = 55$; $\rho = 1000$ кг/м³, где n – число оборотов вала мешалки, об/мин; r – удельное потребление кислорода, м³/м³с; ρ – плотность субстрата, кг/м³. Получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 51,6 + 0,63x_1 + 7,29x_2 + 4,70x_3 - 0,0055x_1^2 - 0,072x_2^2 - 0,045x_3^2 - 0,0012x_1x_3 - 0,00078x_2x_3. \quad (9)$$

При исследовании при варьировании переменных по данным таблицы 2 коэффициент множественной регрессии $R = 0,64$, что характеризует хорошую связь между зависимой переменной (Y) и всеми независимыми переменными. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,8$, численно равный доли вариации зависимой переменной, объясненной с помощью регрессионного анализа. В нашем случае доля $R^2 = 0,8$ показывает, что эксперимент охватывает 80% вариации независимой переменной.

На рисунке 2 приведено сечение отклика Y на плоскость $x_1(n_1^{0,07})$ обороты вала мешалки об/мин [$x_1: -1(1,22) \div +1(1,5)$]; $x_2(r^{0,105})$ удельное потребление кислорода м³/м³с [$x_2: -1(0,65) \div +1(0,73)$] при постоянном значении объёмной массы субстрата $x_3 = 55$ ($\rho = 1000$ кг/м³), на рисунке 3 приведён контурный график зависимости отклика Y от числа оборотов вала мешалки $x_1 = (n_1^{0,07})$ об/мин и удельного потребления кислорода $x_2 = (r^{0,105})$. Анализ результатов численного многофакторного эксперимента, приведенные на данных графиках, позволил установить оптимальное значение объёмной массы субстрата $x_3 = 4,82/0,094 = 51,28$, $\rho = 887$ кг/м³ при постоянном значении оборотов вала мешалки $x_1 = 1,36$ ($n = 75$ об/мин) и $x_2 = 0,69$ ($r = 0,030$ м³/м³с).

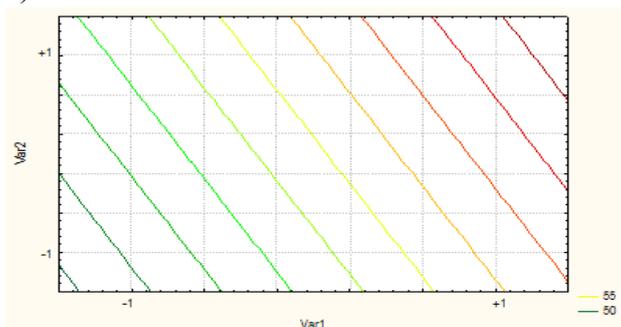


Рисунок 2 – Сечение отклика Y на плоскость $x_1(n_1^{0,07})$, обороты вала мешалки об/мин [$x_1: -1(1,22) \div +1(1,5)$], $x_2(r^{0,105})$ удельное потребление кислорода м³/м³с [$x_2: -1(0,65) \div +1(0,73)$] при постоянном значении объёмной массы субстрата $x_3 = 55$ ($\rho = 1000$ кг/м³)

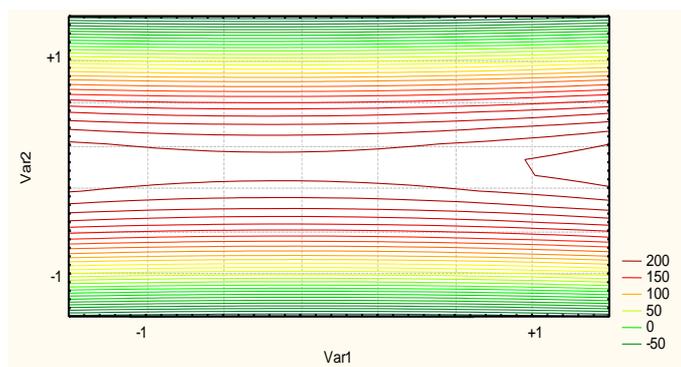


Рисунок 3 – Контурный график зависимости отклика Y от числа оборотов вала мешалки

$$x_1 = (n_1^{0,07}) \text{ об/мин}$$

$$x_2 = (r^{0,105}) \text{ м}^3/\text{мс}$$

при постоянном значении объёмной массы субстрата

$$x_3 = 55 (\rho = 1000 \text{ кг/м}^3)$$

Оптимальное значение удельного потребления кислорода $x_2 = (r^{0,105}) = 5,96/12,04 = 0,50$, $r = 0,0012 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{с}$ при постоянном значении оборотов вала мешалки $x_1 = 1,36$ ($n = 75$ об/мин) и объёмной массы субстрата $x_3 = 55$ ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

При анализе отдельных графиков получены следующие результаты:

Оптимальное значение объёмной массы субстрата $x_3 = 4,82/0,094 = 51,28$, $\rho = 887 \text{ кг/м}^3$ при постоянном значении оборотов вала мешалки $x_1 = 1,36$ ($n = 75$ об/мин) и $x_2 = 0,69$ ($r = 0,030 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{с}$).

Оптимальное значение удельного потребления кислорода $x_2 = (r^{0,105}) = 0,50$, $r = 0,0012 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{с}$ при постоянном значении оборотов вала мешалки $x_1 = 1,36$ ($n = 75$ об/мин) и объёмной массы субстрата $x_3 = 55$ ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

Оптимальное значение объёмной массы субстрата $x_3 = 52,26$, $\rho = 917 \text{ кг/м}^3$ при постоянном значении удельного потребления кислорода $x_2 = 0,69$ ($r = 0,030 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{с}$) и оборотов вала мешалки $n = 75$ об/мин.

При определенных условиях (например, при избыточной подаче кислорода) наибольшее влияние оказывает объёмная масса субстрата x_3 (с большим по сравнению с другими факторами углом подъёма прямой зависимости) и обороты вала мешалки (рис. 1).

Вывод: На основании проведенного многофакторного численного эксперимента по данным (рис.1) можно принять, что рациональными являются (при принятых технологических и конструктивных параметрах экспериментируемой технологии производства белково-витаминного концентрата) следующие значения факторов: $x_1 = (n^{0,07}) = 1,22$; $n = 18$ об/мин; $x_2 = (r^{0,105}) = 0,73$; $r = 0,030 \text{ кг/кг с}$; $x_3 = \rho^{0,58} = 60$, $\rho = 1150 \text{ кг/м}^3$.

Список литературы

1. Кокиева, Г.Е. Система автоматизации регулирования работоспособности оборудования (аппарат для культивирования микроорганизмов): монография / Г.Е. Кокиева, И.Б. Шагдыров, Ю.А. Шапошников – Барнаул, 2016. – 116 с.
2. Кокиева, Г.Е. Эксплуатация ферментатора в сельском хозяйстве: монография / Г.Е. Кокиева-Барнаул, 2016. – 120 с.

05.13.00

Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
Санкт-Петербург, kgv.94@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ЗАЩИТЫ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-118-120

В статье сделан акцент на проблеме определения информационной ценности и критериев, используемых для оценки информации. Целью статьи является описание возможностей оценки значений деловой информации и критериев, необходимых для определения ценности информации.

Ключевые слова: *информационная ценность, оценка риска безопасности.*

Введение. Ценность информации

Влияние информации, знаний и данных обычно идентифицируется с финансовыми величинами, но это лишь одна из форм влияния, которые она оказывает на систему. Формы информации, которые могут быть капитализированы на рынке (патенты, проекты и т. д.), могут иметь прямую финансовую ценность. Ценность этих форм информации может быть количественно выражена, как доля возможной капитализации на рынке. Вместе с количественным значением информация может иметь другие значения, которые не могут быть выражены в финансовых терминах [1]. По мнению Дж. Талберта и Б. Бернстее, ценность информации может быть определена, если учитывать использование и возможности для продажи информации. Ценность информации увеличивается с ее использованием и снижаются, если она устаревает, неточна, недоступна или перегружена [2]. Взгляды разных авторов на ценность информационного ресурса представлены в трудах М. Коэмци «Ценность и управление информацией на современных предприятиях». Так, согласно Ходжу и другим, информационный ресурс только тогда полезен для экономической системы, когда существует ценность его применения для процесса текущей деятельности внутри данной системы [3], то есть уровень полезности информационного ресурса определяет его ценность. По Р.Л. Стратоновичу, ценность информационного ресурса определяется как максимальная польза, которую определенное количество сведений способно принести в уменьшение средних потерь [4].

Разработка методики выявления информационной ценности

При внедрении определенного типа метрики и выражения информационной ценности при оценке риска в деловой практике существует несколько проблем. Две из них особенно подчеркнуты. Первая касается ограничений конкретного показателя, содержащегося в реальных методах оценки рисков. Количественная оценка редко возможна, и она действительна в основном для лицензий, контрактов или патентов. Вторая проблема касается тенденций, так называемых заинтересованных сторон (лиц, которые придают особое значение активам или, используя свою ценность), в конкретную форму оценки. Именно по этой причине представляется целесообразным провести экспериментальную оценку, целью которой является изучение тенденций оценщика до начала «реальной» оценки. При такой оценке необходимо выделить несколько типичных нематериальных активов с четкой стоимостью и, по крайней мере одно значение, которое более сложно оценить. Предварительная оценка проводится индивидуально, и в этом случае оценщики используют все предлагаемые показатели для оценки риска из выборки. Для оценки, была сформирована новая метрика, основанная на вопроснике по 5 × 5 вопросам (таблица 1) с учетом различных аспектов информационной ценности.

Таблица 1. Анкета для оценки информационной ценности

Условия	Вопросы	Результаты
Потеря	Что произойдет, если мы потеряем эту информацию	
	Ничего особенного	0
	Некоторые несущественные процессы задержатся	1
	Информация важна, но заменима	2
	Потеря информации повлечет непредвиденные расходы	3
	Потеря повлечет серьезные остановки в производстве	4
Восстановление или замена	Цена восстановления информации или покупка новой	
	Затраты несущественны	0
	Затраты существенны, но без этого не обойтись	1
	Появляются более высокие затраты	2
	Стоимость вряд ли допустима	3
	Чересчур высокие затраты	4
Ценность в масштабах рынка	Что происходит, если у конкурентов есть такая же информация	
	Ничего	0
	У конкурентов будет только несущественная	1
	У конкурентов будет представление о наших бизнес-процессах	2
	Конкуренты могут навредить нашему предприятию	3
	Конкуренты получают весомое преимущество	4
Законодательство	Есть ли обязательства перед законом в хранении информации и последствия в случае потери	
	Обязательств перед законом нет	0
	Необходимо хранить информацию непродолжительное время	1
	Организация обязана хранить информацию, но без последствий	2
	Хранение информации обязательно, и существуют санкции	3
	Хранение информации обязательно, а санкции серьезные	4
Время	Уменьшается ли ценность информации со временем	
	Очень быстро	0
	Быстро	1
	Через 1 год	2
	Через несколько лет	3
	Не уменьшается вовсе	4

После индивидуальной оценки проводится анализ результатов в группе со всеми участниками команды. После опроса всех участников оценки, мы пытаемся определить тенденции и пригодность конкретной оценочной формы самих экспертов, а также в отношении к преобладающим категориям информационных ресурсов, которые являются объектом оценки в конкретной среде. Учитывая тот факт, что можно реализовать максимум 4 балла (по одному вопросу), то диапазон значений будет от 0 до 20. Данная численная сумма представляет собой уровень, согласно которому мы должны принимать ответные меры безопасности или инвестиции. В таблице 2 показан способ, как справиться с такими расчетными суммами. Следует также подчеркнуть, что такое решение было получено по небольшой выборке респондентов. Что затрудняет в таких исследованиях деловую чувствительность, а также мотивацию оценщиков. Использование предлагаемой модели было бы более достоверным и в последующий период времени.

Таблица 2. Рекомендации по безопасности, основанные на анкете

Уровень ценности	Значение
0-6	Для внутреннего использования - информация имеет значение для определенных отделов и не представляет реальной картины стоимости самого процесса. Должны быть установлены меры защиты, но сами сотрудники несут ответственность за это, действия угроз не имеют важных последствий.
7-13	Важная личная информация - информация, от которой зависит определенный процесс, но для основных бизнес-процессов риска нет. Уровень защиты должен устранить крупные угрозы как технические, так и программные.
14-20	Важная конфиденциальная информация - информация очень важна, поэтому организации она необходима постоянно Необходимо установить уровни защиты, которые смогут аннулировать любые угрозы, которые могут привести к потере информации в период дольше, чем в один день.

Выводы

В этой статье мы сделали акцент на проблеме определения информационной ценности и критериев, используемых для оценки информации. Оценка информационной ценности решается путем пересмотра роли информации в бизнесе. Для более качественной оценки крайне важно определить критерии, которые реалистично описывают процессы на предприятии, в которых учитывается оцениваемая информация. Концепция оценки информации определяется двумя компонентами:

1. Размеры информационного значения или критериев, которые описывают информационную ценность;
2. Глубина раскрытия этих критериев будет важна для структуры информационной ценности в целом.

Во время процесса оценки информации мы должны определить объем влияния, которое информация будет оказывать на результаты бизнеса. Это в основном зависит от конкретного получателя или его способностей, поэтому информация обычно субъективно исследуется и оценивается. Для достижения объективности в оценке процесс должен выполняться в несколько этапов:

1. Структурирование проблемы оценивания информации с использованием трех основных измерений стоимости;
2. Определение степени важности конкретных измерений информационной ценности;
3. Акты оценок, которые включают определенную методику для приведения мнений и показателей оценивания.

Представленный анализ аспектов ценности информации, новых идей и опыта представляет собой вклад в дальнейшие усилия по обеспечению безопасности информационных систем, для которых их нематериальный компонент особенно важен.

Список литературы

1. *Ажмухамедов И.М.* « Оценка экономической эффективности мер по обеспечению информационной безопасности» / Ажмухамедов И.М. - 2012 –5-6 с.
2. *Талберт Дж., Бернстей Б.* Программы многократного использования становятся реальностью. М., 1995 №18
3. *Козмци М., Теодоракиоглу И., Хаджидимитриу Я.* Ценность и управление информацией на современных предприятиях под. ред. проф. В.Н. Эйтингона. Воронеж, 2001. 224 с.
4. *Стратонович Р.Л.* Теория информации. М., 1975. 424 с.
5. *Войтик А.И.* «Экономика информационной безопасности»: учеб. Пособие / Войтик А.И. -2012-102 с.

05.13.00

Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
Санкт-Петербург, veselch@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ WI-FI

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-121-124

В настоящей работе рассмотрены механизмы безопасности беспроводных сетей Wi-Fi, проведен анализ актуальных угроз безопасности информации в таких сетях, а также представлены результаты разработки программно-аппаратного комплекса для проведения анализа безопасности беспроводных сетей Wi-Fi.

Ключевые слова: *анализ защищенности беспроводных сетей, угрозы безопасности в сетях Wi-Fi.*

Введение

Технология беспроводной связи стандарта IEEE 802.11 имеет широкое распространение во всём мире. Однако не менее распространены и методики взлома беспроводных сетей. Любой желающий, может найти в интернете информацию об уязвимостях технологии Wi-Fi, специальные программы для тестирования на проникновение и пошаговые инструкции к ним. Исходя из этого, очень важно правильно настраивать сетевые устройства стандарта Wi-Fi, и, для проверки стойкости защиты возникает необходимость проведения анализа защищенности беспроводной сети.

Анализ угроз безопасности информации, передаваемой по беспроводным сетям

Существует несколько протоколов защиты сети Wi-Fi: WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA, WPA2 (Wi-Fi Protected Access).

Протокол WEP в 1997 году был одобрен институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE). В основу данного механизма заложен поточный шифр RC4, он был выбран, благодаря высокой скорости работы, а также возможности использования ключа переменной длины. Контрольные суммы считаются с помощью алгоритма CRC32.

Серьёзные и неразрешимые проблемы в протоколе WEP стандарта IEEE 802.11 выявили криптоаналитики Скотт Флурер (Scott Fluhrer), Ицик Мантин (Itsik Mantin) и Ади Шамир (Adi Shamir). В опубликованной ими статье было показано, что ключ WEP может быть получен с помощью пассивного накопления отдельных кадров, распространяющихся в беспроводной сети.

В 2004 году IEEE одобрил новые механизмы, получившие наименования WPA и WPA2. WEP с тех пор считается устаревшим, однако до недавнего времени можно было обнаружить достаточно большое количество точек доступа с этим протоколом.

Ранние версии нового протокола WPA являлись усовершенствованным WEP. Одной из первых модификаций была WPA-ТКИР (протокол целостности временного ключа). В ней стал использоваться метод подсчета контрольной суммы MIC (Message Integrity Check), пришедший на замену менее надёжного и устаревшего CRC32. Главным отличием от протокола WEP стала увеличенная длина ключа, она составила 128 бит, вместо прежних 40 бит [1][2].

Также в WPA стали полностью поддерживаться стандарты 802.1x для проверки подлинности. Аутентификация пользователей в стандарте 802.1x выполняется по протоколу EAP (Расширяемый протокол аутентификации).

В 2008 году защита ТКИР была частично взломана. В связи с этим был разработан протокол WPA2, являющийся по сути усовершенствованным WPA.

В новом протоколе WPA2, пришедшем на смену WPA, существенным отличием стало шифрование трафика от клиентов этой же сети. В WPA трафик шифровался только от клиентов, не подключенных к сети. Таким образом, каждое устройство в сети имеет свои ключи шифрования, с помощью которых оно обменивается данными с точкой доступа [3][4].

Протоколы WPA и WPA2 Pre-Shared Key уязвимы к атакам по словарю или к атакам полным перебором (метод грубой силы). Для проведения этой атаки требуется получить «четырёхстороннее рукопожатие» (4-way WPA handshake), передающееся между клиентом и точкой доступа и словарь, по которому будет проходить перебор.

Основными типами атак на Wi-Fi сети являются: отказ в обслуживании (DoS), ложная точка доступа (Fake AP) и «Человек посередине» (MiTM).

Полностью парализовать беспроводную сеть может атака типа DoS (отказ в обслуживании). Цель этой атаки – создать помехи при доступе клиента к сетевым ресурсам. Беспроводные сети наиболее восприимчивы к атакам подобного типа. Также DoS-атаки являются частью атак типа «Ложная точка доступа» и «Man in The Middle», где при глушении сигнала легитимной точки доступа клиент переключается на точку доступа злоумышленника, после чего весь клиентский трафик проходит через устройство злоумышленника.

Практически все современные устройства запоминают названия сетей Wi-Fi, к которым они хотя бы раз подключались, и, при обнаружении сети с таким именем, сразу же подключаются к ней. При автоматическом подключении к известным сетям, пользователь может оказаться жертвой атаки MiTM (человек посередине). Злоумышленник может создать точку доступа, которая является доверенной для пользователя. После автоматического подключения клиента к этой точке, атакующий сможет перехватывать весь трафик клиента, а также атаковать другие устройства, находящиеся в одном сегменте сети с клиентом. Обычно атака типа «Ложная точка доступа» является составной частью атаки MiTM.

Самые распространенные атаки типа «Человек посередине» включают в себя атаки «Ложная точка доступа» и «Отказ в обслуживании». В таком случае при попытке совершить какие-то действия с коммерческими сайтами, финансовыми и банковскими ресурсами, злоумышленник перехватывает эту информацию, после чего может использовать её по своему усмотрению [5][6].

Был проведен сбор и анализ статистики по использованию протоколов безопасности, используемых в некоторых точках доступа в Санкт-Петербурге. Всего собрана информация с 1239 точек (рис. 1).

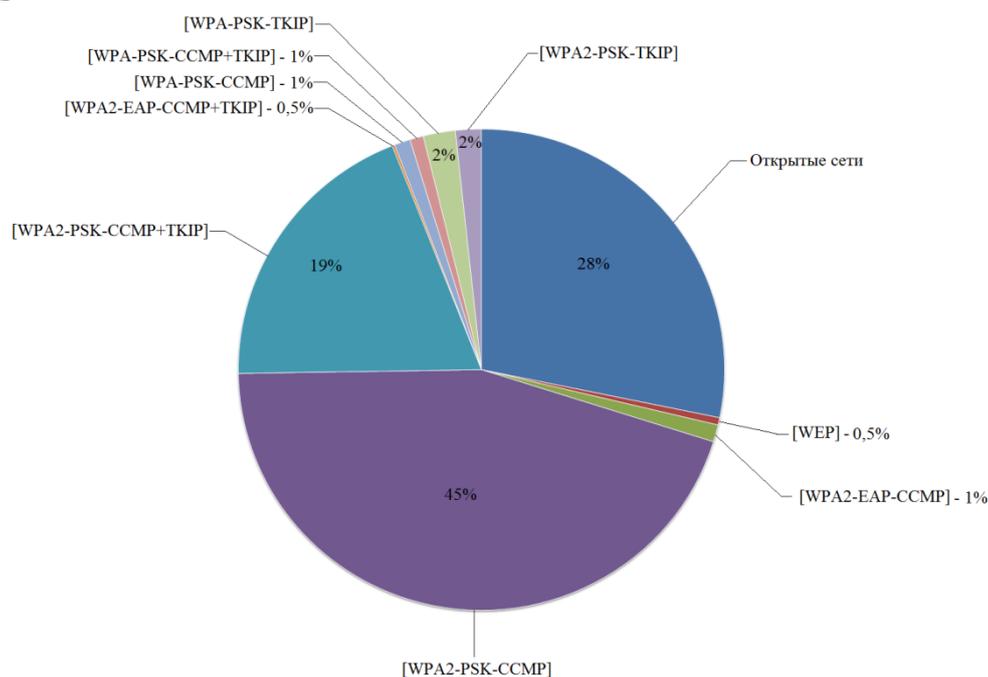


Рисунок 1 – Статистика использования протоколов защиты точек доступа Wi-Fi

Из приведенной статистики можно сделать вывод, что только на 1,5% точек доступа были установлены самые надежные механизмы защиты на данный момент – WPA2-EAP-CCMP и WPA2-EAP-CCMP+TKIP.

Разработка сценариев для проведения аудита беспроводных сетей

В качестве аппаратной платформы был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi Model B+ в связке с Wi-Fi адаптером TP-LINK TL-WN7200ND.

Для аудита беспроводных сетей Wi-Fi, были использованы три утилиты, входящие в состав пакета программ aircrack: airmo-ng, airodump-ng и aireplay-ng, и одну стороннюю программу для тестирования уязвимости в протоколе WPS – reaver. Для автоматического запуска этих программ при старте системы были написаны сценарии, установленные впоследствии в автозагрузку. Первый сценарий (reaver.sh) – перевод сетевой карты в режим мониторинга и запуск тестирования уязвимости в протоколе WPS. Второй сценарий (wep.sh) – запуск тестирования уязвимости в протоколе WEP, третий сценарий – запуск тестирования уязвимости в протоколах WPA/WPA2 (wpa.sh), и четвертый сценарий (aireplay.sh) – запуск вспомогательной программы для тестирования уязвимостей в протоколах WEP, WPA, WPA2. На рисунке 2 представлена схема работы программной части комплекса.

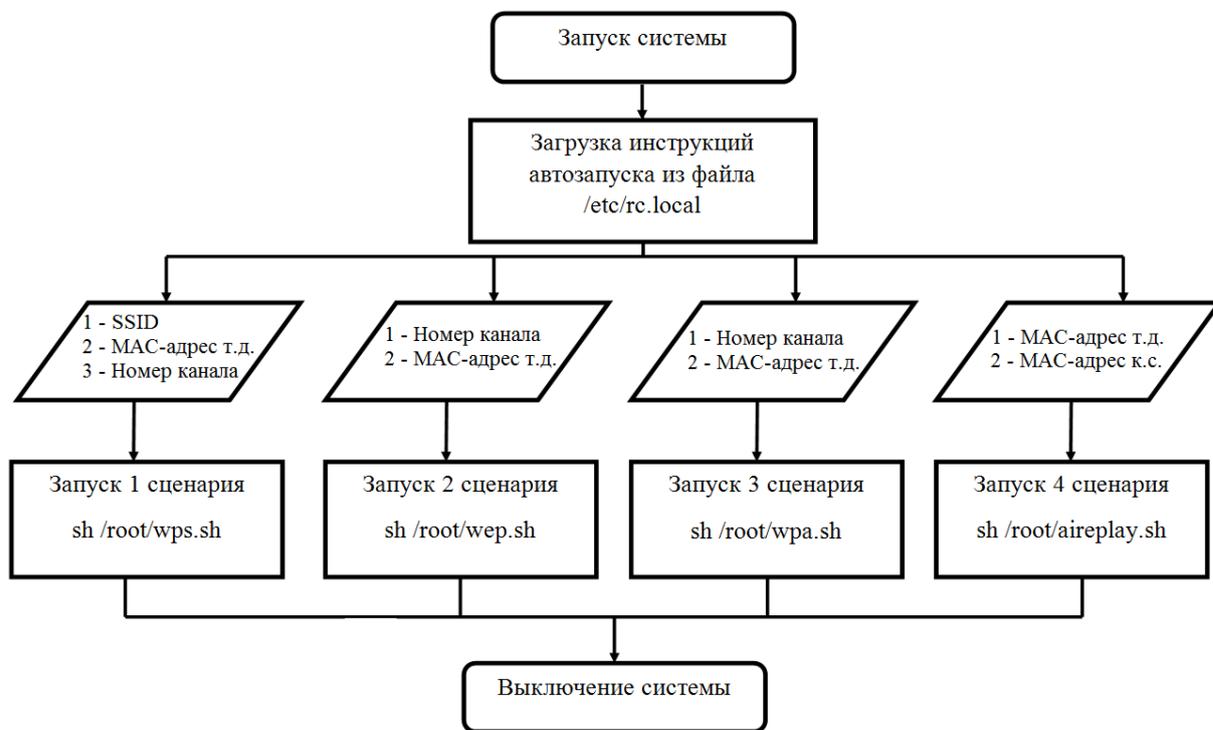


Рисунок 2 – Схема работы программной части ПАК

Заключение

В настоящей работе были решены следующие задачи:

- рассмотрены механизмы защиты сетей Wi-Fi;
- проведен анализ угроз безопасности информации в беспроводных сетях;
- собрана и проанализирована статистика использования механизмов защиты точек доступа;
- разработан сценарий для проведения аудита беспроводных сетей Wi-Fi;
- собран программно-аппаратный комплекс.

Список литературы

1. *Росс, Д.* Wi-Fi. Беспроводная сеть [Текст] Д. Росс. – Москва: НТ Пресс, 2007. – 141 с.
2. *Белорусов Д.И.,* WiFi-сети и угрозы информационной безопасности [Текст] / Д.И. Белорусов, М.С. Корешков. - Москва: Специальная техника, 2009 г. – 2.
3. *Колисниченко, Д.Н.* Анонимность и безопасность в Интернете. От "чайника" к пользователю [Текст] / Д.Н. Колисниченко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2012. –146с.
4. *Гепко И.А.,* Современные беспроводные сети. Состояние и перспективы развития [Текст] / И.А. Гепко, В.Ф. Олейник, Ю.Д. Чайка, А.В. Бондаренко. – Киев: ЕКМО, 2009. – 672 с.
5. *Борисов В.И.,* Спектр уязвимостей беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 [Текст] / В.И. Борисов, В.Б. Щербаков, С.А. Ермаков // Информация и безопасность. – 2008. – № 3. С. 431-434.
6. Взлом Wi-Fi сети WPA/WPA2 – перехват handshake – часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cryptoworld.su>. – Cryptoworld практическая безопасность. – (Дата обращения: 15.03.2018).

05.13.00

**В.Н. Костин канд. техн. наук, Н.А. Соловьев д-р. техн. наук,
Н.А. Тишина канд. техн. наук**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем
Оренбург, povtas@mail.osu.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-125-128

Рассмотрен один из этапов проектирования систем физической защиты (СФЗ) объектов информатизации: обоснование требований к эффективности. Для определения требований к эффективности СФЗ построена имитационная модель. Предложена методика декомпозиции общего показателя эффективности СФЗ на частные показатели эффективности подсистем. Декомпозиция реализована на основе решения задачи нелинейного программирования с учетом минимизации затрат на построение подсистем СФЗ.

Ключевые слова: системы физической защиты, критерий эффективности, декомпозиция, частные показатели.

Введение

Система физической защиты (СФЗ) объектов информатизации (ОИ) является сложной человеко-машинной системой, функционирующей в условиях неопределенности и конфликта. Одной из проблем построения СФЗ является обоснование требуемой эффективности [1]. Специалисты безопасности потенциально опасных объектов (предприятий) выделяют СФЗ как одно из условий, требующих особого внимания к их эффективности в связи ростом террористической опасности.

1 Состояние проблемы оценки эффективности СФЗ

Проблемам оценки эффективности СФЗ посвящены работы Боровского А.С., Бояринцева А.В., Грибунина В.Г., Чудовского В.В. и зарубежных исследователей Garcia L. Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод, что в настоящее время сложилась система методов, моделей и средств построения СФЗ, позволяющая решать широкий спектр задач проектирования, включая обоснование требований.

Задача обоснования требований к СФЗ решается, как правило, экспертным путем [2], что вносит в указанную процедуру элемент субъективности. В [3] данная задача рассматривается в рамках модернизации существующей СФЗ с использованием методов оптимизации. В [4] задача определения показателей эффективности СФЗ решается на концептуальном уровне методом моделирования для определения зависимости ущерба (риска) ОИ от стоимости собственно СФЗ, имеющей экстремум, вычисляемый на основе градиентного спуска в минимум функции риска. Экстремальная точка определяется из равновесия величины потерь $C_{ном}$ от успешного воздействия террористических угроз и затрат на обеспечение объекта защиты $C_{сфз}$ в течение заданного периода времени по зависимости вида:

$$C_{ном}(1 - P_{э}) = C_{сфз}P_{э}, \quad (1)$$

где: $P_{э}$ – вероятность выполнения СФЗ функционального назначения

Однако, зависимость (1) не учитывает интенсивность появления террористических угроз λ_1 . Кроме того, СФЗ ОИ состоит из подсистем, эффективность которых определяет требуемую эффективность всей СФЗ.

2 Постановка задачи

К основным функциям СФЗ (см. рис. 1) относятся [5]: обнаружение (обнаружение вторжения); задержка (замедление продвижения нарушителей); действия сил охраны

(пресечение противоправного действия). Эффективность подсистемы обнаружения определяется вероятностью обнаружения нарушителя P_0 , а эффективность подсистем задержки, реагирования и нейтрализации нарушителя определяется вероятностью своевременного прибытия группы для нейтрализации $P_{св}$.

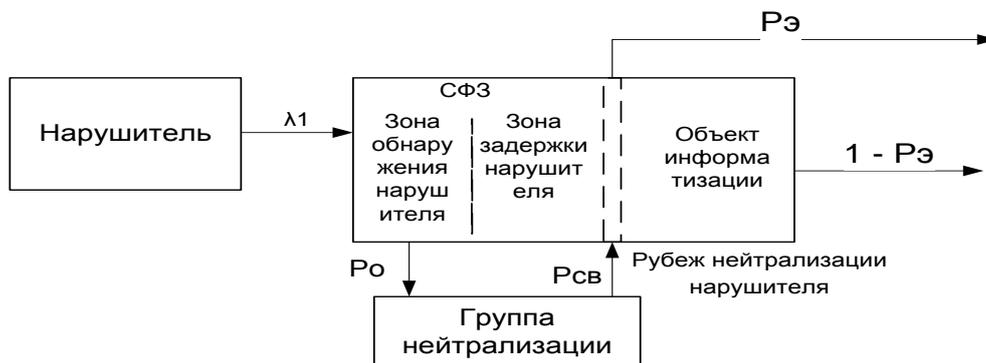


Рис. 1 – Модель функционирования СФЗ

Используя критерий эффективности всей СФЗ, необходимо определить наилучший вариант выбора частных показателей P_0 и $P_{св}$, обеспечивающий заданный уровень эффективности СФЗ при минимальной стоимости затрат на обеспечение безопасности ОИ, т.е. решить задачу декомпозиции общего показателя на частные.

2 Формализация задачи

Используя критерий «эффективность/стоимость» целевую функцию, отражающую минимизацию затрат на СФЗ при обеспечении необходимой эффективности, можно записать в виде

$$P_0 / B_1 + P_{св} / B_2 \rightarrow \max, \quad (2)$$

где: B_1 – стоимость подсистемы обнаружения;

B_2 – стоимость подсистем задержки и нейтрализации нарушителя.

Ограничением выступает обеспечение подсистемами необходимой эффективности всей СФЗ:

$$P_0 * P_{св} = P_э, \quad 0 \leq P_0 \leq 1, \dots 0 \leq P_{св} \leq 1 \quad (3)$$

После преобразований целевая функция (2) примет вид:

$$(B_1 * P_{св} + B_2 * P_0) / P_0 * P_{св} \rightarrow \min \quad (4)$$

Знаменатель (4) представляет собой величину заданной эффективности $P_э$. Отсюда, для минимизации дроби необходимо минимизировать числитель, имеющий линейную форму (достоинство преобразований). Тогда целевая функция (4) примет вид (особенность постановки задачи):

$$(B_1 * P_{св} + B_2 * P_0) \rightarrow \min, \quad \text{при ограничениях (3).}$$

Геометрическая интерпретация задачи представлена на рисунке 2.

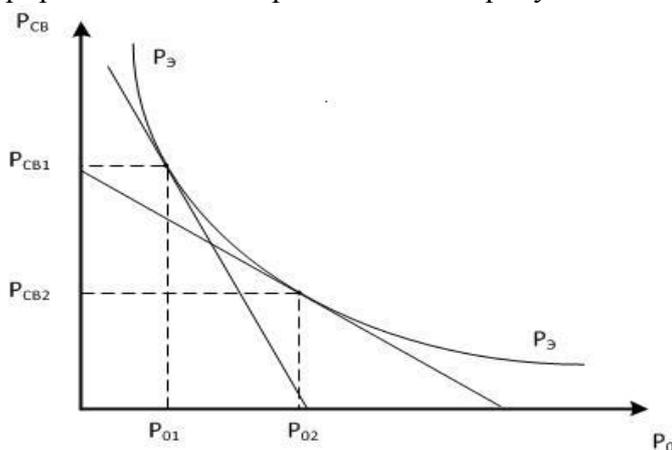


Рис. 2 - Геометрическое представление задачи

Таким образом, необходимо минимизировать стоимость затрат на СФЗ (линейная функция) при обеспечении необходимого значения $Pэ$, как произведение частных показателей P_o и $P_{св}$ (гипербола).

3 Методика решение задачи

Для решения задачи используется имитационная модель [4], включающая объект защиты, СФЗ и систему типовых нарушителей.

Предусловие: проведено категорирование объекта охраны (определена величина потерь) и определен типовой базовый нарушитель для объекта с интенсивностью его появления λ_I .

Условия моделирования:

- в зависимости от моделируемой ситуации расходы на СФЗ могут составлять от 5% до 15% стоимости ОИ C ;
- стоимость СФЗ связана линейно с ее эффективностью. Стоимость СФЗ увеличивается на 1% от стоимости ОИ при увеличении эффективности СФЗ $Pэ$ на 0.04;
- ущерб от угрозы составляет 35% от стоимости ОИ C . Стоимость ОИ $C = 100\ 000$ тыс. руб.
- интенсивности появления нарушителя $\lambda_I = 0.6$ попытки в год.

Для оценки эффективности СФЗ ($Pэ$) процесс функционирования моделировался 1000 раз. Адекватность модели проверялась в точке равновесия модели $Pэ = 0.5$, получено 489 реализаций успешных угроз и 511 не успешных, т.е. результат не противоречит физической сущности функционирования СФЗ. В результате моделирования получена точка равновесия функции риска при величине эффективности СФЗ $Pэ = 0,81$.

Для определения требований к подсистемам СФЗ (декомпозиции общего показателя на частные) решена задача нелинейного программирования методом неопределенных множителей Лагранжа вида:

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^m \lambda_i [b_i - q_i(x_1, x_2, \dots, x_n)],$$

- где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ - неопределенные множители Лагранжа;
- $b_i - q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ - ограничение в каноническом виде;
- $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - целевая функция.

Для решения этой задачи использован пакет MathCad:

Целевая функция

$$Z(b1, b2, P0, P_{св}) := b2 \cdot P0 + b1 \cdot P_{св}$$

Функция Лагранжа

$$L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) := b2 \cdot P0 + b1 \cdot P_{св} + \lambda1 \cdot (P0 \cdot P_{св} - C) + \lambda2 \cdot (P0 + u1^2 - 1) + \lambda3 \cdot (P_{св} + u2^2 - 1)$$

Given

$$\frac{d}{dP0} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{dP_{св}} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{d\lambda1} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{d\lambda2} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{d\lambda3} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{d\lambda4} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{du1} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$\frac{d}{du2} L(b1, b2, C, P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2) = 0$$

$$REZ(b1, b2, C) := \text{Find}(P0, P_{св}, \lambda1, \lambda2, \lambda3, u1, u2)$$

$$\text{REZ}(b_1, b_2, C) \stackrel{(9)T}{\text{simplify}} \rightarrow \left(\frac{b_1 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot b_2}{b_1}}}{b_2} \quad \sqrt{\frac{C \cdot b_2}{b_1}} \quad \frac{b_1 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot b_2}{b_1}}}{C} \quad 0 \quad 0 \quad \sqrt{1 - \frac{b_1 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot b_2}{b_1}}}{b_2}} \quad \sqrt{1 - \sqrt{\frac{C}{b_1} \cdot b_2}} \right)$$

Если задать расходы B_1 , B_2 и требуемую величина $P_э$ можно получить требования к подсистемам СФЗ P_0 и $P_{св}$.

Функция Лагранжа

$$L(b_1, b_2, P_0, P_{св}) := b_2 \cdot P_0 + b_1 \cdot P_{св}$$

Given

$$P_0 \cdot P_{св} = 0.81$$

$$P_0 \leq 1 \quad P_{св} \leq 1$$

$$\text{REZ}(b_1, b_2) := \text{Minimize}(L, P_0, P_{св})$$

$$\text{REZ}(5.5, 4.5) = \begin{pmatrix} 0.987 \\ 0.821 \end{pmatrix} \quad \text{REZ}(4, 6) = \begin{pmatrix} 0.81 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{REZ}(6.5, 3.5) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.81 \end{pmatrix}$$

Таким образом, величины частных показателей эффективности подсистем P_0 и $P_{св}$ при одинаковых затратах составляют 0,9. Полученные показатели используются для последующего проектирования инженерно технических средств обнаружения, задержки и нейтрализации нарушителей.

Заключение

Предложена методика обоснования требований к эффективности СФЗ и её компонентов – средств обнаружения, задержки и нейтрализации. Декомпозиция общего показателя эффективности СФЗ на показатели эффективности компонент системы решена на основе реализации задачи нелинейного программирования путем использования целевой функции в линейной форме и ограничений, заданных нелинейной функцией эффективности СФЗ.

Список литературы

1. *Боровский, А.С.* Автоматизированное проектирование и оценка систем физической защиты потенциально-опасных (структурно-сложных) объектов. Часть 1 – Системный анализ проблемы проектирования и оценки систем физической защиты: монография / А.С. Боровский, А.Д. Тарасов – Самара: СамГУПС. 2012. – 155 с., ил.
2. *Бояринцев, А.В.* Проблемы антитероризма: Категорирование и анализ уязвимости объектов / А.В. Бояринцев, А.Н. Бражник, А.Г. Зуев – СПб.: ЗАО «НПП «ИСТА-Системс», 2006. – 252 с.
3. *Леус, А.* Порядок проведения оптимизации структуры интегрированного комплекса системы физической защиты на основе выбора наиболее эффективных альтернативных вариантов / С. Корчагин, А. Леус, А. Филимонов, Г. Шанаев // Безопасность, достоверность, информация. № 3 (89) август – сентябрь 2010. – С. 6-9.
4. *Костин, В.Н.* Методика формирования требований к системе физической защиты на основе концептуальной имитационной модели. / В.Н. Костин, С.Н. Шевченко // Инфокоммуникационные технологии – 2013. - №2 – С. 91-98. ISSN 2073-3909
5. *Грибунин, В.Г.* Комплексная система защиты информации на предприятии / В.Г. Грибунин, В.В. Чудовский – М.: Изд. центр «Академия», 2009. – 416 с.
6. *Гарсиа М.* Проектирование и оценка систем физической защиты. Пер. с англ. - М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. – 386.

05.13.19

Е.М. Куралесова, С.С. Павлов, М.О. Фофанов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, факультет безопасных информационных технологий, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем, Санкт-Петербург, sp1311@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-129-131

В данной статье рассмотрены правильность и целесообразность проектирования информационных систем, гарантирующая получение высококачественной информации. Показан принцип интеграции нечетких множеств для обеспечения характеристик континуума качества информации, поскольку оно сильно контекстуально и зависит от пользователя.

Ключевые слова: *информационная безопасность, нечеткая логика, оценка качества информации.*

Сложность современных вычислительных систем, связанных с огромным количеством взаимодействий между субкомпонентами, требует разработки среды с более высокими требованиями к надежности. Таким образом, такие системы требуют более тщательного проектирования для обеспечения правильной функциональности и надежности. Однако степень формальной строгости, применяемой при разработке большинства систем, сильно различается. Эта ситуация напрямую влияет на качество информации, которую генерируют информационные системы. Способность предприятий использовать и управлять информацией стала критическим фактором успеха в большинстве случаев.

Необходимо четко различать термины: данные, информация и информационная система. Данные представляют собой необъяснимые факты об организации и ее деловых операциях. Информация - это данные, которые были уточнены и организованы путем обработки и целенаправленной фильтрации, в то время как информационная система преобразует данные в полезную информацию. Таким образом, информация представляет собой ресурс, созданный из данных, чтобы служить потребностям бизнеса в принятии решений.

При анализе особое внимание уделяется формальным методам проектирования, языковым примитивам, и их роли в производстве безопасного и надежного программного обеспечения, удовлетворяющего требованиям к качеству информации. Сочетание практического применения с основными особенностями формальной методологии разработки программного обеспечения осуществляет комплексный подход к характеристике качества информации. Любая компания заинтересована в правильном развитии надежных и качественных систем генерации информации для своих производственных, сборочных или сервисных нужд.

Качество информации может интерпретироваться по-разному людьми с различными целями. Поскольку данные служат основой для информации, уместно, чтобы сами данные также отвечали четко определенным требованиям к качеству. Чтобы понять парадигму качества информации, мы должны надлежащим образом оценить и принять правильные требования к данным для получения высококачественной информации для пользователей. Целью исследований, в частности, состоит в том, чтобы изложить методологии, повышающие качество информации.

Задачей большинства организаций является развертывание систем, которые позволяют руководству принимать решения (оперативные, стратегические и тактические) на основе корпоративных данных и интуитивно, быстро и гибко манипулировать ими. Часто эти системы должны поддерживать сложные аналитические требования лиц, принимающих решения, допускать различные перспективы, многомерный анализ данных и использовать комплексный анализ с большим набором входных данных.

Информация играет разные роли и имеет разные значения для руководителей на разных уровнях. Получение правильной информации в правильном формате в правильное время важно для быстрого и качественного принятия решения. Информация имеет большое значение для руководителей при увеличении числа возможных альтернатив для действий, уменьшении рисков, связанных с выбором курса действий и в следствии повышение доверия к выбранной альтернативе.

Поскольку информационная перегрузка и «шум» являются обычным явлением для большинства распределенных систем, тщательный контроль должен происходить во время разработки. Разработчик системы должен заранее определить цель системы, чтобы предоставить пользователям качественную информацию и избежать каких-либо нежелательных последствий.

Качество данных частично зависит от семантической корректности определений модели данных. Поскольку информационная система является пользовательской моделью бизнес-деятельности организации, то разработчик систем должен быть полностью осведомлен и знаком с моделью пользователя. Таким образом, они должны построить модель данных, которая идентифицирует объекты, хранящихся в базе данных, определяет их структуру и отношения между ними.

Используя модель сущность-отношение, либо модель семантического объекта, разработчик систем, безусловно, может обеспечить основу для всей последующей работы по разработке баз данных и их приложений. Эти две модели обеспечивают формальную структуру для построения структуры данных.

Модель данных должна позволять захватить ранее сформулированные параметры качества ключевых данных и подкрепляться средствами проектирования и разработки, которые повышают целостность и качество информации.

В ходе исследования было определено $O = F_T(D)$, где O - это генерируемый результат (информация), F_T - блок преобразования, а D - данные, подлежащие обработке. Таким образом, качество O зависит от качества D и F_T . Кроме того, можно с уверенностью утверждать, что качество O зависит от качества F_T , поскольку F_T в большинстве случаев определяет приемлемые наборы данных с помощью процедур ввода, редактирования и проверки. Неточные и неполные данные обнаруживаются и отклоняются раньше, чем они распространяются по системе. Чтобы получить информацию о качестве, достаточно создать трансформаторную единицу F_T , которая соответствует критериям приемлемости качества, определенным для приложения или системы. Таким образом, процесс разработки системы является отправной точкой для включения параметров качества. Гарантируется, что только формальный метод систематического развития, основанный на официальной методологии, обеспечит / удовлетворит это требование.

Однако уровень каждого параметра напрямую влияет на качество информации. Следовательно, качество информации является континуумом с информацией высокого или низкого качества в противоположных крайностях спектра качества. В спектре качества информации есть бесконечное количество точек качества информации, которые для целей принятия решений могут быть адекватно смоделированы с использованием нечетких множеств и логики. Таким образом, мы имеем следующие качественно-лингвистические характеристики: низкий, средний, высокий, низкий-средний, средний-высокий и т. д.

Проектировщик должен работать над тем, чтобы зафиксировать в этих ключевых областях необходимые параметры. Эти области должны служить основой для разработчиков при анализе или оценке системы и продолжать фокусироваться на них на протяжении всего жизненного цикла процесса разработки систем.

Характеризуя спектр качества информации, мы используем нечеткие множества для определения областей необходимых для соотнесения сходств между компонентами и доверительных мер при оценке параметров. Значение мер 0 означает, что параметр вообще не важен для решения проблемы, в то время как значение 1 означает, что параметр является наиболее важным. Все промежуточные значения в интервале от 0 до 1 можно использовать для определения того, насколько параметр имеет отношение к информации [1].

Нечеткая логика - это методология выражения операционных законов системы в лингвистических терминах вместо математических уравнений. Лингвистические термины нечеткой логики дают возможность определения качественных характеристик информации [2]. Во время анализа извлекаемые информационные значения обрабатываются, чтобы предоставить больше информации о уровне различных параметров, тем самым разрешая любые возможные выразительные недостатки исходных наборов данных. Далее связывается с каждым параметром нечеткую меру его релевантности для решения проблемы. Таким образом, нечеткость обеспечивает большую гибкость в классификации качества информации.

Невозможно переоценить ценность качественной информации при принятии решений. Поскольку для принятия рисков требуется качественная информация, на которой основываются обоснованные решения, что повышает доверие пользователя к альтернативам и их последствиям, первостепенное значение имеет то, что информационные системы должны быть спроектированы для создания только качественной информации. Это исследование вносит свой вклад в этом отношении.

Список литературы

1. Mansiya K. et al. The Methodology of Expert Systems //International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS). – 2014. – Т. 14. – №. 2. – С. 62.
2. Siler W., Buckley J.J. Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning. – John Wiley & Sons, 2005.

05.13.05

А.В. Кухарчук, П.М. Спешилов

ФГБОУ ВО «Пермский Национально Исследовательский Политехнический Университет»,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, kuharchuk@msa.pstu.ac.ru

К ВОПРОСУ О ПОМЕХАХ В ТОКОВЫХ ЦЕПЯХ ЗАЩИТ МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-132-135

На основании анализа аварийного события на подстанции 220/35/10 кВ определена причина действия защит. Выполнен обзор современной практики обеспечения электромагнитной совместимости в цепях релейной защиты. Предложен модифицированная логика работы максимальных токовых защит мгновенного действия позволяющий избежать ложной работы при некоторых возмущениях в токовых цепях вызванных помехами.

Ключевые слова: *помехи в токовых цепях, анализ аварийных событий, логика действия релейной защиты, токовые защиты мгновенного действия.*

Устройства релейной защиты и автоматики являются основой надежной работы электроустановок, но только правильно настроенная защита может считаться релейной защитой электроустановки. В преддверии Дня Энергетика на подстанции 220/35/10 кВ (ОРУ с двумя рабочими и обходной системой шин: 13Н) произошел инцидент вызвавший отключение силового трансформатора 220/35 кВ. Ряд наложенных причин привели к полной остановке технологического процесса на предприятии.

Для проведения анализа события рассмотрим две осциллограммы. Осциллограмма отключения силового трансформатора ПС 220/35/10 кВ по действию терминала резервных защит REF 630 (время события: 23:27:54) представлена на рисунке 1. Уставка ТЗНП1 (быстродействующая ступень токовой защиты нулевой последовательности): $I_{с.з.}=1300$ А; $t_{с.з.}=0,005$ с. Привязка пуска ТЗНП2 к дискретному сигналу с идентификатором «Q92 OPEN» выполнена ошибочно и на начальной стадии определения причин аварийного события отняла время на поиски неисправностей в коммутационном оборудовании ОРУ 220 кВ.

Через 9 минут после отключения трансформатора 220/35 кВ терминалом резервных защит REF 630 записано еще одно событие (время события: 23:36:40), осциллограмма представлена на рисунке 2 (только изменяющиеся сигналы). Особенностью данного события является то, что трансформатор уже был отключен по предыдущему событию, включения в работу не производилось (U_a и U_c – напряжения шинного ТН). По данным имеющихся в наличии средств регистрации, прямых либо, косвенных свидетельств событий в силовой части электроустановки выявлено не было. В качестве причины отключения принята версия, связанная с наводкой в токовых цепях терминала резервных защит REF 630.

Считается, что для нарушения работы электромеханического реле требуется энергия 10^3 Дж, а для нарушения работы интегральных микросхем требуется 10^{-7} Дж [1]. Чувствительность к электромагнитным помехам устройств на микропроцессорной элементной базе на несколько порядков выше, чем у их традиционных электромеханических аналогов. В рассматриваемом случае помехи привели к кратковременному сбою с последующим восстановлением функций защиты.

Обеспечение электромагнитной совместимости микропроцессорной аппаратуры РЗА уделяется много внимания в нормативной и технической документации [2, 3, 4] и особенностью выполнения токовых цепей для данной подстанции является исполнение с неэкранированными проводами.

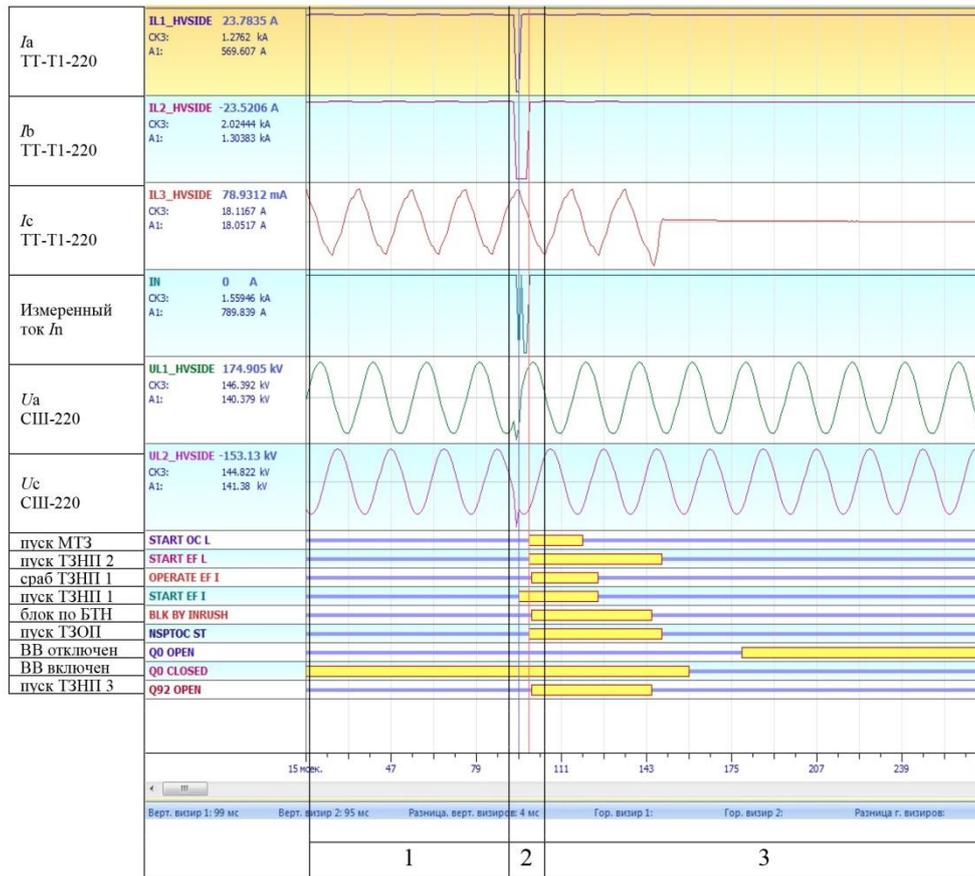


Рис. 1 – Осциллограмма аварийного события (время события: 23:27:54): 1 – Предшествующий режим работы; 2 – Событие, послужившее причиной инцидента; 3 – Последующий режим

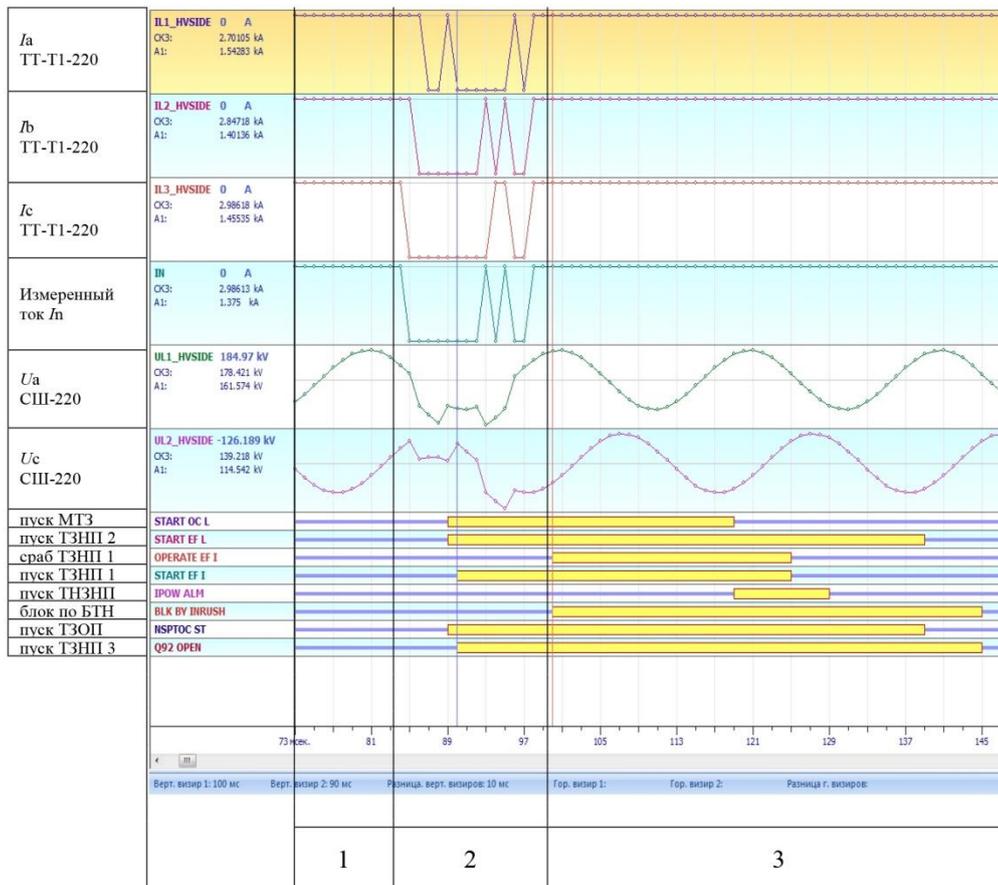


Рис. 2 – Осциллограмма аварийного события (время события: 23:36:40): 1 – Предшествующий режим работы; 2 – Событие, послужившее причиной записи осциллограммы; 3 – Последующий режим

В общем случае на входы и выходы устройств релейной защиты и автоматики может приходиться суммарная импульсная помеха, обусловленная скачком потенциала относительно земли и электромагнитным полем [5].

Мировая практика показывает, что проблему обеспечения электромагнитной совместимости в системах релейной защиты и автоматики на электромагнитной и микропроцессорной элементной базе необходимо решать комплексно. Требования электромагнитной совместимости учитываются фирмами-изготовителями при разработке устройств, проектными организациями при выполнении проектов, монтажными организациями при реализации проектов и службами эксплуатации при приемке и работе электроустановки. В общем случае рекомендуется осуществляться контроль соблюдения требований электромагнитной совместимости в течение всего срока жизни электроустановки [6, 7].

Системы релейной защиты и автоматики построенные на микропроцессорной базе позволяют использовать значительный объем дополнительной информации для определения режима работы системы электроснабжения. Современное программное обеспечение устройств защиты позволяет использовать данные о наличии гармоник, скорости изменения токов и напряжений и другие [8].

Из теории переходных процессов в электроэнергетических системах известно, что наибольшего значения полный ток короткого замыкания достигает при наибольших значениях периодической и аperiodической составляющих. Начальное значение аperiodического тока достигает максимума, когда ток предшествующего режима отсутствует, а в момент короткого замыкания периодическая составляющая тока проходит через свой максимум. Возникновение наибольшей аperiodической составляющей и условие, при котором достигается максимум мгновенного значения полного тока, близки друг другу. Максимальное значение полного тока короткого замыкания наступает приблизительно через полпериода, составляет около 0,01 с (при $f = 50$ Гц) начиная с момента возникновения. Уравнение ударного значения тока короткого замыкания записывается в следующем виде:

$$i_y = \sqrt{2}(I_{\Pi} + I_{\Pi} e^{-\frac{0.01}{T_a}}) = K_y \sqrt{2} I_{\Pi}.$$

Превышение ударного тока над амплитудой периодической составляющей находится в пределах $1 \div 2$, что соответствует предельным значениям T_a , т.е. $T_a = 0$ при $L_{кз} = 0$ и $T_a = \infty$ при $R_{кз} = 0$. Известно, что чем меньше T_a , тем быстрее затухает аperiodическая составляющая, влияние этой составляющей сказывается лишь в начальной стадии переходного процесса. В сетях высокого напряжения аperiodическая составляющая практически исчезает спустя 0,1–0,3 с.

С учетом предельных значений ударного тока короткого замыкания может быть введено ограничение на максимальное значение тока физически возможное в токовых цепях защиты для данной точки энергосистемы. Для рассматриваемого примера с отключением силового трансформатора 220/35 кВ максимальный ток однофазного короткого замыкания на шинах ОРУ 220 кВ составляет 1400 А, т.е. максимальное возможное амплитудное значение тока не может превышать 3950 А. В логику работы токовой защиты нулевой последовательности (ТЗНП) могут быть внесены изменения вводящую дополнительную выдержку времени, либо блокирующую ступень защиты. Предлагаемая логика работы защиты представлена на рисунке 3.

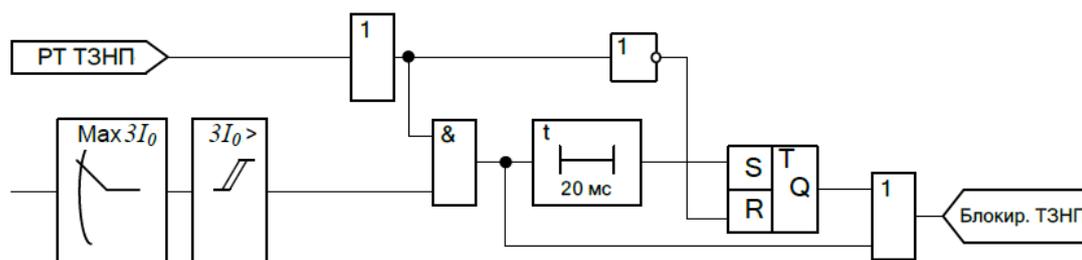


Рис. 3 – Логика работы защиты

Для обеспечения несрабатывания быстродействующей ступени ТЗНП при наводке в токовых цепях характеризующейся значительной энергией, используется специальная блокировка по максимальному значению тока $3I_0$, которая запрещает пуск ступени. В случае, когда сигнал блокировки присутствует в течение 20 мс после срабатывания ТЗНП, он подхватывается и удерживается до тех пор, пока не происходит возврат исполнительного органа ступени ТЗНП. В качестве уставки $3I_0$ используется максимальное значение ожидаемого ударного тока для данной точки энергосистемы. Аналогичный принцип блокировки может быть использован, например, для быстродействующих ступеней максимальных токовых защит.

Список литературы

1. Гуревич В.И. Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты // Компоненты и технологии. – 2010. – № 2. – С. 62.
2. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. РД 34.35.310-97. – М.: РАО «ЕЭС России», 1997.
3. ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5:2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний. 2007.
4. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. Стандарт организации СТО 56947007-29.240.044- 2010. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2010.
5. Уилльямс Т., Армстронг К. ЭМС для систем и установок. – М.: Издательский Дом «Технологии», – 2004. – С. 508.
6. Матвеев М.В. Электромагнитная обстановка на объектах определяет ЭМС цифровой аппаратуры // Новости электротехники. – 2002. – № 1(13), 2(14).
7. Матвеев М.В. ЭМС цифровой аппаратуры диктует новые требования к заземляющим устройствам электроустановок // Новости Электротехники. – 2004. – № 1. – С. 50–53.
8. Дорохин Е.Г. Некоторые проблемы реконструкции РЗА // Релейная защита и автоматизация. – 2011. – № 4. – С. 42-46.

05.13.00

В.Ю. Мельцов¹ канд. техн. наук, В.Д. Подковырин², В.Л. Ключкин¹, А.К. Крутиков¹

Вятский государственный университет
¹кафедра электронных вычислительных машин
²кафедра физического воспитания
Киров, meltsov@vyatsu.ru, yadrodisk@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАСКАДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРЯМОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ТОЛКАНИИ ЯДРА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-136-139

В статье рассматривается возможность применения нейросетевого подхода, в частности каскадной нейронной сети прямой передачи, для создания систем прогнозирования результатов спортивных состязаний в индивидуальных видах спорта. Разработана программная модель подсистемы прогнозирования. Результаты проведённых экспериментов демонстрируются на графиках. Оцениваются особенности применения данной модели, точность и корректность прогнозирования достижений для конкретного вида спорта.

Ключевые слова: прогнозирование спортивных результатов, нейронная сеть, обучающая выборка, вид спорта.

Прогнозирование, как вид человеческой деятельности, обеспечивает формирование прогнозов развития ситуации или изменения состояний объекта исследования, взяв за основу качественный научно-обоснованный анализ. Спортивное прогнозирование, является крайне важной и актуальной частью этой деятельности. И если разработка программных приложений и методов для прогнозирования исходов спортивных игр достаточно популярная тема [1, 2], то в других сферах физкультуры и спорта эти подходы пока ещё мало изучены.

Современная ИТ-индустрия предлагает ряд достаточно мощных средств для осуществления прогнозирования: временные ряды, корреляционный анализ, системы на основе логического вывода [2], системы на основе нечеткой логики [4], системы на основе абдукции [5], системы на основе нейронных сетей (НС) [2] и т.д. Вышеупомянутые математические модели широко используются в экономических моделях прогнозирования, в социологии, в системах экологической безопасности. Однако они не так часто используются в качестве основы для программных приложений и систем прогнозирования в спорте. В большинстве случаев все автоматизированные «букмекерские» системы и средства спортивного прогнозирования используют вероятностные математические модели, определяя при этом только вероятностный исход турниров и отдельных встреч [1]. В данной статье рассматривается особая составляющая большого спорта – прогнозирование индивидуальных результатов спортсмена, его контрольных показателей на соревнованиях и тренировках. Поэтому вероятностные методы исследования и вероятностные соотношения здесь не так эффективны, как в «предсказывании» результатов футбольных, хоккейных и других матчей.

Для прогноза индивидуальных результатов необходимо учитывать весомый набор параметров, численных и символьных значений, определяемых спортсменом и тренером практически ежедневно, промежуточных тестовых показателей, сроки выхода спортсмена на пик формы (иногда несколько раз за сезон), информацию о фармакологических средствах, используемых спортсменом в процессе подготовки, усталость после перелётов и смены климатических и временных поясов, возможные погодные условия, и даже время начала соревнований. Одним из наиболее эффективных математических аппаратов, применяемых при разработке программ для спортивных прогнозов являются нейронные сети [6].

Научными сотрудниками лаборатории «Интеллектуальные системы» Вятского государственного университета была разработана обобщённая структура системы прогнозирования спортивных результатов в индивидуальных видах спорта, предполагающая использование несколько различных моделей нейронных сетей [7]. Каждая модель предназначена для выполнения прогнозов в рамках группы сходных видов спорта, либо отдельного вида спорта. Предлагаемая в данной работе структура основана на использовании сети каскадной корреляции [8]. Сеть каскадной корреляции – специализированная многослойная нейронная конструкция, архитектура которой представляет объединение нейронов взвешенными связями в виде развивающегося каскада. Каждый очередной добавляемый нейрон подключается к входным узлам и ко всем уже существующим скрытым нейронам. Выходы всех скрытых нейронов и входные узлы напрямую подключаются к выходным нейронам. На начальном этапе проектирования формируется сеть, состоящая только из входных узлов и выходных нейронов. Количество входов и выходов зависит исключительно от специфики решаемой задачи и не подлежит модификации. Каждый вход соединен со всеми выходами посредством связей, веса которых уточняются в процессе обучения. Выходные нейроны могут быть как линейными, так и нелинейными, с практически произвольной функцией активации. Скрытые нейроны добавляются в сеть по одному. Каждый добавляемый нейрон подключается ко всем входам сети и ко всем ранее добавленным скрытым нейронам. В момент подключения нейрона к ранее созданной структуре фиксируются веса его входных связей, которые в дальнейшем не изменяются, тогда как веса его связей с выходными нейронами постоянно уточняются. Каждый добавляемый скрытый нейрон образует отдельный одноэлементный слой.

Обучающая выборка для экспериментов с нейронными сетями, и, в частности, с каскадной нейронной сетью, была составлена на основе анализа упомянутых выше показателей мастера спорта по толканию ядра за 4-летний цикл подготовки, включая деление тренировочного процесса на летний и зимний сезоны. Выборка содержит двенадцать параметров и прогнозируемый результат. Эксперименты проводились на шести различных нейронных сетях. Наиболее точный результат дали радиально-базисная сеть и обобщенно-регрессионная сеть. Обучающая выборка в экспериментах с каскадной сетью имеет 371 вектор с двенадцатью параметрами в каждом. Параметры вектора – это контрольные нормативы спортсмена (приседания со штангой, жим штанги лежа, рывок штанги, прыжок с места и т.п.). Каждому набору таких параметров, т.е. каждому вектору, соответствует реальный профильный результат в данном виде спорта, показанный этим спортсменом. График для каскадной сети, построенный на основе профильных результатов обучающей выборки, приведен на рисунке 1. В каждом векторе содержится свой набор контрольных параметров и нормативов.



Рис. 1- График построенный на основе профильных результатов спортсмена

Программный модуль, реализующий разработанную и обученную нейронную сеть создан в среде MathLab. График, построенный после обучения каскадной нейронной сети на основе тестовых результатов прогноза, представлен на рисунке 2.

Из графика, представленного на рисунке 2, видно, что сеть не совсем точно определяет скрытые закономерности прогнозирования. Небольшие перепады на графике показывают те моменты, когда сеть не успевает определять краткосрочные изменения прогноза и аппроксимирует результат.



Рис. 2- График, построенный на основе тестовых результатов прогноза, полученных после обучения каскадной сети

Тем не менее, сеть успешно обучена, полученные прогнозы хорошо согласуются с действительными достижениями спортсмена, значительные изменения в предполагаемом соревновательном результате (спады) определяются адекватно. Основные значения среднеквадратичной ошибки (MSE) в зависимости от исходных параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты экспериментов

Структура сети	100 эпох обучения	500 эпох обучения	1000 эпох обучения
5,1	MSE = 0.0285	MSE = 0.0227	MSE = 0.0285
10,5,1	MSE = 0.0239	MSE = 0.0271	MSE = 0.0247
20,15,1	MSE = 0.0270	MSE = 0.0246	MSE = 0.0139
33,18,1	MSE = 0.0216	MSE = 0.0226	MSE = 0.0123
40,21,11,1	MSE = 0.0215	MSE = 0.0228	MSE = 0.0141
84,41,23,1	MSE = 0.0242	MSE = 0.0211	MSE = 0.0146

Среднеквадратичная ошибка будет наименьшей при трехслойной сети с 1000 циклами обучения. Стоит отметить, что в силу выявления скрытых зависимостей [4], нейронная сеть может решать проблему нахождения периодов перетренированности спортсмена, падения результатов на фоне акклиматизации, смены фармакологии и т.д. На рисунке 3 изображен график, иллюстрирующий эффективность работы сети (точность прогнозирования) в соответствии с имеющейся обучающей выборкой.

Модель каскадной нейронной сети разработана в среде MathLab, в виде файла с расширением *.m, занимающего на жестком диске 212 Кб. Обученная сеть доступна для работы и прогнозирования через стандартный интерфейс этой среды.

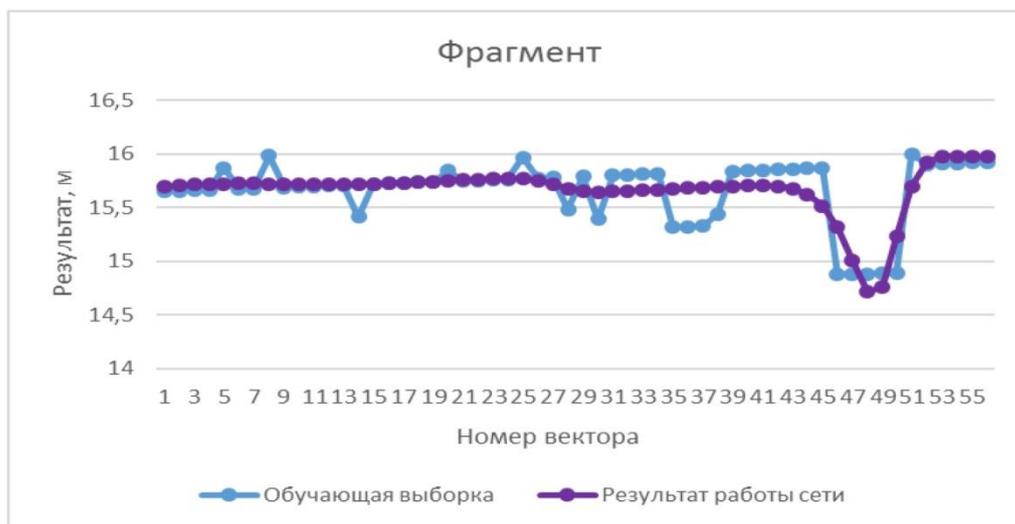


Рис. 3- Фрагмент совмещенного графика результатов прогнозирования

Результаты экспериментов показали, что каскадная нейронная сеть прямой передачи успешно проявила себя при прогнозировании результатов в таком индивидуальном виде спорта как толкание ядра. Эта дисциплина относится к группе легкоатлетических метаний, которые, достаточно близки друг к другу по ряду параметров общей и силовой подготовки, имеют близкие контрольные нормативы (за исключением специализированных упражнений) и ряд технических параметров. В силу этого, можно сделать вывод, о том, что каскадная сеть прямой передачи также может эффективно использоваться для прогнозирования результатов в метании диска и копья. Однако стоит отметить, что среднеквадратичная ошибка, полученная в результате экспериментов с каскадной сетью, оказалась чуть больше, чем соответствующее её значение в экспериментах с радиально-базисной и обобщенно-регрессионной сетями [9]. Для дальнейшего исследования будут выбраны и другие модели нейронных сетей и модели нечёткого прогнозирования, поскольку знать предполагаемый (требуемый) результат спортсмена на будущих соревнованиях необходимо, чтобы вовремя корректировать тренировочный процесс, выбирать оптимальные объемы нагрузок, определять наиболее эффективные программы восстановительных процедур и приёма медикаментов.

Список литературы

1. Прогнозирование исходов спортивных игр. [Электронный ресурс] URL: <http://neuronus.com/stat/207-prognosis-sport-neural-claster.html>. – (Дата обращения 20.01.2018).
3. Dolzhenkova M., Meltsov V., Strabykin D. Method of Consequences Inference from New Facts in Case of an Incomplete Knowledge Base. Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. № 39. С. 100413.
4. Штовба С.Д., Вивдюк В.В. Прогнозирование результатов футбольных матчей на основе нечётких правил. Вестник учёных. 2002. №1. С. 57-64.
5. Страбыкин Д.А. Метод логического прогнозирования развития ситуаций на основе абдуктивного вывода. Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2013. № 5. С. 87.
6. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. –М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с.
7. Крутиков А.К., Мельцов В.Ю., Подковырин В.Д., Клюкин В.Л., Структура системы прогнозирования спортивных результатов на основе нейросетевого подхода. – Олимп: Современные научные исследования и разработки №7(15) с.163-169.
8. Сеть каскадной корреляции. [Электронный ресурс] URL: http://stu.scask.ru/book_ns.php?id=54 – (Дата обращения 20.02.2018).
9. Крутиков А.К., Клюкин В.Л. Прогнозирование спортивных результатов с помощью нейронных сетей. Advanced Science. Технические науки. – ВятГУ, 2017, № 2. С. 44–52.

05.13.00

И.М. Минвалеев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Кафедра интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами,
Казань, ilnyr_minvaleev@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-140-142**

Представлена разработка системы контроля и управления доступом (СКУД). Описана база данных системы, а также средства разработки системы.

Ключевые слова: *СКУД, Android, Java, Firebase Realtime, база данных, NoSQL.*

Целью создания диаграммы прецедентов является описание того, как будет использоваться система, т.е. описание ее основного назначения. Диаграммы прецедентов охватывает необходимые функции, определяя тем самым диапазон функциональности системы.

Функциональные требования описываются в виде вариантов использования.

Вариант использования - это последовательность действий, выполняемых системой в ответ на событие, инициируемое некоторым внешним объектом (действующим лицом). Вариант использования описывает типичное взаимодействие между пользователем и системой и отражает представление о поведении системы с точки зрения пользователя.

Действующими лицами данной системы будут являться администратор и пользователь.

Возможности Администратора (рис. 1,2):

1. Регистрация пользователя
2. Редактирование данных пользователя (предоставление доступа пользователю или запрет доступа пользователю).

Возможности пользователя:

1. Предоставление временного доступа другому пользователю
2. Отпирание или запираание объектов (помещений) к которым имеется доступ управления



Рис. 1- Схема вариантов использования администратора



Рис. 2- Схема вариантов использования пользователя

Схема вариантов использования является основным инструментом, используемым для описания пользовательских требований. Она описывает отношения между требованиями, пользователями и основными компонентами.

Проектирование информационной базы (рис.3):



Рис. 3- Структура базы данных

В базе данных у пользователя хранятся данные: логин и пароль. Пользователь, войдя под своим профилем, смотрит к каким объектам у него есть доступ и может открыть необходимую скажем дверь.

Данная [1] база работает на Firebase Realtime. База данных Firebase Realtime представляет собой облачную базу данных. Данные хранятся как JSON(текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript.) и синхронизируются в реальном времени с каждым подключенным клиентом. Когда создаются кросс-платформенные приложения с iOS, Android и JavaScript SDK, все клиенты делятся одним экземпляром базы данных Realtime и автоматически получают обновления с новейшими данными.

Основные возможности такой базы:

- в режиме реального времени: вместо обычных HTTP - запросов база данных Firebase Realtime использует синхронизацию данных - каждый раз, когда данные изменяются, любое подключаемое устройство получит это обновление практически мгновенно. Обеспечьте совместный и захватывающий опыт, не задумываясь о сетевом коде.

- Доступно с клиентских устройств: базе данных Firebase Realtime можно подключиться с мобильного устройства или веб-браузера; нет необходимости в сервере приложений, а безопасность и проверка данных, в данном случае, доступны через правила безопасности базы данных Firebase Realtime, правила на основе выражений, которые выполняются при чтении или записи данных.

Данная база данных достаточно хорошие приложения, в которых доступ к базе данных их клиентский приложений будет безопасным. Данные могут сохраняться локально, также в случае автономного режима события в реальном времени будут срабатывать. Когда устройство восстановит связь, произойдет обмен информацией

База данных Realtime - это база данных NoSQL и, как таковая, имеет разные оптимизации и функциональность по сравнению с реляционной базой данных. API базы данных Realtime предназначен только для операций, которые могут выполняться быстро. Это позволяет вам создавать большой опыт в реальном времени, который может обслуживать миллионы пользователей без ущерба для реагирования. Из-за этого важно подумать о том, как пользователи должны получать доступ к вашим данным, а затем структурировать их соответствующим образом.

Интерфейс представлен на рисунке 4.

Удобный и красивый интерфейс в стиле минимализма важная часть проекта. Поиск необходимой информации занимает минимальное время. Структура и подача информации выверена и логична. Дизайн приложения простой, но интуитивно понятный, а также акцентирует внимание на важных моментах.

Цвет, шрифт и графические элементы - основные детали дизайна. Цвет дизайна в классических тонах. Использована ограниченная палитра цветов, благодаря этому наглядность дизайна становится лучше.



Рис. 4- Интерфейс

Шрифт. В проекте использованы прямые классические шрифты комфортного размера для чтения. Некоторые шрифты выделены более крупнее для привлечения внимания. Шрифты четного размера, так как шрифты этих размеров хорошо смотрятся на экране мобильных устройств. При использовании нечетных размеров компьютер или мобильное устройство будет их масштабировать, что непременно отразится на качестве.

Приложение работает следующим образом: войдя в приложение можно просто нажать на значок замочка и необходимая дверь откроется. Также пользователь при необходимости может предоставить временный доступ кому-либо другому. Для этого в приложении нужно нажать на вкладку "Поделиться доступом на сегодня". благодаря данной системе, есть возможность не заходя в приложение, открывать двери на заданном расстоянии. Максимальное расстояние 50 метров. В этом случае на телефоне должен быть включен обязательно Bluetooth. Это очень актуально в том случае, когда подъезжаешь к шлагбауму на автомобиле, а он потихоньку уже начинает подниматься.

Также в приложении есть карта, на которой показаны объекты к которым у данного пользователя имеется доступ. Под самой карты указаны улицы и номера подъездов или шлагбаумов, калиток.

Данное приложение написано на Java с помощью Android SDK. [2]Android SDK - универсальное средство разработки мобильных приложений для операционной системы Android. Отличительной чертой от обычных редакторов для написания кодов является наличие широких функциональных возможностей, позволяющих запускать тестирование и отладку исходных кодов, оценивать работу приложения в режиме совместимости с различными [3] версиями ОС Андроид и наблюдать результат в реальном времени (опционально). Поддерживает большое количество мобильных устройств, среди которых выделяют: мобильные телефоны, планшетные компьютеры, умные очки (в том числе Google Glass), современные автомобили с бортовыми компьютерами на ОС Андроид, телевизоры с расширенным функционалом, особые виды наручных часов и многие другие мобильные гаджеты, габаритные технические приспособления.

SDK обычно включают в себя три главных компонента. Первый - это сама программа или набор библиотек, которые позволяют разработать новый продукт, на базе уже имеющегося. Вторая часть - документация. При этом описано в ней все коротко, лаконично и просто. Она включает в себя Tutorial -пошаговое обучение и Reference - раздел, предоставляемый в виде справочника о том, что может быть сделано при помощи SDK. Третья часть - готовые примеры. Причем почти всегда они охватывают все возможности комплекта разработчика. Благодаря их наличию часто можно пропустить любой Reference, не пытаясь вникнуть в программную среду.

Список литературы

1. *Заикин И. С., Корхов В. Г.* Основы разработки баз данных реального времени // Молодой ученый. — 2015. — №23. — С. 143-146.
2. *Харди Б.*, Программирование под Android. 2-е издание/ Б. Филлипс, К.Стюарт, К.Марсикано — СПб.: Питер, 2016. — 640 с.
3. *Дейтел П.*, Android для разработчиков. 3-е издание/Х. Дейтел, А. Уолд — СПб.: Питер, 2016. — 512 с.

05.13.00

И.М. Минвалеев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Кафедра интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами,
Казань, ilnur_minvaleev@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БАЗ ДАННЫХ СКУД

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-143-145

Проведено исследование на уязвимость различных баз данных СКУД. Произведен сравнительный анализ существующих баз данных с базой данных Firebase Realtime. Были выявлены преимущества использования базы данных Firebase Realtime перед другими базами данных.

Ключевые слова: *СКУД, Firebird, MySQL, Firebase Realtime, база данных, NoSQL.*

1. Введение

Обычно люди, выбрав определенный вид систем контроля и управления доступом (СКУД) на обеспечение безопасности организации или какого-то объекта, привыкли думать, что их система почти идеальна. В наше время выбор достаточно велик. Много различных решений и программ появилось в последнее время [1,2]. Но проведя сравнительный анализ можно прийти к следующим выводам о различных СКУД, которые будут описаны далее.

2. Исследование на уязвимость баз данных различных СКУД

Проводя исследования на взлом баз данных различных СКУД, часто можно встретить открытый 3050/tcp порт базы данных Firebird (FB) с логином и паролем по умолчанию: «SYSDBA;masterkey». Просматривая данные хосты, можно прийти к выводу, что это могут быть различные решения и программы, которые используют FB. Это может быть от каких-то бухгалтерских программ и до различных CRM систем или каких-либо систем видеонаблюдения и т.д. К сожалению через этот порт можно получить весь доступ к базе данных необходимого программного обеспечения, которая использует данное БД. Если внести в такую базу какие-то изменения, то можно сломать работу программы или приложения.

В базе данных содержатся обычно логины и пароли для доступа к функциональной части через определенный графический интерфейс самой программы, а зная эти данные, появляется возможность воспользоваться полным функционалом приложения или программы, при этом, если до данного момента не знали ни одного логина и пароля к данной системе. Бывают, пароли хранятся в зашифрованном виде.

Так как алгоритм шифрования пароля скрыт в программном обеспечении, то необходимости шифрования нет, и в данном случае можно использовать обратимые алгоритмы шифрования, которые возможно узнать всего лишь имея образец программы. А само хеширование немного усложняет процесс.

Используя данные уязвимости для систем СКУД, любой, кто состоит в локальной сети может открыть или закрыть любые двери, нарушать пропускной режим. То есть любой может получить все функции главного администратора системы.

Исследования проводилось следующим образом: для начала необходимо было скачать демонстрационные версии или бесплатные версии различных приложений и программ. Скачав и установив необходимое количество программ, начал этап тестирования.

Каждая программа устанавливалась на виртуальную машину, т.е. программная или аппаратная система, эмулирующая аппаратное обеспечение некоторой платформы, и изучал на открывшиеся порты. В случае появления порта 3050/tcp, то предпринимались попытки произвести вход под логином и паролем, который обычно по умолчанию

«SYSDBA;masterkey». Если не получалось произвести вход, т.е. программное обеспечение FB-сервера поменяла пароль, то осуществлялись попытки подбора пароля. Также переустанавливалось программное обеспечение по нескольку раз и ввелось наблюдение за тем, что: изменяется ли хеширование пароля от FB-сервера. Хеширование - преобразование массива входных данных произвольной длины в (выходную) битовую строку установленной длины, выполняемое определённым алгоритмом. Функция, воплощающая алгоритм и выполняющая преобразование, называется «хеш-функцией» или «функцией свёртки». Исходные данные называются входным массивом, «ключом» или «сообщением». Если хеширование пароля оставалось неизменным, то скорее всего пароль был универсальным для всех установок данного программного обеспечения и для любого кто пользуется ей. Такой пароль также не совсем хорошее решение, и использование такого пароля, не лучше чем использование пароля по умолчанию. Любой человек, который произведет установку данного ПО, может узнать хеширование от всех остальных клиентов, и о безопасности тут уже речи не может быть.

После выполнения всех описанных действий, делался возврат времени на виртуальной машине к моменту, когда ни одна программа была еще не установлена. Далее в таком образом тестировалось несколько программ. Уязвимым СКУД можно считать, если получалось проникнуть в базу данных.

Результаты исследований были следующими:

Исследовалось десять различных СКУД (рис. 1,2):

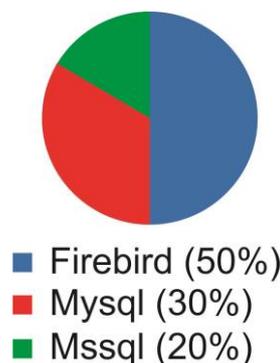


Рис. 1- Базы данных СКУД

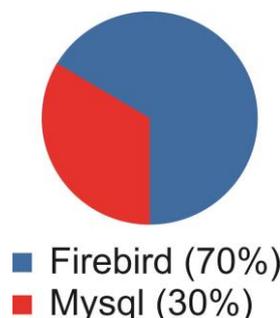


Рис. 2- Уязвимые базы данных СКУД

Конечно уязвимость это не обязательно большой риск. Допустим на парковке для автомобилей, где обычно бывает два-три охранника, то чтобы воспользоваться уязвимостью, необходимо иметь доступ в локальную сеть, в которой находится контроллер и база данных СКУД. В данном случае только сами охранники могут воспользоваться данным недостатком.

Об уязвимости можно говорить в каких-либо больших организациях или в банках, где только у определенных сотрудников есть доступ в определенные места.

Данной уязвимостью воспользоваться достаточно легко, для это просто необходимо воспользоваться например программой nmap или какой-нибудь другой программой и запустить ее из командной строки: `nmap -sS -p3050 --open 192.168.0.1/24`

Через некоторое время на экране отобразится все открытые порты 3050/tcp, которые нашел в сети 192.168.0.1/24.

После выявления портов FB, необходимо подключиться к ним с помощью программы IVExpert. После этого необходимо попытаться подключиться к каждому серверу FB. Для подключения необходимо будет попробовать ввести логин с паролем «SYSDBA;masterkey».

Тем самым возможно подключиться к базе данных напрямую, и при этом можем вносить в нее любые изменения.

Чтобы что-либо сделать со СКУДом через FB сервер, необходимо разобраться в формате БД. Сколько СКУДов, столько и разных форматов хранения данных в базе данных.

Обычный и почти безобидный риск использования представленной уязвимости - например исправления учета рабочего времени. Вторым примером может являться то, что сотрудник сможет изменить доступ самому себе, и поставить любой для себя.

Также одним из самых неприятных обстоятельств может стать, то что человек взломавший базу данных сможет поменять все пароли. Это приведет к тому, что сотрудники потеряют доступ к помещениям, к которым им был предоставлен.

В системе "Орпен" используется [3] база данных Firebase Realtime database. Преимущества данной базы перед базами данных других СКУД заключается в том, что база хранится в "облаке" - на определенном сервере. И устанавливая данную СКУД у пользователя нет доступа к общей базе данных системы, а имеется только доступ к той базе, которой предоставил ему администратор.

Основные возможности базы данных Firebase Realtime database:

1. Режим реального времени - вместо обычного HTTP - запросов в базу данных Firebase Realtime использует синхронизацию данных, каждый раз когда какие-либо данных меняются и при этом все устройства, которые подключены получают обновления почти мгновенно.

2. Если приложение не в сети - обычно приложения, которые используют эту базу данных, остаются активными, работая в автономном режиме, так как SDK базы данных сохраняют данные на диск. После появления сети устройства обмениваются информацией, синхронизируя их с сервером.

3. Доступ с клиентских устройств - доступ к базе данных можно получить даже с мобильного устройства. Безопасность и проверка данных доступны через правила безопасности базы данных Firebase Realtime, правила на основе выражений, которые выполняются при чтении или записи данных.

Список литературы

1. Белов, Е.Б. Основы информационной безопасности / Е.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов -М.: Горячая линия-Телеком, 2006. - 544 с.
2. Гаценко, О.Ю. Защита информации/ О.Ю. Гаценко. СПб.: Изд-во Сентябрь, 2001. - 225 с.
3. Заикин И.С., Корхов В.Г. Основы разработки баз данных реального времени // Молодой ученый. — 2015. — №23. — С. 143-146.

05.13.06

¹А.А. Пантелеева, ¹А.А. Широков, ²А.А. Клюкин

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, shirokov@pstu.ru

²Пермский государственный институт культуры,
факультет культурологии и социально-культурных коммуникаций,
кафедра библиотечных и документально-информационных технологий,
Пермь, kaa@psiac.ru

АБСТРАКТНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-146-148

В данной статье информационная модель системы рассматривается как набор узлов, представленных на разных уровнях иерархии. Предложен способ адресации узлов. Приводится минимально достаточный перечень атрибутов узлов и сообщений, которыми обмениваются узлы между собой и внешним миром. Предложенный подход формализует процесс анализа информационных потоков и загруженности узлов системы.

Ключевые слова: *информационная система, информационная модель, сообщение, узел, рабочее место, адресация узлов.*

Современное понятие «информационная система» имеет целый ряд трактовок. В частности, действующий Федеральный Закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" от 27.07.2006 №149-ФЗ содержит следующее определение: информационная система - совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств[1]. Таким образом, из этого понятия исключаются все другие виды неструктурированной и неэлектронной форм представления информации - документальные, речевые и др. На наш взгляд, более общее определение дано в ISO/IEC 2382:2015: информационная система — система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают и распространяют информацию[2]. Такой подход позволяет рассматривать как информационную систему любую систему, где присутствуют процессы передачи, обработки и хранения информации независимо от формы ее представления и фиксации, например, автоматизированную систему управления предприятием вместе с неизбежно существующими бумажными документами, речевыми сообщениями и т.п.

С точки зрения информационных технологий любую информационную систему можно рассматривать как набор узлов, в которых происходит обработка информации по заданным алгоритмам[3]. Представим информационные потоки, которые обращаются в системе, в виде потоков сообщений между узлами. В качестве узлов на разных уровнях детализации могут рассматриваться как отдельные подсистемы (например, отделы предприятия), так и рабочие места (как минимальная единица детализации). Стоит оговориться, что узлом информационной системы может быть и сервер или группа серверов, которые обрабатывают сообщения от других узлов без участия человека.

В информатике сообщение — это форма представления информации, имеющая признаки начала и конца, предназначенная для передачи через среду связи. Но для целей создания информационной модели современных систем этого определения недостаточно, поскольку сама информация, требуемая для обработки, может и не передаваться, а передаваться только ссылка на ее расположение, например, в файловой системе, в документальном архиве, в виде URL и т.п. В контексте информационного моделирования предлагается использовать следу-

ющее определение: сообщение - это конечный блок информации, в котором содержится собственно сама информация, либо ссылка на место хранения информации. Кроме того, сообщение должно содержать такой минимально необходимый набор атрибутов, который позволит узлу однозначно идентифицировать сообщение и применить соответствующий алгоритм для его обработки. Таким набором атрибутов сообщения может являться:

- адрес узла (группы узлов) получателя;
- адрес узла (группы узлов) отправителя;
- время создания (отправления) сообщения;
- время получения сообщения;
- номер алгоритма обработки данного типа сообщений;
- уникальный номер сообщения.

Узлы также должны иметь наборы атрибутов, например:

- уникальный и/или групповой адрес;
- перечень алгоритмов обработки сообщений (каждый из которых может соответствовать, например, пункту должностной инструкции конкретного рабочего места);
- интервалы времени (мин - макс), в течение которого происходит обработка сообщений конкретным алгоритмом (или трудоемкость\ресурсоемкость).

Предложенный набор атрибутов не является исчерпывающим и может расширяться при появлении дополнительных признаков обработки, используемых автоматизированными информационными системами.

Информационное описание любой системы как информационной модели базируется на свойстве иерархичности систем. Принципы создания узловой структуры информационной модели можно рассмотреть на примере организационной структуры управления предприятием.

Верхний уровень иерархии составляют руководство и отделы топ-менеджмента, рассматриваемые как узлы системы. Каждый узел может быть представлен как подсистема со своими связями и узлами (структура отделов, цехов, служб). Подобная декомпозиция выполняется вплоть до уровня, где каждый узел – это рабочее место или группа рабочих мест, выполняющих одинаковые функции обработки сообщений.

Подобное построение иерархической структуры является универсальным. Оно позволяет построить как систему маршрутизации сообщений, так и распределить процессы обработки и использования информационных ресурсов предприятия.

Первым этапом построения информационной модели предприятия является автоматическое или ручное распределение условных уникальных адресов узлов. Структура предприятия описывается системой адресов по аналогии с многоуровневыми доменными адресами. Нумерация узлов верхнего уровня производится в произвольном порядке, с обязательным соблюдением условия уникальности номера каждого из этих узлов, и отображается просто номером узла, например, 1, 2, 3,

При декомпозиции каждого узла верхнего уровня первой группой адреса является номер узла, а номера узлов подсистемы уникальны в пределах данного узла и нумеруются второй группой цифр, располагающейся слева от адреса узла верхнего уровня и отделяемой от него точкой. Эта процедура повторяется на каждом уровне иерархии, так что адрес рабочего места, например, на 4 уровне иерархии будет представлен как 3.5.4.1.

Назначение адресов каждому узлу позволяет описать информационный поток как передачу сообщений между двумя узлами на любом уровне иерархии.

Такой подход изменяет классификацию информационных потоков предприятия, используемую во многих научных работах. [4].

Так, процессы взаимодействия с внешним миром (другой системой), классифицируемые как внешние, входные и выходные потоки могут быть описаны как связи с узлом, не входящим в структуру предприятия и имеющие свою, дополнительную адресацию. Например, можно рассматривать весь внешний мир как узел с адресом 0, а при необходимости выделения отдельных контрагентов или их служб присваивать им адреса

второго и более низких уровней (пример адреса - 2.3.0).

Классификация по виду связываемых систем, (горизонтальные или вертикальные) заменяется адресацией сообщений (поток сообщений): горизонтальные – связь между узлами одного уровня иерархии, вертикальные – в рамках одного узла на разных уровнях декомпозиции.

Срочность обработки сообщения определяется атрибутом, содержащим контрольные цифры времени реакции в заголовке сообщения.

Решение вопросов информационной безопасности (конфиденциальности) решается путем присвоения документу уровня секретности, а узлу или пользователю – уровня доступа (только для чтения; редактирование; создание; хранение).

Предложенный подход позволяет избежать большого количества признаков информационных потоков, особенно при условии, что передаваемые в потоке сообщения могут быть совершенно различными в рамках данных классификаций.

Таким образом, описание взаимодействия между двумя узлами и, в некоторых случаях, передача сообщений группе прилегающих узлов позволяет организовать любые маршруты передачи сообщений и является универсальным инструментом для анализа мощности потоков сообщений, загрузки отдельных узлов, оптимизации путей доставки сообщений и других целей.

Список литературы

1. Федеральный закон. Об информации, информационных технологиях и о защите информации № 149-ФЗ. Издание официальное. М.: 2006
2. ISO/IEC 2382:2015 Information technology — Vocabulary, URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:2382:ed-1:v1:en> (дата обращения: 18.03.2018)
3. Обоснование выбора автоматизированных информационных систем на основе анализа информационных потоков / А.А. Клюкин, С.Н. Каменских, А.А. Широков // Научно-технический вестник Поволжья. - 2017. - № 4. - С. 128-130.
4. Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 352 с.

05.13.00

В.О. Раскошинский, Н.В. Андриевская канд. техн. наук

Пермский национальный политехнический университет,
 Электротехнический факультет, кафедра Микропроцессорных средств автоматизации
 Пермь, nataly-anv@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-149-151

В статье рассмотрен аппарат воздушного охлаждения газа (АВО) как объект управления. Сформулирована проблема расчета математической модели процесса охлаждения. Приведено описание основных физических процессов, происходящих в объекте управления. Установлена зависимость между скоростью воздушного потока в аппарате и скоростью вращения вентиляторов, обеспечивающих охлаждение.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения газа, температура газа на выходе, скорость воздушного потока, скорость вращения вентиляторов.

Процесс транспортировки природного газа по магистральным газопроводам является очень сложным и опасным для жизни обслуживающего персонала процессом. В процессе транспортировки газа происходит повышение давления газа для дальнейшего продвижения его по магистрали, что приводит к повышению температуры газа на выходе газопровода. Высокая температура газа приводит к разрушению изоляционного покрытия газопровода и к повышению подачи технологического газа, что повышает энергетические затраты. Охлаждение газа происходит в аппаратах воздушного охлаждения (АВО). Для управления температурой газа применяется система автоматического управления на основе частотно-регулируемого привода вентиляторов, осуществляющих охлаждение газа. При расчете системы управления аппарат воздушного охлаждения чаще всего представлен линейным аperiodическим звеном, что является не совсем корректным.

Поэтому, целью данной работы является расчет математической модели процесса охлаждения температуры в в аппарате воздушного охлаждения.

Аппарат воздушного охлаждения газа (АВО) представляет собой сложный объект, в котором протекают различные процессы: аэродинамические и электромеханические, процесс теплообмена (рис. 1).

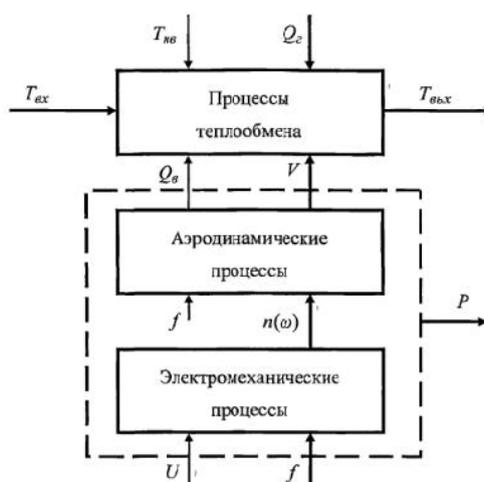


Рис. 1. - Структура процессов в АВО.

Данные процессы являются достаточно сложными и вносят существенные трудности в построении математической модели [1]. В процессах теплообмена основным параметром является $T_{\text{ВЫХ}}$ – температура газа на выходе, зависящая от $T_{\text{ВХ}}$ – температура на входе, $T_{\text{НВ}}$ – температура наружного воздуха, $Q_{\text{Г}}$ – расход газа через АВО, скорости воздушного потока V или расхода $Q_{\text{В}}$ – расхода воздуха.

Аэродинамические процессы формируют внешние воздействия: скорость V и расход Q_B . На практике принято аэродинамические процессы рассматривать вместе с электромеханическими системами как отдельную подсистему [1]. В АВО охлаждаемый газ протекает по тонким оребренным трубкам с входного на выходной коллектор. Трубки обтекаются потоком воздуха, который создают вентиляторы, расположенные снизу теплообменника. Изменение температуры газа T вдоль труб теплообменника описывается уравнением

$$qC_p \frac{\partial T}{\partial x} = -Q, \quad (1)$$

где q – расход газа через трубку теплообменника; C_p – теплоёмкость при постоянном давлении и температура газа; Q – снимаемый воздухом тепловой поток с единицы длины трубы:

$$Q = \alpha(T_W - T_{НВ}), \quad (2)$$

где α – коэффициент теплопередачи от оребренной трубки к потоку воздуха, T_W – температура наружной поверхности оребренной трубки, $T_{НВ}$ – температура наружного воздуха.

Допустим, что T_W близка к температуре газа в данном сечении. Уравнение изменения температуры газа вдоль труб теплообменника, используя (1) и (2), имеет вид:

$$qC_p \frac{\partial T}{\partial x} = -\alpha(T_W - T_{НВ}) \quad (3)$$

Коэффициент теплопередачи α зависит от скорости поперечного обдува V и от геометрии оребренной трубы. Интерес представляет только зависимость α от скорости поперечного обдува. В случае турбулентного потока коэффициент теплопередачи оказывается пропорциональным $Re^{0,8}$ как для поперечного обтекания цилиндра, так и для продольного обтекания плоской пластины (поверхности оребрения):

$$\alpha = B \cdot V^\beta, \quad (4)$$

где Re – число Рейнольдса, B – константа, β – показатель степени (обычно, $\beta = 0,8$).

Проинтегрировав уравнение (3), учитывая (4), получаем:

$T(x) = (T_{ВХ} - T_{НВ}) \cdot \exp\{-[(BV^\beta)/qC_p]x\} + T_{НВ}$. Тогда температура газа на выходе с учетом (5) определяется по формуле:

$$T_{ВЫХ} = (T_{ВХ} - T_{НВ}) \cdot \exp\{-A \cdot (q/q_0) \cdot (V/V_0)^\beta\} + T_{НВ}, \quad (6)$$

где $A = lBV_0^\beta/q_0C_p$ – константа характеристика теплообменника, l – длина трубки, q_0 – номинальный расход газа, V_0 – максимальная скорость обдува при 100% мощности электродвигателей.

Константу A можно посчитать опытным путем. Для этого необходимо измерить разницу температур газа на входе и на выходе из установки охлаждения газа при номинальном расходе и при максимальной мощности скорости обдува:

$$A = -\ln \frac{T_{ВЫХ} - T_{НВ}}{T_{ВХ} - T_{НВ}}. \quad (7)$$

Уравнение (6) хорошо описывает поведение системы и изменение температуры газа на выходе. При этом температура газа на выходе является функцией от скорости воздушного потока V :

$$T_{ВЫХ} = F(V). \quad (8)$$

Скорость воздушного потока является неудобной величиной, как для измерения и управления. С этой целью, удобнее будет перейти к зависимости вида:

$$T_{ВЫХ} = F(\omega), \quad (9)$$

где ω – частота вращения электродвигателя.

Регулирование скорости электродвигателей осуществляется намного проще, чем скорости воздушного потока. Формула (9) позволяет явно контролировать температуру газа на выходе в зависимости от частоты вращения.

Для электрического привода, реализованного на частотном методе регулирования, задание частоты вращения достигается через замкнутую систему по скорости. Следовательно, частота вращения двигателя пропорциональна частоте выходного напряжения частотного преобразователя:

$$\omega_i = kf_i \quad (10)$$

При построении математической модели можно принять зависимость скорости воздушного потока через скорость вращения вентилятора линейного [1, 2]:

$$V_{vi} = k_v \cdot \omega_i; Q_{vi} = k_q \cdot \omega_i, (11)$$

где k_v – коэффициент передачи вентилятора для скорости [2], k_q – коэффициент передачи вентилятора для расхода [3].

Известно, что при постоянном угле атаки лопастей мощность на валу электродвигателя зависит от относительной скорости в третьей степени

$$P_c = P_{сн} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^3, (12)$$

где ω_H – номинальная частота вращения, $P_{сн}$ – номинальная мощность на валу вентилятора [3]

Учитывая (12), можно получить [1, 3]:

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt[3]{\frac{\omega}{\omega_H}} (13)$$

Используя (13) и (6), получаем зависимость, устанавливающую взаимосвязь между температурой на выходе АВО от скорости вращения вентилятора:

$$T_{\text{ВЫХ}} = (T_{\text{ВХ}} - T_{\text{НВ}}) \cdot \exp\left\{-A \cdot (q/q_0) \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{\omega}{\omega_H}}\right)^\beta\right\} + T_{\text{НВ}} (14)$$

Тем самым, из рассмотрения исключается воздушный поток, вносящий сложности при построении модели. Частота вращения электродвигателя линейно связана с частотой питающего напряжения и достаточно просто измерима.

При заданных технологических данных АВО [2, 3]), можно получить нелинейную статистическую характеристику температуры АВО от скорости вращения вентиляторов (рис. 2).

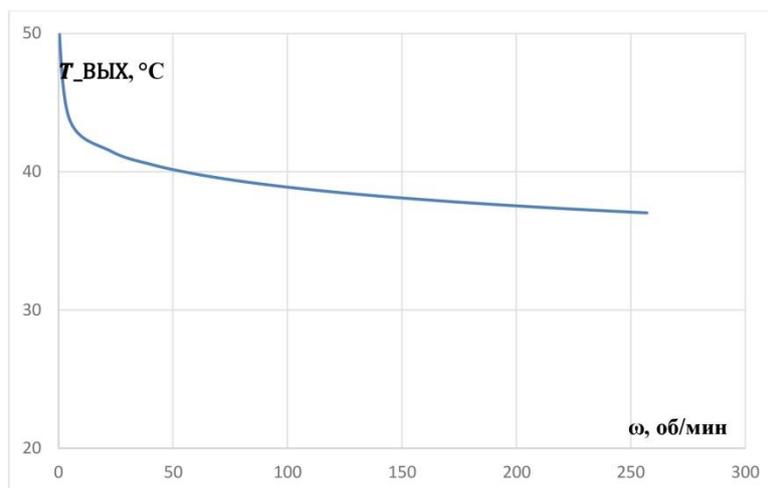


Рис. 2. – Зависимость температуры газа на выходе АВО от скорости вращения вентиляторов.

Таким образом, получена нелинейная модель (14) процессов, протекающих в аппарате воздушного охлаждения газа.

Список литературы

1. Алимов, С.В. Моделирование установившихся процессов теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения газа / С. В. Алимов, И. А. Данилушкин, В. Н. Мосин // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». — 2010 — №2 (26).-С. 178-186.
2. Данилушкин, А.И. Оптимизация стационарного распределения нагрузки аппаратов воздушного охлаждения газа/. А.И. Данилушкин, В.Г. Крайнов, Л.А. Мигачева// Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». 2011. - №3 (31). –С. 159-164.
3. Бахтегореева, А.Н. Оперативный способ регулирования температуры газа на выходе из компрессорной станции/. Н.А. Гаррис, В.Г. Гильванов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. №6. –С. 441.

05.13.01

**Д.А. Селиванова, Ф.А. Попов д-р. техн. наук, М.Н. Школьников д-р. техн. наук,
Н.Ю. Ануфриева канд. техн. наук, О.А Бубарева канд. техн. наук**

Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», технологический факультет, кафедра методов и средств измерений и автоматизации, Бийск, sda@bti.secna.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-152-154

Работа посвящена исследованию автоматизированных методов проектирования рецептур продуктов питания, в процессе которого выявлены особенности применения автоматизированных средств при их проектировании, рассмотрены состав и принципы построения системы автоматизированного проектирования рецептур.

Ключевые слова: продукты питания, рецептура, автоматизация процесса проектирования рецептуры, компьютерное моделирование рецептур.

Проблема автоматизации проектирования рецептур продуктов питания, в том числе функциональных напитков различного назначения и состава, в настоящее время представляет особую актуальность, поскольку ее разрешение позволит заметно ускорить процессы расчета и оптимизации состава сложных многокомпонентных продуктов питания, создавать продукты с заранее заданным химическим составом, пищевой ценностью, оперативно реагировать на изменение как свойств и видов сырьевых ингредиентов, так и потребностей рынка. Расширение возможностей оптимизационных программных средств позволит выйти на новый уровень в разработке новых видов продуктов питания, в том числе функционального назначения, с заданным химическим составом, потребительскими и технологическими характеристиками.

Для Алтайского края особо актуально производство продуктов питания из растительного сырья, так как регион обладает значительным потенциалом соответствующих сырьевых ресурсов, сложившимися традициями и производственной базой.

В связи с этим, настоящее исследование посвящено разработке подходов к разрешению проблемы автоматизированному проектированию рецептур функциональных продуктов питания на примере безалкогольных напитков.

Существующие программные продукты для автоматизированного расчёта рецептур, такие как программный комплекс «Etalon» (СевКавГТУ), «Разработка рецептур композиций из растительного сырья» (КубГТУ) др. не обладают универсальностью и общностью, не являются открытыми, не содержат средств автоматизированной настройки на проблемную область, позволяют решать узкий круг задач проектирования [1].

Основными методиками исследования и проектирования новых рецептур продуктов питания являются системный анализ, моделирование и прогнозирование. При этом актуально применение информационных технологий как для оптимизации отдельных технологических операций, так и для технологии в целом. Разработка системы автоматизированного проектирования (САПР) состава многокомпонентных напитков функционального назначения даст возможность заменить эмпирический подбор ингредиентов на автоматизированные анализ и синтез его модели.

Соответственно, целью разработки такого рода САПР является автоматизация подбора основных и вспомогательных ингредиентов с учетом их физико-химических, органолептических, технологических свойств и безопасности, а также совместимости ингредиентов в технологическом процессе, расчёт рецептур и прогнозирование потребительских свойств и срока годности многокомпонентных напитков функционального назначения.

САПР должна решать следующие задачи: формирование построения модели рецептуры многокомпонентного напитка функционального назначения; оптимизация рецептур по физико-химическим, органолептическим и технологическим свойствам ингредиентов; формирование базы данных; предоставление многопользовательского интерфейса для всех этапов формирования ассортимента; формирование отчетов и их представление в необходимом разрезе.

Рассматриваемая САПР предусматривает следующие возможности: работа с базой данных (БД) пищевых ингредиентов; отслеживание развития процедурных моделей; оптимизация рецептур продуктов питания по совокупности заданных критериев; формирование результатов расчета в форме стандартных отчетов.

Система представлена следующей структурой: математическое, информационное, программное обеспечение [2].

Информационное обеспечение представлено базами данных: технические задания на разработку рецептур продуктов питания; характеристики основных и вспомогательных ингредиентов продуктов; известные рецептуры продуктов питания; база проектов, находящихся в стадии разработки; нормативные документы, регламентирующие требования к качеству и безопасности конкретного пищевого продукта; справочники и сборники рецептур, научные публикации.

Программное обеспечение включает в себя функциональные приложения перечисленных БД, а также результат реализации алгоритма проектирования, основанный на использовании методов работы с данными и математического моделирования.

В данной работе рассматриваются методы математического моделирования, при котором процесс проектирования функциональных продуктов питания включает в себя разработку моделей, описывающих этапы создания пищевого продукта заданного качества и представляющих собой математические зависимости, отображающие все изменения ключевых параметров, на основе которых они разрабатываются, а также оптимизацию выбора и соотношения исходных компонентов.

Объектами проектирования служат функциональные продукты питания различных групп, обладающие особенностями, которые должны быть учтены в процессе проектирования. В связи с поставленной целью определяются критерии оптимальности: экономический, технологический или другой показатель, на основе которого сравниваются возможные варианты и выбираются наилучшие из них или устанавливаются сочетания выбранных критериев.

Состав ограничений зависит от свойств объекта проектирования и требований, которые должны наиболее эффективно отражать его сущность. Ограничениями могут быть элементы химического состава, стоимость продукта, процентное содержание отдельных ингредиентов и иметь вид двойных неравенств:

$$\begin{aligned} C_{imin} &\leq C_i \leq C_{imax} \\ Y_{jmin} &\leq Y_j \leq Y_{jmax} \end{aligned}$$

где C_i - значение i -го элемента (белок, жир и т.д.) в готовом продукте;

Y_j - массовая доля j -го ингредиента в рецептуре; $C_{i \min}$; $C_{i \max}$; $Y_{j \min}$; $Y_{j \max}$ - верхние и нижние границы допустимого диапазона. Нахождение оптимальной рецептуры – решение системы линейных уравнений:

$$C_1 = \sum_{j=1}^n X_j Y_{1j}$$
$$C_2 = \sum_{j=1}^n X_j Y_{2j}$$

...

$$C_i = \sum_{j=1}^n X_j Y_{ij}$$

где X_{ij} - значение i -го элемента в j -м ингредиенте; n - число ингредиентов в продукте [3].

Задача поиска экстремума некоторой линейной формы в n -мерном пространстве при наличии ограничений в виде неравенства на множестве линейных форм – классическая задача линейного программирования.

В данной работе для проектирования рецептур функциональных напитков предложено использование объектно-ориентированного (ОО) подхода, позволяющего представить рецептуру в виде иерархической структуры. Каждая из вершин иерархической структуры представляет собой объект (готовый продукт, полуфабрикат, сырье). Каждый уровень иерархии соответствует определенной стадии изготовления продукта и может иметь свое, индивидуальное число вершин, расположенных ниже по иерархии. Алгоритм расчёта многофазной рецептуры продукта начинается с расчета последнего уровня в наиболее длинной ветви иерархической структуры расчёта. Основным достоинством ОО представления является возможность наследования свойств и методов совместно с добавлением новых расчётных формул, учитывающих расширение сырьевого ассортимента, особенности производства, технико-экономические показатели процессов, протекающих в аппаратах технологической линии. В частности, может решаться задача проектирования пищевого продукта с заданными характеристиками из множества альтернатив ингредиентного состава с сохранением качественных показателей на заданном уровне с необходимым уровнем себестоимости.

В заключение необходимо отметить, что разработка новых продуктов питания и напитков, в том числе функционального назначения, на основе растительного сырья является перспективным направлением работ. Применение для этих целей растительного сырья Алтайского края приобретает все большую популярность и обеспечивает доступную, воспроизводимую, относительно недорогую и богатую биологически активными веществами сырьевую базу, что на сегодня особенно актуально в сложившихся условиях импортозамещения. Внедрение автоматизированных методов разработки рецептур упрощает эти работы, позволяет разрабатывать рецептуры многокомпонентных напитков различного функционального назначения с высокими органолептическими характеристиками для различных сегментов потребителей.

Список литературы

1. *Школьникова, М.Н.* Автоматизированные информационные системы подбора рецептур пищевых продуктов / М.Н. Школьникова, Д.А. Наумова // Сборник научных статей и докладов II Международной научно-практической конференции (заочной). – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2016. – С.139-141.
2. *Popov, F.A.* Principles of computer-aided design of multi-component food products / F.A. Popov, M.N. Shkol'nikova, D.A. Naumova // Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference. / Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A. – M.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2017. – P. 79–82.
3. *Донских, Н.В.* Разработка автоматизированной информационной системы для расчета и оптимизации рецептур / Н.В. Донских, Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, Д.В. Леонов // Известия высших учебных заведений. – 2011. – № 2–3. – С. 122–123.

05.13.01

М.С. Семенцов

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт радиоэлектроники и информационных технологий,
кафедра «Вычислительные системы и технологии»,
Нижний Новгород, msementsov@yandex.ru

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕКСТА ИСХОДНЫХ КОДОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК СИМВОЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-155-158

В работе представлен алгоритм идентификации программного обеспечения с целью установления автора на основе анализа текстов исходных кодов с использованием характеристик символьного разнообразия. Приведено описание программной реализации данного алгоритма и примеры его использования при решении практических задач.

Ключевые слова: *идентификация текста, программное обеспечение, исходный код, символическое разнообразие.*

Задача установления авторства программного обеспечения, с одной стороны, тесно связана с вопросами защиты интеллектуальной собственности. С другой стороны, актуальной является проблема кибер-угроз, связанных с разработкой и использованием вредоносного программного обеспечения, например, с целью несанкционированного доступа к базам данных, умышленного искажения данных в информационных системах [1]. Необходимо развивать методологию предотвращения новых кибер-атак, в том числе путем пресечения деятельности злоумышленников [1, 2].

При решении данной задачи активно используются методы, в которых объектом анализа является исходный код программного обеспечения. Это связано с тем, что в исходных кодах в наибольшей степени проявляются характерные авторские черты. Несмотря на то, что исходные коды программ, написанных на языках любого уровня, являются более структурированными текстовыми объектами, чем тексты на естественном языке, программист имеет определенные возможности для выражения собственного стиля при написании кода [2].

Известны модели и методы идентификации текстов на естественном языке, использующие анализ текстов на уровне символов и их сочетаний, в частности, с использованием модели в виде N-грамм [3, 4]. Пример всех возможных N-грамм для слова «ТЕКСТ» приведен на рис.1.

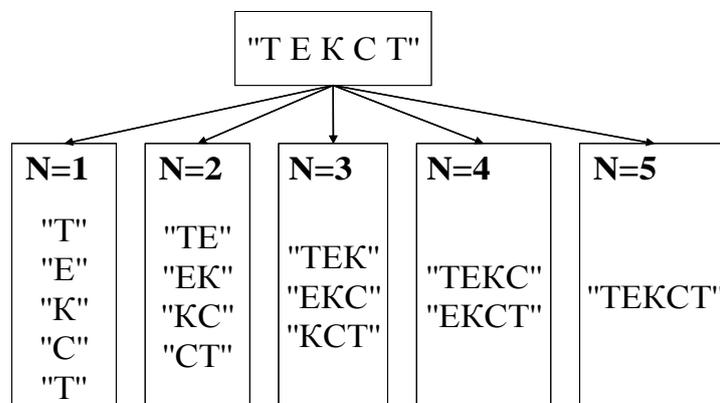


Рис. 1 – Все возможные N-граммы для строки «ТЕКСТ»

В работе [5] показано, что аналогичный подход оказывается эффективным и в случае рассмотрения программного кода как текста. Использование уровня символов при построении модели текста позволяет учитывать авторские стилевые особенности без привязки к специфическим особенностям конкретного языка программирования.

В настоящей работе в качестве базовой рассматривается модель текста, в основе которой лежат энтропийные характеристики символьного разнообразия [6]. Данная модель является развитием N-граммного подхода. В качестве формальных признаков, описывающих специфику авторского стиля при написании программ, используются обобщенные характеристики разнообразия подстрок различной длины.

Подробное описание данной модели и процедуры ее построения приведено в работе [2]. Для строки символов длины n по формуле (1) рассчитывается оценка энтропии слов длины m как функция целочисленного аргумента, принимающая значения в интервале $[0,1]$, а по формуле (2) – ее инверсная конечная разность.

$$C(m) = - \sum_{i=1}^M \left(\frac{c_i}{n-m+1} \right) \log_M \left(\frac{c_i}{n-m+1} \right) \quad (1)$$

$$\Delta C(m) = C(m) - C(m+1), m = \overline{1, n-1} \quad (2)$$

Здесь $M = k^m$ – количество возможных слов длины m , k – мощность используемого алфавита символов, c_i – число встречаемостей i -го слова ($i = \overline{1, M}$). Пиковая характеристика символьного разнообразия $\mu_p(T)$ определяется в соответствии с формулой (3), а кумулятивная характеристика $\mu_s(T)$ – в соответствии с формулой (4), и обе характеристики принимают значения в интервале $[0,1]$.

$$\mu_p(T) = \frac{m^*}{\hat{m}} = \frac{\arg \max_{1 \leq m \leq n-1} \Delta C(m)}{\lfloor \log_k n \rfloor} \quad (3)$$

$$\mu_s(T) = \frac{1}{\tilde{m}} \sum_{i=1}^{\tilde{m}} C(i) \quad (4)$$

По результатам анализа характеристик символьного разнообразия с точки зрения их информативности в качестве формальных признаков авторского стиля сделан вывод о невозможности применения пиковой характеристики, поскольку ее значения зависят только от длины текста. Кумулятивная характеристика символьного разнообразия может рассматриваться в качестве информативного признака, поскольку обладает различающей способностью в случае малого числа авторов [2].

Для идентификации неизвестного текста программы предложен алгоритм, представленный на рис. 2.

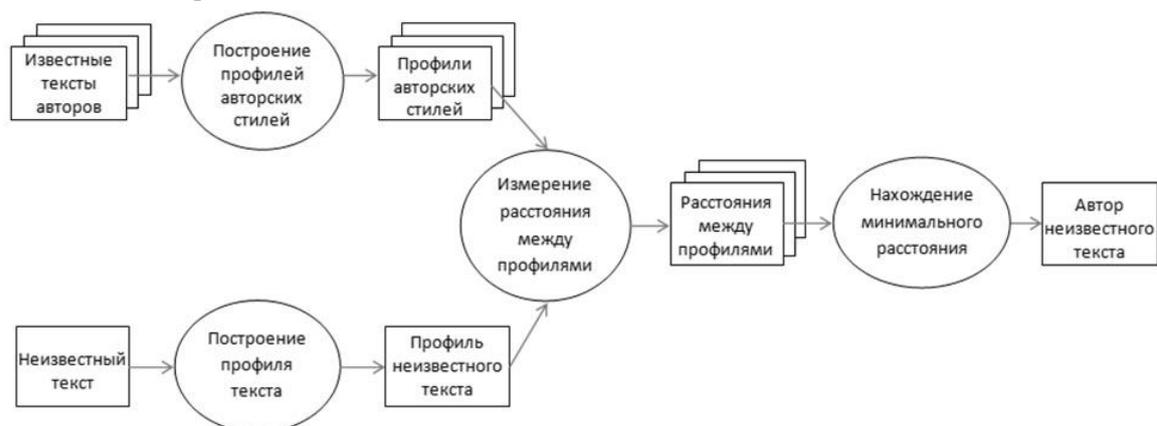


Рис. 2 – Алгоритм идентификации текста исходных кодов программы

В общем случае, под профилем текста здесь понимается вектор значений параметров модели конкретного текста, а под профилем авторского стиля – вектор усредненных значений параметров моделей текстов, принадлежащих одному автору. С учетом предложенной модели, решение задачи проводится в одномерном признаковом пространстве, и расстояния между профилями авторского стиля вычисляются как модуль разности соответствующих значений кумулятивной характеристики символьного разнообразия.

Предложенный алгоритм был реализован в виде программы с графическим интерфейсом, написанной на языке C# [7]. Разработанная программа объединяет в себе реализацию двух основных этапов решения задачи идентификации:

- обработка текстовых файлов исходных кодов программ и построение моделей текстов (профилей как отдельных текстов, так и авторов);
- проведение идентификации текста на основе построенных моделей.

На этапе построения модели входным параметром, кроме самого текстового файла, является значение порога ϵ , используемого при вычислении кумулятивной характеристики символического разнообразия. В расчетах используется фиксированное значение мощности алфавита анализируемых символов, равное 160, что соответствует всем основным печатным символам, включая буквы кириллицы и латиницы в верхнем и нижнем регистре.

На рис. 3 представлен пример окна, в котором отображаются параметры модели текста, а на рис. 4 – окно с результатами идентификации.

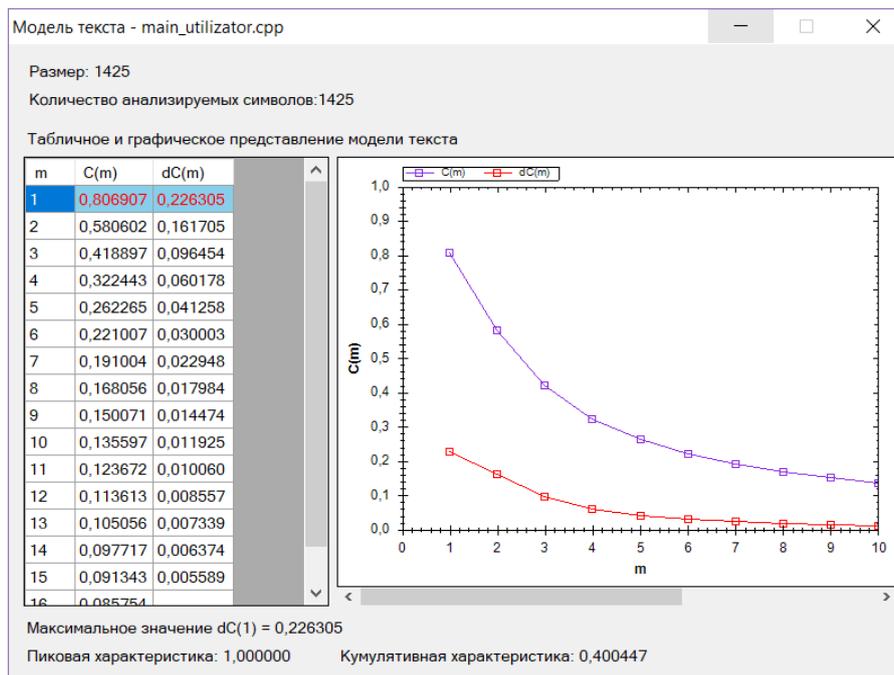


Рис. 3 – Графический интерфейс программы (параметры модели текста)

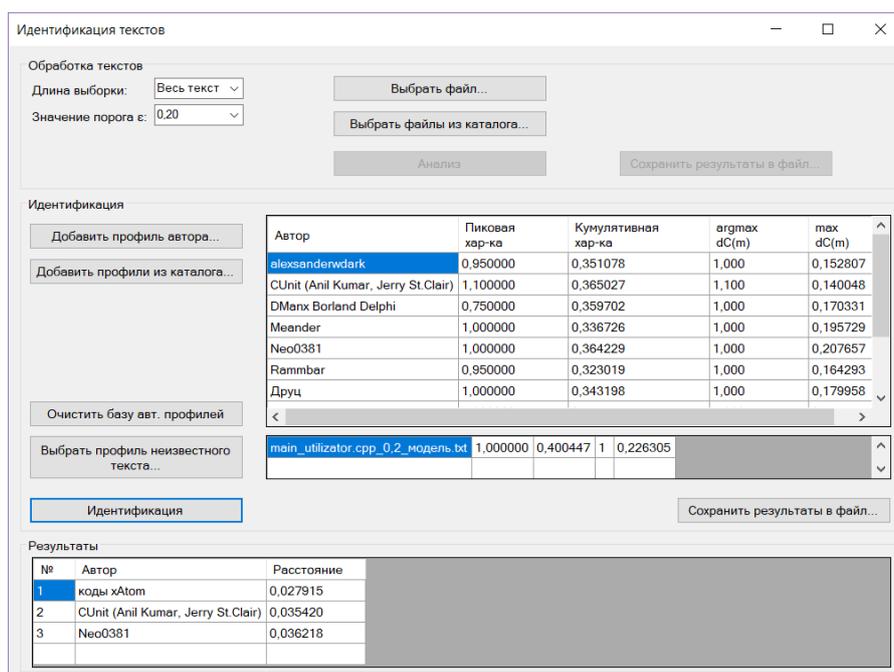


Рис. 4 – Графический интерфейс программы (идентификация)

Результаты идентификации отображаются в виде таблицы, в которой перечислены три наиболее вероятных автора неизвестного текста и расстояния между профилем текста и соответствующими профилями авторов (рис. 4). Авторы в таблице упорядочены по возрастанию расстояния между профилями. Подобное представление позволяет выделить группу авторов, чей стиль близок к стилю истинного автора текста.

Таким образом, с помощью предложенного алгоритма и его программной реализации может быть решена задача определения авторства программного обеспечения по исходному коду с использованием модели в виде энтропийных характеристик символьного разнообразия. Профили авторского стиля представлены значениями кумулятивной характеристики символьного разнообразия. Эксперименты [2] показали, что модель в виде кумулятивной характеристики символьного разнообразия может быть применена при определении автора исходного кода программы в качестве одного из параметров в случае ограниченного круга потенциальных авторов.

Список литературы

1. *Lomakina, L.S., Sementsov M.S., Surkova A.S.* Authorship Attribution of GIS Software Source Codes // Proceedings of the Thirteenth MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation (MEDCOAST 17), 2017, vol.2 p. 1225-1234.
2. *Семенцов М.С., Суркова А.С.* Энтропийные характеристики символьного разнообразия в текстах исходных кодов программ // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – №1.1(59). – С. 173-176.
3. *Ломакина Л.С., Мордвинов А.В., Суркова А.С.* Построение и исследование модели текста для его классификации по предметным категориям // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – №1(43). – С. 16-20.
4. *Ломакина Л.С., Суркова А.С.* Информационные технологии анализа и моделирования текстовых структур: Монография – Воронеж: Издательство "Научная книга", 2015. – 208 с.
5. *Frantzeskou G., MacDonell S.G., Stamataos E., Georgiou S., Gritzalis S.* Identifying Authorship by Byte-Level N-Grams: The Source Code Author Profile (SCAP) Method // International Journal of Digital Evidence. – Trier, Germany, 2007. – Vol. 6, № 1. – P. 139–148.
6. *Сметанин Ю.Г., Ульянов М.В.* Мера символьного разнообразия: подход комбинаторики слов к определению обобщенных характеристик временных рядов // Бизнес-информатика. 2014. № 3 (29). С. 40-48.
7. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ 2016612838. Рос. Федерация. Система идентификации авторства исходных кодов программ / Л.С. Ломакина, М.С. Семенцов, А.С. Суркова; правообладатель Нижегород. гос. ун-т. – № 2016610180; заявл. 12.01.2016; зарегистр. 10.03.2016; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 1. – 1 с.

05.13.18

А.И. Сокол, Л.Р. Сокол

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, likesky@list.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ ОТ ФАЛЬСИФИКАЦИИ НА СТАДИИ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-159-162

Исходя из требований защиты авторских прав на стадии дизайна печатной продукции используют специальные изображения: контрольные и штриховые коды, гильоши, скрытые (латентные) элементы, микрографику и скрытые изображения на основе специфических свойств растровых структур. Для формирования скрытого изображения решается задача выявления необходимых характеристик растровых структур. Моделируется метод внедрения и извлечения латентных изображений из печатных изображений. Извлечение скрытого изображения осуществляется с применением фильтров, существенно воздействующих на одну растровую структуру и несущественно на другую.

Ключевые слова: защита информации, допечатная подготовка, цифровые изображения, спектральный анализ, латентные изображения, цифровая фильтрация.

Использование графических изображений для защиты печатной продукции широкого назначения применяется в различных сферах для защиты авторских прав. Традиционно любой товар оснащен биркой, этикеткой, поэтому при производстве продукции подделывают не только непосредственно товар, но и сопровождающую его полиграфическую продукцию - этикетку, упаковку, акцизные марки и прочее [1].

По сложности и эффективности методы защиты печатной продукции общего товарного назначения уступают методам защиты продукции специальной, такой как банкноты и ценные бумаги [2].

Качественную допечатную подготовку этикеточной и упаковочной продукции вполне можно выполнять на базе стандартного набора дизайнерских приложений [3].

К способам защиты на допечатной стадии относятся специальные изображения: контрольные и штриховые коды, гильоши, тонкие линии которых формируют фоновое изображение, скрытые (латентные) элементы и микрографика [4]. Данные способы относятся к элементам декоративного оформления документов с целью их защиты от подделки. Конечный продукт работы программы является экспортным файлом форматов векторной графики подмножества языка PostScript [3].

На рынке программного обеспечения имеются специализированные программные продукты компании HCC Security Graphics [5], создающие изображения с использованием гильоширных узоров с фазовым сдвигом скрываемого изображения, и компании Jura JSP. [6]. Результат работы программы экспортируется в PostScript-файл (в формате EPS), который может быть использован любым векторным редактором или программой верстки (Adobe Illustrator, CorelDRAW и др.).

Скрытые изображения могут создаваться с помощью средств голографии [7]. Появление новых видов передачи и хранения информации привело к появлению цифровой стеганографии [8]. Для выявления латентного изображения применяются оптические методы неразрушающего контроля, а также методы, основанные на цифровой фильтрации [9]. Технология цифрового растрирования предполагает преобразование полутоновых изображений в монохромные и их последующую печать. Метод, предполагающий применение пользовательской формы растровой точки [10], позволяет создавать растрированные изображения, растровую структуру которых сложно воспроизвести без наличия оригинального растрового процессора. В полиграфии для воспроизведения полутонов применяется периодическое и стохастическое растрирование [11].

Существует большое разнообразие периодических растровых структур, отличающихся формой растровой точки, характером изменения формы растровой точки по градационной шкале и способом формирования угла поворота растровой решетки [12]. Однако изменение величины тона на сюжетном изображении носит случайный характер, поэтому использовать данное отличие для выявления скрытого изображения не представляется возможным из-за сложности объективного анализа данных различий [13].

По определению стохастические растры моделируют яркость изображения количеством растровых точек в растровой ячейке. Недостатками являются повышенный шум в низкоконтрастных областях изображений [14].

Алгоритмы, использующие в своей основе стохастический процесс, уже содержат шумы в несжатых бинаризованных копиях [15]. В отличие от метода, указанного в работе [16], обоснует применение способа, когда основное изображение растрируется несколькими растровыми структурами и затем совмещаются несколько полученных копий.

Рассмотрим, как за счет перераспределения уровня шума можно получить эффект более плавного перехода между тонами.

Пусть выходное изображение $g(x,y)$ формируется сложением исходного изображения $f(x,y)$ и шума $\eta(x,y)$:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y),$$

где предполагается, что значение шума в каждой точке имеет среднее нулевое значение.

Тогда изображение $\bar{g}(x,y)$ получено усреднением K изображений $g(x,y)$, которые отличаются только шумом:

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y),$$

поскольку математическое ожидание шума $M(\eta)$ определяется как

$$M(\eta) = \sum p_i \eta,$$

тогда дисперсия случайной величины $D(\eta)$, выражаемая как

$$D(\eta) = M(\eta^2) - M^2(\eta),$$

уменьшается и среднеквадратичное отклонение σ

$$\sigma = \sqrt{D(\eta)}$$

также уменьшается.

Таким образом, при увеличении K величина отклонения значения элемента в каждой точке (x,y) уменьшается. Это означает, что $\bar{g}(x,y)$ приближается к $f(x,y)$.

Для визуального восприятия это означает следующее: 1) уменьшаются шумовые искажения на границе совмещения основного и встраиваемого изображений; 2) более точно воспроизводятся детали и границы объектов полутонового изображения; 3) выделяются слабоконтрастные структуры основного изображения, которые могут быть неразличимы глазом или плохо передаваться техническими средствами, формирующими изображение. Следовательно, искажения на выходном изображении уменьшаются.

При этом важно установить порог на величину K , выше которого качество цифровой фильтрации для восстановления скрытого изображения ухудшается.

Метод выбора растровых структур - анализ на основе преобразования Фурье, двумя компонентами которого являются амплитуда преобразования и фаза [17]. Все составляющие $F(u,v)$ представляют собой распределение энергии по вертикальным и горизонтальным частотам.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi(ux/M + vy/N)}$$

Преобразование можно выполнить программно и получить в результате физическое изображение. Метод позволяет охарактеризовать частотный состав исходного изображения.

Методика внедрения скрытого изображения, приведенная на рисунке 1, выглядит следующим образом. Одно изображение принимается в качестве входных данных и генерируются два выходных полутоновых изображения, которые соответствуют двум из трех входных изображений. Третье изображение - секретный образ. Это реконструируется как полутоновое изображение, складывая (накладывая) выходные изображения вместе.

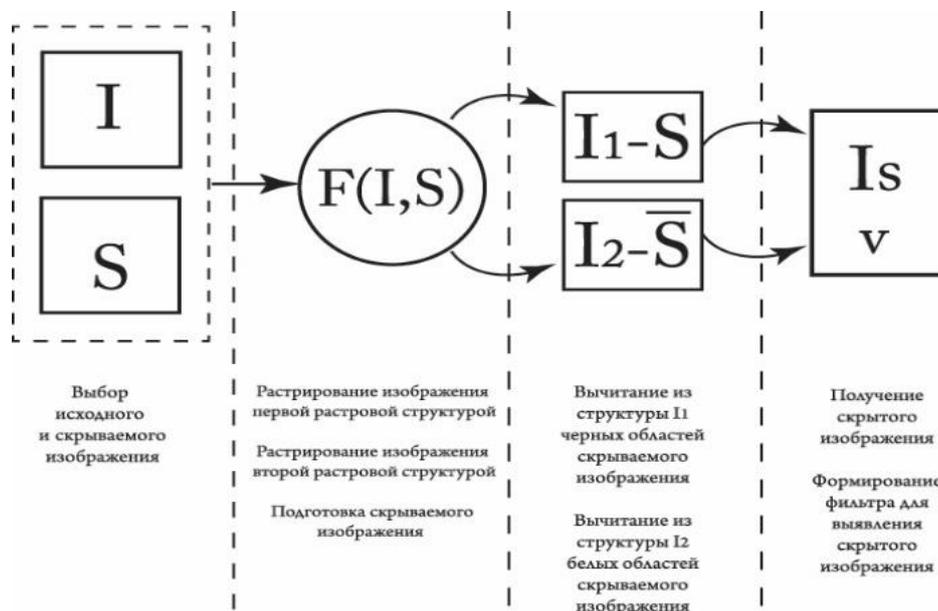


Рис. 1 - Схема внедрения скрытого изображения

Где $x_1(i, j)$ - элемент массива, соответствующего одному растру; $x_2(i, j)$ - элемент массива, соответствующего второму растру; $s(i, j)$ - элемент массива маски; I_1 и I_2 - изображения, растриванные с использованием различных растров, S - массив, соответствующий внедряемому изображению, I_s - скрытое изображение, v - скрываемое изображение.

Рассмотрим процесс внедрения скрытого изображения в этикетку, созданную в редакторах Adobe Illustrator и Adobe Photoshop. Исходные изображения этикетки отдельно растрируются растровыми процессорами с использованием разных растров. После этого они помещаются в программу обработки изображений, например Adobe Photoshop. В этом случае скрытое изображение представлено в виде маски слоя. Затем изображения объединяются. Одно изображение соответствует светлым участкам маски, а другое - темным. Для передачи цифрового файла этикетки со скрытым изображением на печатающее устройство она растрируется одним из выбранных алгоритмов растривания еще раз.

Далее полученное изображение анализировалось визуально на наличие граничных дефектов между растровыми структурами при наложении [18].

Для выявления латентного изображения используем методы, основанные на цифровой фильтрации, отсканировав изображение этикетки. Необходимо применение фильтров, существенно воздействующих на одну растровую структуру и несущественно - на другую [19]. Наиболее удобно использовать для проектирования окно Custom программы Adobe Photoshop

Заключение

Проведено исследование способа формирования латентных изображений на стадии допечатной подготовки с использованием свойств растровых структур. Технический результат заключается во внедрении в изображение этикетки скрытого изображения для защиты от фальсификации с использованием стандартного программного обеспечения. Спроектирован фильтр, воздействие которого позволяет выявить скрытое изображение в растровой структуре и подтвердить право собственности на авторство изображения.

Список литературы

1. Защита продукции полиграфическими методами. [Электронный ресурс]. Режим доступа. <http://inforprint.ru>. (дата обращения: 15.11.2017).
2. *Коншин А.А.* Защита полиграфической продукции от фальсификации. М.: Синус, 1999. 160 с.
3. *Ю. Иванов* [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://compuart.ru/article/18703>. (дата обращения: 15.11.2017).
4. *Л.С. Корочкин.* Современные методы дизайна банкнот и документов //Банковский вестник, Минск. 7. с. 47 - 50. (2004)
5. Программный продукт для создания гильоширных рисунков HCC Security Graphics. [Электронный ресурс]. <http://www.hcc-graphics.com> (дата обращения: 15.11.2017).
6. Программный продукт для создания элементов защиты Jura JSP. [Электронный ресурс]. <http://www.jura.hu> (дата обращения: 15.11.2017).
7. *С.Б. Одинокоев.* Методы и оптико-электронные приборы для автоматического контроля подлинности защитных голограмм. М.: Техносфера, 2013. 176 с.
8. *В.Г. Грибунин, Е. Костюков., А.П. Мартынов, Д.Б. Николаев, В.Н. Фомченко.* Стеганографические системы. Критерии и методическое обеспечение. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016. 324 с.
9. *Клюев В.В.* Неразрушающий контроль. Россия. Справочник. 1999 – 2000. М.Машиностроение, 2003. 656 с.
10. *V. Ostromoukhov, R. D. Hersch.* Multi-Color and Artistic Dithering.//IEEE transactions on information forensics and security. 8, 4, (2006).
11. Пат. США 6690811B2 (2000).
12. S. Aoki, New halftoning method using adaptive cell. // International Conference on Digital Printing Technologies. Toronto, Ontario, Canada, October 18-23, 1998.
13. S. Gooran, Internal Research Technical Report LiTH-ITN-R- 2714. 2003-11, Linkoping University. Sweden.
14. *О.А. Гурьянова, Ю.С. Андреев.* Метод оценки воспроизведения мелких штриховых деталей различными растровыми структурами по статистическим параметрам гистограммы//Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела. 4. с. 105-117. (2015)
15. *И.Е. Кучеров, Е.М. Кайнарова, Е.С. Яковлева.* Встраивание бинаризованного изображения в плоскости грея полутонового контейнера с секретным ключом //Фундаментальные исследования. 12. Ч. 7. с. 1400 - 1410. (2014)
16. *А.А. Шевелев.* Создание латентных изображений с использованием стохастических растровых структур //Технологія і техніка друкарства. №1-2 (23 - 24). с. 226 - 233. (2009)
17. *Р. Гонсалес, Р. Вудс, Эддинс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М. Техносфера, 2006. 1072 с.
18. Glass patterns. [Электронный ресурс]. <http://www.scholarpedia.org>. (дата обращения: 15.11.2017).
19. *Хрящев Д.А.,* Предварительная обработка и анализ цифровых изображений, полученных в условиях недостаточной освещенности/дис. к. т. н. Астрахань, 2013, 145 с.

05.13.00

А.А. Сучкоусов, В.В. Андреев д-р. техн. наук, В.Н. Хохлов канд. техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики,
кафедра Ядерные реакторы и энергетические установки,
Нижний Новгород, vyach.andreev@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВИХРЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНА НА ОСНОВЕ ЕЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПРИВЕДЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-163-166

Известна проблема выбросов паров бензина при его транспортировке и перемещении для хранения. Одним из способов рекуперации выбросов паров опасных жидкостей является их конденсация. Для получения низких температур, в случае имеющегося в достаточном количестве сжатого воздуха, возможно использование вихревых трубок - устройств, реализующих процесс Ранка. В работе исследуется влияние различных факторов на работу вихревой трубки: давление сжатого воздуха, количество заходов в улитку и длина вихревого участка разделительной трубы. Полученные данные позволяют построить эмпирическую обобщенную модель нескольких приведенных параметров, которая позволяет эффективно подобрать оптимальные размеры и параметры работы для вихревой трубки в системе рекуперации паров бензина.

Ключевые слова: *вихревая трубка, эффект Ранка, обобщенная модель, оптимизация, проектирование.*

Работа АЗС, особенно в плотно застроенной городской черте, представляет потенциальную опасность и оказывает существенную экологическую нагрузку на окружающую среду и население. Даже при нормальной эксплуатации оборудования имеется ряд технологических операций, выполнение которых приводит к потерям нефтепродуктов, это потери при транспортировке, хранении, наливе, сливе и заправке техники жидкими нефтяными топливами. Примерно 75% потерь жидких топлив приходится на испарение. Испарения повышают пожароопасность, приводят к загрязнению воздушного бассейна и ухудшению экологической обстановки.

Наиболее очевидным способом улавливания паров топлива является использование систем рекуперации основанных на конденсировании паров топлив. Наличие на АЗС источников сжатого воздуха позволяет осуществить работу такой системы с минимальными затратами на подготовку.

В 2010 году ООО «ЛУКОЙЛ-Волганефтепродукт» разработала устройство для улавливания и рекуперации паров моторного топлива с оформлением Сертификата соответствия в системе сертификации ГОСТ Р № РОСС RU.АЯ74.В34087, №0158592 от 21.09.2010 и Патента на полезную модель за №94549 от 27 мая 2010 года [1].

Данное устройство применяется для улавливания и рекуперации паров нефтепродуктов во время слива из автоцистерны в резервуары АЗС («большие дыхания»), а также при временном хранении нефтепродуктов в резервуарах АЗС («малые дыхания»). Основным элементом предлагаемой системы, обеспечивающим процесс рекуперации топлива на основе конденсирования его паров, является вихревая трубка [1].

Вихревые трубки также находят применение для охлаждения кабин машинистов в поездах, серверных, резцов на всевозможных станках. Это оправданно в тех случаях, когда уже существует сеть сжатого воздуха, в которой потери значительно больше, чем требуется для работы вихревой трубки [2].

Достоинства вихревых трубок- отсутствие движущихся частей и простота изготовления. К недостаткам можно отнести то, что требуется источник воздуха высокого давления, низкий коэффициент температурного преобразования по сравнению с тепловыми насосами а также шум.

В основе работы системы лежит эффект разделения газа на два разных по температуре потока, происходящий, в так называемой вихревой трубке. На рисунке 1 приведена схема работы вихревой трубки.

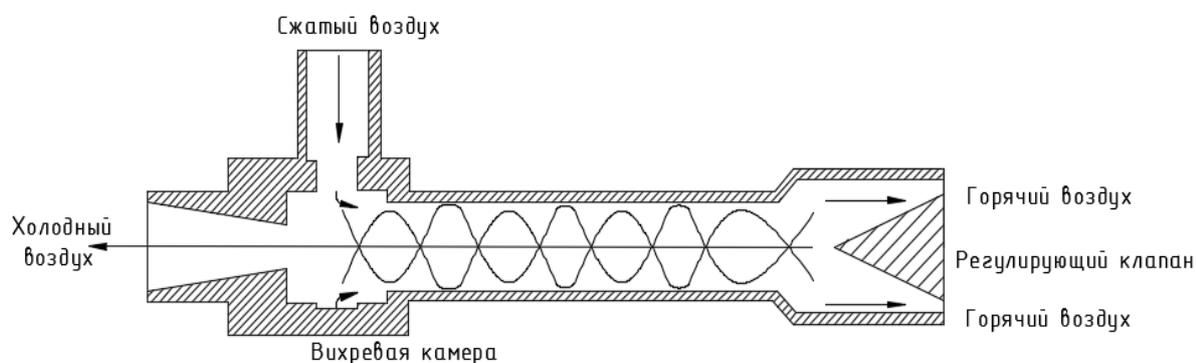


Рис. 1- Принципиальная схема вихревой трубки

Характерной чертой эффекта Ранка является расслоение вращающегося потока воздуха на холодный и горячий поток. Сжатый воздух подается в вихревую камеру, где закручивается тангенциально под давлением через сопло. Далее он идет по разделительной трубе, где происходит разделение на холодный и горячий потоки, попадая на регулирующий клапан центральный (холодный) поток возвращается обратно, а периферийный (горячий) выходит в атмосферу. Нет единого мнения о том, что приводит к эффекту Ранка – расширение газа или высокие скорости взаимодействующих закрученных потоков [3, с. 47]. В жидкостях эффект Ранка тоже проявляется, хотя и меньше выражен [2]. Отсутствие теоретического обоснования работы вихревой трубки, как объекта исследования, заставляет ориентироваться на построение различных обобщенных зависимостей (моделей), основанных на эмпирических данных.

С целью оптимизации работы системы рекуперации было предложено изменить конструкцию улитки, размещающейся в вихревой камере трубки, длину разделительной трубы, и все это протестировать при разных давлениях, чтобы выявить закономерности. Для построения обобщенной модели вихревой трубки, используемой в системе рекуперации, была собрана лабораторная установка, фотография которой приведена на рисунке 2.



1- вихревая камера; 2- разделительная труба; 3- регулирующий клапан; 4- компрессор

Рис.2- Экспериментальная установка

Установка состоит из вихревой трубки и компрессора. Вихревая трубка включает в себя вихревую камеру, в которой расположена улитка и разделительную трубу с регулирующим клапаном. В качестве источника сжатого воздуха использовался компрессор модели АВАС В 5900В / 100 СТ 5,5 производительностью 653 л/мин, рабочим давлением до 11 бар и мощностью 4кВт. Воздух под давлением попадает в вихревую трубку, делится на два потока - горячий и холодный. Для измерения температуры и расхода воздуха на выходе из вихревой трубки использовался термоанемометр Mastech MS6252. В экспериментах по продувке вихревых трубок варьировались следующие параметры: угол поворота разделителя (от 60° до 75°), длина разделительной камеры (от 480 до 4080 мм), а также давление воздуха, подаваемого в разделительную камеру (от 4 до 6 бар). Для оптимизации проведения экспериментов использовалась матрица планирования полного факторного эксперимента [4], приведена в таблице 1.

Таблица 1- Матрица планирования полного факторного эксперимента.

Фактор	Уровень			Интервал варьирования	Размерность
	-1	0	+1		
x ₁	0.48	2.28	4.08	1800	м
x ₂	0.4	0.5	0.6	0.1	МПа
x ₃	1.047	1.178	1.309	0.131	рад

Где факторы: x₁ показывает длину разделительной трубы, x₂ показывает давление, x₃ показывает угол поворота клапана. На основе таблицы 1 были проведены эксперименты.

Таблица 2- Знаки для нахождения коэффициентов регрессии.

x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	y	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₂ x ₃
1	-1	-1	-1	7,9	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	9,7	-1	-1	1	1
1	-1	1	-1	8,9	-1	1	-1	1
1	1	1	-1	11	1	-1	-1	-1
1	-1	-1	1	6,2	1	-1	-1	1
1	1	-1	1	7,7	-1	1	-1	-1
1	-1	1	1	5,1	-1	-1	1	-1
1	1	1	1	7,4	1	1	1	1

В ходе экспериментов мы измеряли температуры горячего и холодного воздуха. Для построения модели, мы выбрали такую характеристику вихревой трубки, как разность температур горячего и холодного воздуха (y). Из этой таблице мы получаем уравнение зависимости разности температур от полученных данных

$$y=7.98+0.96x_1+0.1125x_2-1.3875x_3+0.1377x_1x_2-0.46x_1x_3+0.0625x_1x_2x_3$$

Исходя из формулы выходит, что переменная x₂ (давление) оказывает наименьшее влияние, поэтому в дальнейшем мы не будем ее менять и будем проводить эксперименты со значением давления равным 0.6 МПа. К сожалению, это уравнение не дает возможности построить полноценную модель, поэтому мы будем рассматривать полный квадратичный полином. Для этого построим для него матрицу изображенная в таблице 2.

Таблица 2- Знаки для нахождения коэффициентов регрессии.

x_0	x_1	x_3	$x_1 x_3$	x_1^2	x_3^2	y
1	-1	-1	1	0,333	0,333	6,5
1	1	-1	-1	0,333	0,333	0,1
1	-1	1	-1	0,333	0,333	3,7
1	1	1	1	0,333	0,333	0,1
1	-1	0	0	0,333	-0,666	7,4
1	1	0	0	0,333	-0,666	0,1
1	0	-1	0	-0,666	0,333	10,6
1	0	1	0	-0,666	0,333	9,3
1	0	0	0	-0,666	-0,666	14

Из таблицы 2 мы получаем уравнение описывающее модель вихревой трубки

$$y=6.08-2.8833x_1-0.68x_2+0.7 x_1 x_2-9.3 x_1^2-3.11x_3^2$$

На основе этого уравнения построим поверхность(рисунок 3).

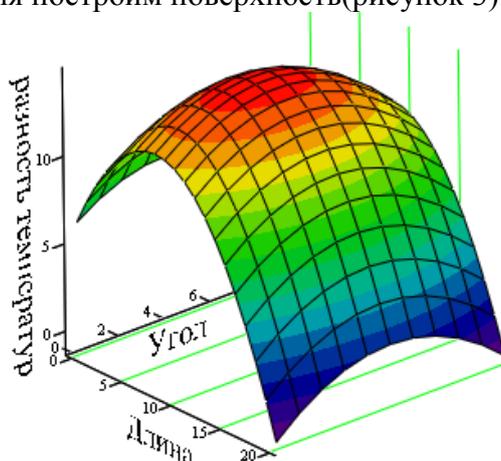


Рис.3-Модель характеристик вихревой трубки

По этой модели, построенной по последнему уравнению, максимум разности температуры равняется 14,639°C, в то время, в лабораторных условиях максимум при таких же параметрах равняется 14°C. Можно сделать вывод, что модель построена правильно.

Список литературы

1. <http://www.pandia.ru/text/78/145/46061.php> (дата обращения 01.03.2018)
2. Вестник ТГТУ. 2010. Том 16. №4. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_16/pdf/16_4_006.pdf (дата обращения 28.02.2018)
3. А.П. Меркулов. Вихревой эффект и его применение в технике. -М.: Машиностроение. 1969. – С. 186.
4. <http://masters.donntu.org/2009/fema/biriukov/library/article2.pdf>

05.13.00

Л.А. Феоктистова канд. техн. наук, Т.В. РзаеваНабережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского федерального университета)**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-167-169**

Авторами в статье предложен вариант использования возможностей 3D-моделирования при выполнении графической работы «Проекционное черчение». Показано, что применение компьютерных технологий способствует осознанному усвоению изучаемого материала, что впоследствии, будет способствовать формированию у будущих инженеров высоких профессиональных качеств.

Ключевые слова: инженерная графика, проекционное черчение, чертеж детали, компьютерные технологии, 3D-модель.

Инженерное образование на нынешнем этапе развития науки и техники трудно представить без использования компьютерных технологий.

Применение в учебном процессе компьютерных технологий обеспечивает точные и наглядные решения задач начертательной геометрии и инженерной графики в трехмерном пространстве.

«Инженерная и компьютерная графика» - одна из дисциплин, которая составляет основу инженерного образования. Целью данной дисциплины является развитие пространственного воображения, конструктивно геометрического мышления, а также способность к анализу пространственных форм и их отношений на основе графических моделей.

Одним из основных стандартов, определяющих правила выполнения чертежей является ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения». Положения этого стандарта изучает раздел «Проекционное черчение». Основная цель курса – освоить правила оформления и технику выполнения чертежа детали на примере простых геометрических форм.

За основные плоскости проекций приняты шесть граней куба, которые совмещают с плоскостью чертежа установленным образом в соответствии с ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

В процессе работы над заданием необходимо детально проработать проецирование отсеков поверхностей, составляющих деталь, определить недостающие проекции точек, принадлежащих поверхностям и построить линии их пересечений. При работе над заданием появляется необходимость построения проекции точек и линий, принадлежащих поверхности детали. Как правило, решение такого рода задач сводится к нахождению недостающих проекций точек, принадлежащих поверхности. Недостающие проекции точек, принадлежащих поверхности, определяются по законам начертательной геометрии.

Правила и методы построения изображений изучаются в разделе «Проекционное черчение». Цель задания – формирование техники и навыков создания и чтения чертежей. Авторы предлагают рассмотреть решение задачи на примере одного из вариантов задания по теме «Проекционное черчение», разработанного для направления подготовки «Компьютерные технологии в мехатронике и робототехнике».

В задании (рис. 1, а), требуется по двум видам (спереди и сверху) построить третий (слева) и выполнить необходимые разрезы. Исходные фигуры многогранники. Задание усложняется тем, что поверхности сквозного призматического отверстия (окна) пересекают как внешние, так и внутренние поверхности исходной фигуры (детали с двойным проницанием). Основное содержание этой задачи – построение линий пересечения внешней

призматической и внутренней цилиндрической поверхностей с горизонтальным призматическим отверстием, формирование полостей этих отверстий, выполнение необходимых разрезов (рис. 1,б).

Внутреннее цилиндрическое отверстие при пересечении с гранями призмы на профильной плоскости проекций приобретает вид эллипса (фрагмента эллипса).

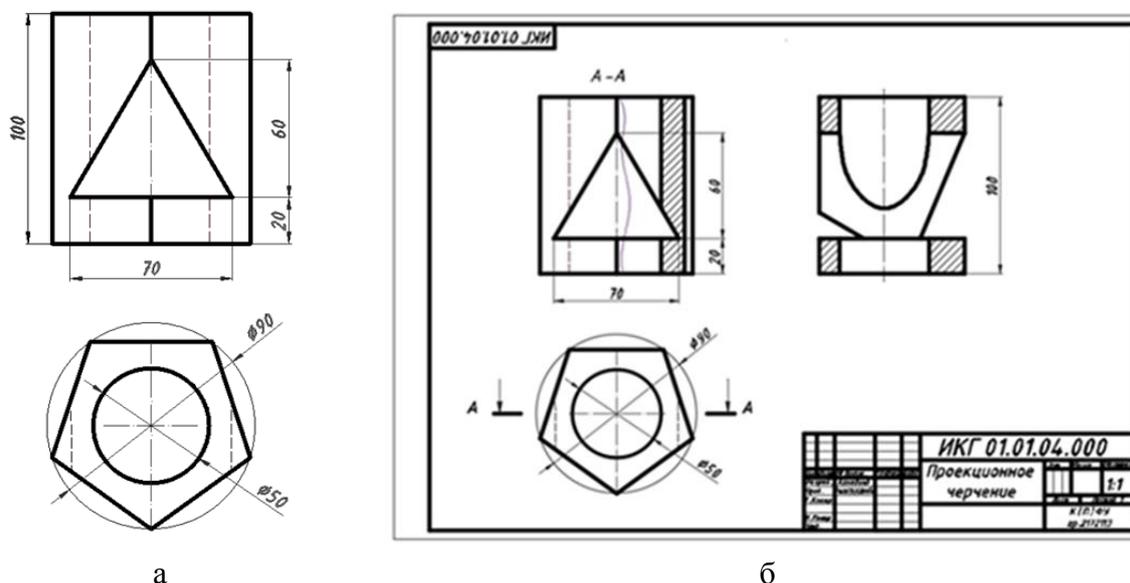


Рисунок 1. Чертеж детали в ортогональных проекциях

Плоскости отверстия перпендикулярны фронтальной плоскости проекций, поэтому проекции точек и линий пересечения плоскостей отверстия с гранями и ребрами призмы на фронтальной плоскости проекций совпадают со сторонами треугольника. Отверстие вырезает часть граней и ребер призмы и, следовательно, очерк призмы на профильной плоскости проекций изменяется, приобретает вид ломаной линии.

В наши дни, на фоне стремительно развивающихся компьютерных технологий, объект для исследования рациональнее размещать не в двумерном пространстве чертежа (рис.1,а), а в трехмерном пространстве компьютерной среды (рис.2,а,б). И как следствие, целесообразно изучать свойства объектов не только по их проекционным отображениям на плоскости проекций, но и их трехмерные модели в пространстве.

В системах 3D-моделирования предложенную модель построена с использованием:

- команды вычерчивания контура «Многоугольник» и «Окружность»;
- операцией «Выдавливание» контура (основания) на заданную высоту (рис. 2,а);
- булевой операцией «Вычитание» (рис. 2,б);
- операцией «Сечение» (рис. 2,в, г,д);
- средствами управления файла модели.

Средства компьютерной графики так же позволяют выбирать нужные геометрические параметры объектов, изменять их размеры, ориентацию в пространстве, производить с ними требуемые операции, появляется возможность сочетать геометрические фигуры и получать разнообразные пространственные формы.

Графические работы выполненные, с использованием компьютерных технологий, подчиняются тем же правилам и требованиям, что и выполненные традиционным методом «в карандаше». Необходимо учитывать, что компьютерные технологии предъявляют повышенные требования пользователю как в составлении и чтении чертежей, так и более глубоких знаний теоретического материала.

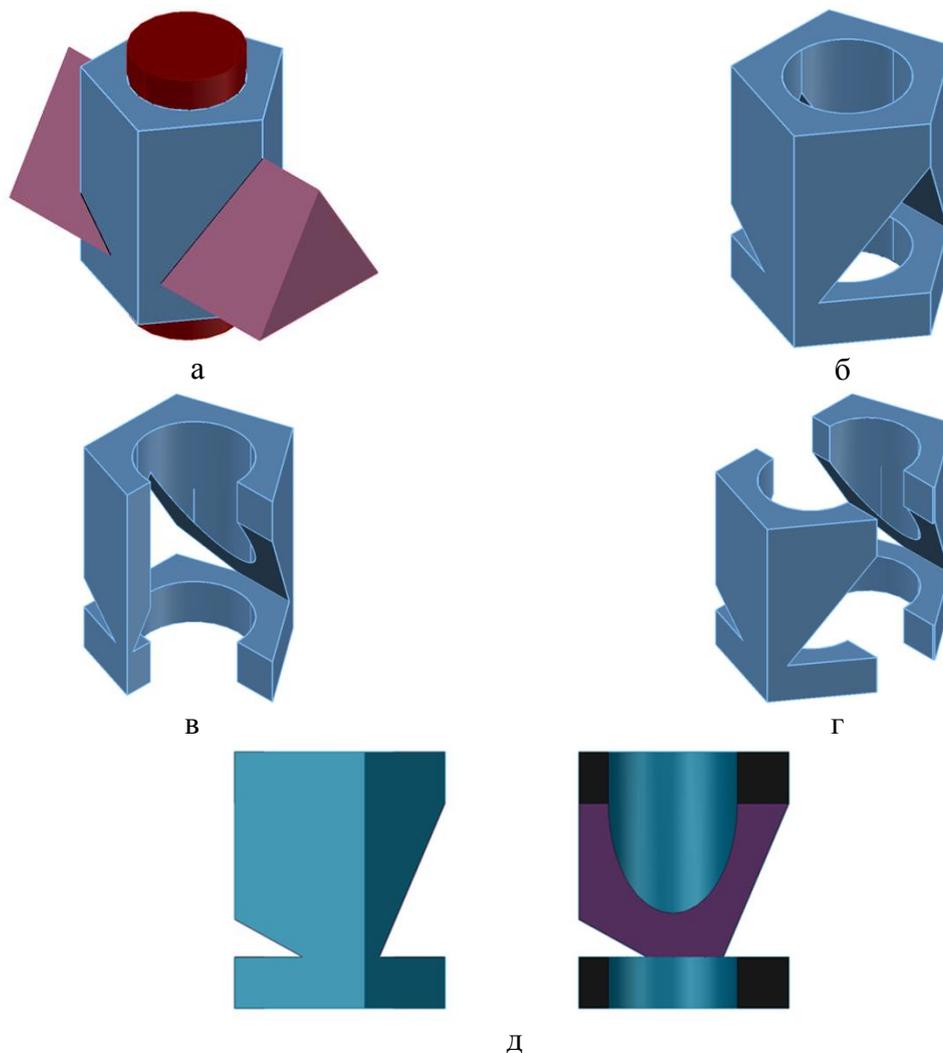


Рисунок 2. Трехмерные модели детали

Выводы

Использование современных компьютерных технологий, изменивших традиционную систему обучения, позволяет студентам освоить сложный теоретический материал. Полученные знания и приобретенные практические навыки работы с графическим пакетом дадут студентам возможность успешно выполнять графические работы по инженерной графике, курсовые проекты по специальным дисциплинам, выпускные квалификационные работы, научные работы, в том числе иметь возможность успешно участвовать в научных конференциях, олимпиадах.

Список литературы

1. ГОСТ 2.305-2008. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения [Электронный ресурс]. URL: <http://rfgost.ru/gost/367222>(дата обращения: 17.12.2017).
2. Всероссийское совещание заведующих кафедрами В85 инженерно-графических дисциплин технических вузов (п. Дивноморское, 26–28 мая 2015) [Электронный ресурс]: материалы и доклады; Дон. гос. техн. ун-т. – Электрон. текстовые дан. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2015. – 206 с. – Режим доступа: <http://ntb.donstu.ru/content/2015213>. – ЭБС ДГТУ, по паролю.
3. Феоктистова Л.А. Применение средств компьютерной графики при изучении курса «Инженерная графика»// Естественные и технические науки. - Москва, 2014. - №11-12. - С. 199-201.
4. Феоктистова Л.А., Рзаева Т.В. Использование компьютерных технологий при решении позиционных задач по начертательной геометрии // Современный ученый. – Белгород, 2017. - № 7. С. 151-155.

05.13.00

Д.В. Шиляев, О.А. Билоус, А.С. Морозов

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, boa@msa.pstu.ac.ru

**ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ И НАЛАДКА СРЕДНЕГО УРОВНЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЛЕРА И РЕЛЕЙНОЙ ЛОГИКИ**

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-170-172

Рассмотрены технические решения, применяемые для автоматизации системы вентиляции и кондиционирования офисного здания. Проведен анализ разработанной схемы автоматизации системы вентиляции и кондиционирования. Описаны аппаратные и программные средства среднего уровня автоматизированной системы управления. Рассмотрены основные алгоритмы управления и противоаварийной защиты. Приведен фрагмент программы управления основным процессом и противоаварийной защиты оборудования.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизация вентиляции, автоматизация кондиционирования, релейная логика, промышленный ПК, программируемый логический контроллер, микроклимат.

В данной статье предлагаются технические решения для среднего уровня автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием для офисного здания на базе программируемого логического контроллера и релейной логики. Учитывая требования, предъявляемые к системам автоматизации вентиляции и функции управления в приточно-вытяжной вентиляции, разработана схема автоматизации системы вентиляции здания. [1]

Программная часть реализована посредством промышленного персонального компьютера (ПК) CX8090 с набором модулей ввода вывода. CX8090 представляет собой систему управления с коммутируемым *Ethernet*-портом. Данное устройство поддерживает протоколы *Ethernet* реального времени, *ADS UDP/TCP*, *Modbus TCP* клиент/сервер или открытый *TCP/IP-UDP/IP* обмен данными. На CX8090 установлена операционная система *Microsoft Windows CE*. Промышленный ПК превращается в программируемый логический контроллер (ПЛК) посредством установки специального программного обеспечения из пакета *TwinCAT-TwinCAT PLC* [2]. Программный пакет *TwinCAT* состоит из *run-time* системы управления в режиме реального времени, среды программирования, диагностики и конфигурирования системы. *TwinCAT PLC* позволяет создавать на одном ПК до четырех виртуальных «*PLC* процессора», каждый из которых может обслуживать до четырех пользовательских задач. Программы для ПЛК создаются на одном или нескольких языках стандарта *IEC 61131-3*. В данном проекте был использован язык *FBD/CFC* (Функциональные блочные диаграммы) [2].

Программную составляющую логики можно разделить на две части: противоаварийная защита и основные алгоритмы и сигнализации. Ниже описаны алгоритмы противоаварийной защиты (ПАЗ).

Перед пуском вентилятора притока контроллером производится проверка на наличие сигнала «Автоматический режим», отсутствие сигнала «Отказ ПЧ», отсутствие сигнала «Низкая температура первого калорифера нагрева (защита от замораживания)», наличие сигнала «Открыта воздушная заслонка притока». Если хотя бы один из сигналов находится не в требуемом положении, то пуск вентилятора не состоится и уже запущенный вентилятор остановится, и воздушная заслонка закроется. Одновременно с запуском включается таймер и начинает отсчитывать 100 секунд. Если по истечении заданного времени датчик перепада

давления на секции вентилятора не подаст сигнал ($\Delta P \geq 1370$ Па), то вентилятор остановится и оператору будет послана «авария вентилятора по перепаду». Отсутствие сигнала перепада говорит об обрыве ремня или неполадках с двигателем. Для режима выброса алгоритм проверки условий запуска аналогичный. На рисунке 1 представлен фрагмент программы пуска и проверки и проверки условий запуска.

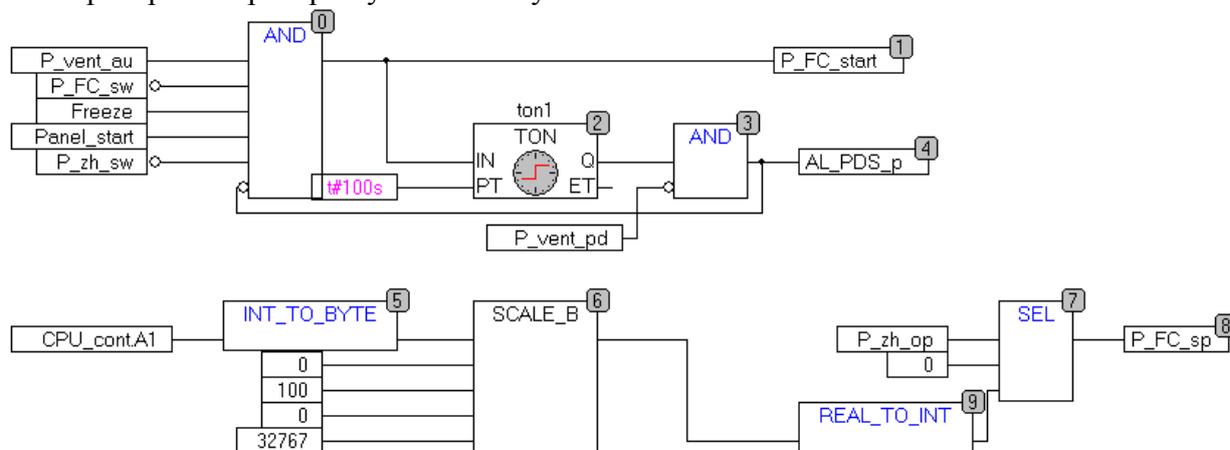


Рис. 1 – Фрагмент программы пуска и проверки условий запуска

Во время работы приточной вентиляции происходит диагностика загрязненности фильтра притока по сигналу «перепад давления на фильтре» ($\Delta P \geq 245$ Па). Данная уставка настраивается на датчике перепада вручную. При появлении перепада контроллер посылает сигнал о загрязнение фильтра на АРМ.

Вне зависимости от работы вентиляционной машины, в случае поступления одного из сигналов: «Низкая температура первого калорифера нагрева (защита от замораживания)» – данный сигнал поступает от термостата, температура на нем настраивается вручную или «Температура теплоносителя в обратном трубопроводе первой секции нагрева $\leq 5^\circ\text{C}$ » производится принудительный останов вентиляторов, закрытие воздушных заслонок, включение насоса на трубопроводе секции нагрева, открытие клапанов на секциях нагрева на 100%, закрытие клапана на секции охлаждения, отключение насоса увлажнителя. Тем самым начинается принудительная циркуляция теплоносителя и устраняются утечки тепла с целью предотвращения калорифера от замораживания.

Все аварии и информационные сигналы, помимо использования в логике, транслируются на верхний уровень посредством интерфейса *Ethernet*, протокола *Modbus TCP*.

Алгоритм запуска реализован следующим образом: после нажатия кнопки «ПУСК» на АРМ, посылается команда на открытие воздушной заслонки притока. Только после открытия заслонки посылается команда на включение вентилятора притока. Для выброса алгоритм пуска аналогичный.

После пуска вентиляторы постепенно выходят на заданные значения скорости вращения. Регулирование скорости вращения вентилятором не предусмотрено данным проектом, но скорость можно задавать из автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора. Значение скорости вращения из АРМ приходит в типе переменной *INT*(0-100%), затем в программе изменяется тип переменной и задается шкала (0-32767), далее значение передается на преобразователь частоты (ПЧ), при условии, что вентиляционная машина включена.

Регулирование уровня влажности осуществляется по показанию датчика влажности в приточном воздуховоде. Алгоритм следующий: если текущая влажность ниже уставки, то происходит включение насоса увлажнителя, если выше, то отключение. Гистерезис задан равным 2%.

Регулирование температуры производится по показанию датчика температуры в приточном воздуховоде. Так как наша вентиляционная машина имеет возможность нагревать и охлаждать воздух, то вводится дополнительный внутренний переключатель «Зима/Лето». Если переключатель в положении «Зима», то будут работать только регуляторы нагрева воздуха, если переключатель в положении «Лето», то работает только регулятор охлаждения. Если не ввести данный переключатель, то регуляторы нагрева и охлаждения будут мешать друг другу, вводя дополнительные возмущения. На рисунке 2 представлен фрагмент программы с реализацией регулятора.

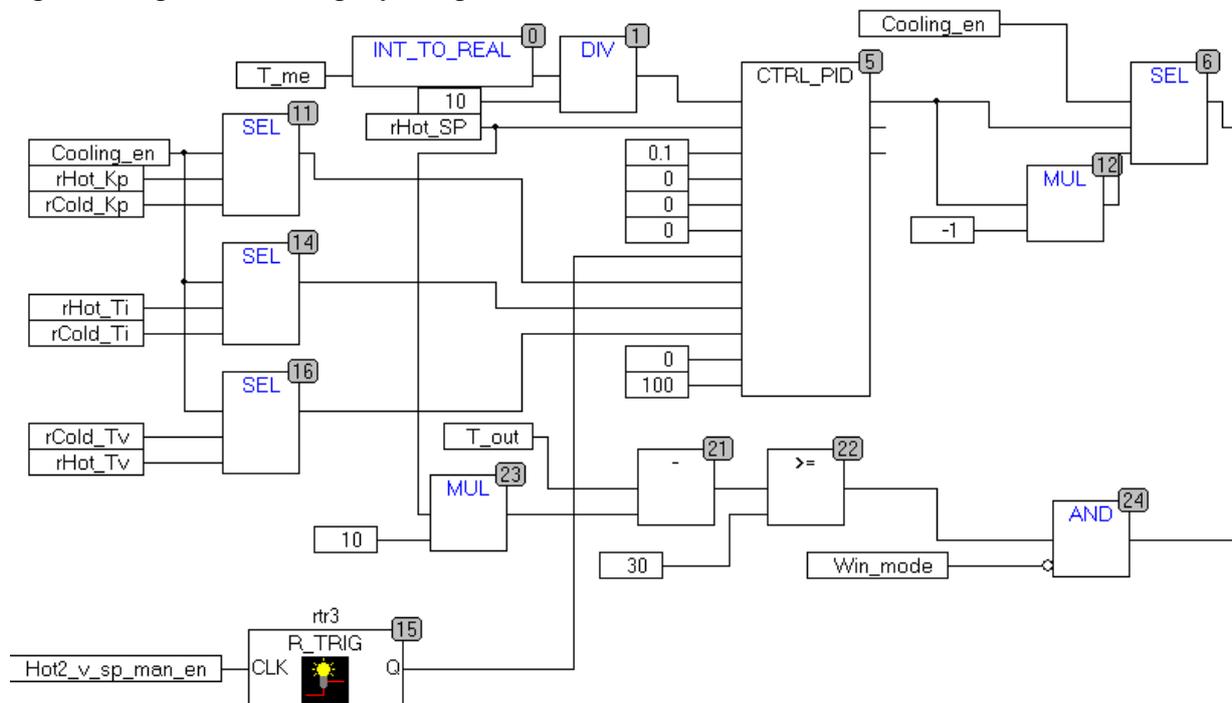


Рис. 2 – Фрагмент программы регулятора

Регулятор реализован на функциональном блоке *CTRL_PID* (ПИД регулятор). Для контура нагрева и охлаждения создана одна программа, в которой подменялись значения коэффициентов и выхода в зависимости от положения переключателя «Зима/Лето». Настройка регуляторов была произведена по методу инженерной настройки (ИН). [3] Описанные в статье решения успешно функционируют на объекте более трех лет.

Список литературы

1. Шляев Д.В., Белоус О.А. Проектирование автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием на базе программируемого логического контроллера и релейной логики // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2017. – № 4. – с. 240-243.
2. *Техническая документация*. Описание аппаратного и программного обеспечения [Электронный ресурс] <http://www.beckhoffautomation.ru/ru/default.htm?twincat/default.htm> (дата обращения 25.10.17)
3. Шляев Д.В., Даденков Д.А. Сравнительный анализ методов синтеза систем регулирования скорости микроприводов постоянного тока // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. – 2013. – № 7. – С. 74-82.

05.13.00

¹И.А. Шмидт канд. техн. наук, ¹П.В. Варзаносов, ²А.В. Долгопалов

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
²ЗАО «Предприятие В-1336»
Пермь, shmidt@msa.pstu.ac.ru

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-173-175

В статье описана информационная система контроля параметров работы оборудования скважин "iWell". Система предназначена для руководителей подразделений, под чьим управлением находятся соответствующие скважины. Описаны непосредственно информационная система, концепции и среды разработки, которые были использованы при создании приложения, а также представлена схема информационного потока.

Ключевые слова: нефтяные скважины, мониторинг, визуализация данных.

Введение

Нефтяная отрасль играет важную роль в развитии международной торговли и мировой экономики. На нефтедобывающих предприятиях Российской Федерации в настоящее время складываются условия для перехода к современным технологиям [1]. Создание, как аппаратных, так и программных продуктов сделают российскую экономику менее импортозависимой в нефтегазовой области.

Постановка проблемы

Нефтяная скважина оборудована большим количеством различных датчиков, которые регистрируют параметры скважины и отображаются на приборе ИВЭ-50. Оператор, по этим показаниям оценивает состояние скважины, принимает решения о режиме работы. Данные, которые отображаются оператору, также передаются в удаленную базу данных, руководитель соответствующего подразделения принимает стратегические решения, касающиеся обслуживания скважины и изменения объема добычи. ИВЭ-50 используется для:

- Контроля технологических параметров
- Визуализации информации на рабочем месте
- Передачи информации на удаленные рабочие места заказчика. Мониторинг режима бурения
- Блокировки отдельных узлов буровой установки при превышении аварийных значений
- Регистрации данных о бригаде, месте работы и характере выполняемой работы [2]

Большое количество скважин, распределенных географически, имеют свой установленный прибор ИВЭ-50. Основной задачей бригад является передача данных с датчиков скважины руководителям своих подразделений. Раньше данная задача выполнялась следующим образом, данные записывались на цифровой носитель и отправлялись с работником в расположение подразделения с некоторой периодичностью. Сейчас их задача состоит в том, чтобы подключить датчики к ИВЭ-50, прибор в режиме реального времени отправляет данные на сервер. Единственным доступным для руководителей способом увидеть отправленные бригадами данные являются запросы к БД, но этот способ ненагляден и неинформативен. Для централизованного мониторинга скважин и визуализации полученных данных необходима информационная система, которая должна быть и максимально удобна для использования руководителем подразделения. При создании интерфейса были учтены параметры эффективности и критерии юзабилити указанные в [3, 4]:

- Отображать принадлежность скважины к кусту и/или месторождению в виде дерева.
- Каналы, выбранные для отрисовки на графике данного типа скважины когда-либо, должны быть снова отрисованы при переходе на такой же тип скважины. Тип скважины определяется насосом, который в ней установлен. Возможность выбора периода отрисовки графиков.
- Реализовать удобство отображения при просмотре приложения с телефона, в первую очередь, обеспечить корректное отображение графиков.
- Минимальное количество кликов для получения информации

Из конкурентов данной системы можно перечислить «iRTU Studio» американской компании «Advantech», продукты компании «Wellkeeper», «Novomet Track» продукт пермской компании «Новомет». В современном мире российская экономика оказалась подвержена санкциям со стороны западных стран, и в связи с этим возникла необходимость развития собственных технологий и разработок в нефтегазовой отрасли. Для удовлетворения требований заказчика была создана информационная система «iWell».

Реализация системы

На рисунке 1 представлена схема информационного потока. Приборы подрядчиков собирают данные с датчиков скважины. На сервере модуль опроса запрашивает данные с приборов и записывает их в базу данных. Серверная часть приложения извлекает и обрабатывает данные из базы данных и передает на клиентскую часть, на которой формируется окончательный вид приложения, отображаемый пользователю. Web-сервер заказчика зачастую настраивается таким образом, чтобы приложение было доступно только в локальной сети предприятия.

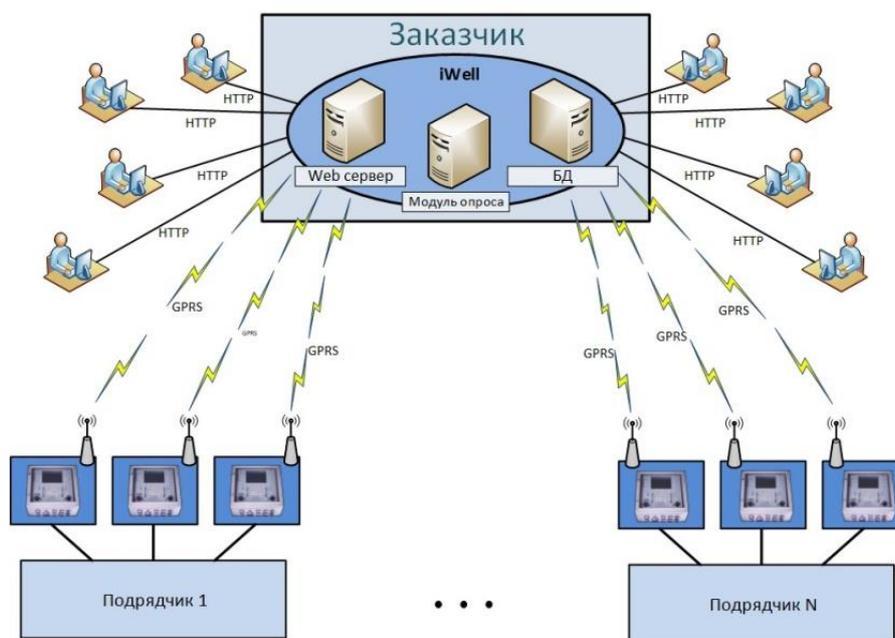


Рис.1 - Структурная схема информационного потока

В качестве базы данных используется Oracle Database 11g. В базе данных содержится информация о пользователях и их ролях, иерархия месторождений кустов и скважин. Так же хранятся данные о видах работ и данные с каналов.

Приложение разработано с использованием фреймворка ASP.NET MVC. (Model - View - Controller) - схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер — таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо. Модель принимает данные из базы данных, представляет их приложению и изменяет свое состояние по команде контроллера. Представление занимается отображением данных с использованием синтаксиса «Razor», который позволяет на одной странице использовать

синтаксис, как языка разметки, таблиц стилей и Javascript, так и серверного языка C#. Контроллер интерпретирует действия пользователя и оповещает модель о необходимости изменений. Использование концепции MVC позволяет разделить бизнес-логику приложения от ее визуализации, тем самым повышается возможность повторного использования кода.

В «Microsoft Visual Studio 2017» были написана разметка сайта и серверная часть, в «JetBrains WebStorm 2017.3.3» были написаны скрипты на языке «Javascript», которые затем были подключены в представлениях приложения.

В приложении реализована доменная авторизация, пользователь автоматически авторизуется, если он находится в локальной сети предприятия. При успешной авторизации пользователь перейдет к выбору скважин, доступных для него. При выборе скважины отобразится схематическое изображение скважинного оборудования и его номенклатура, текущие значения с датчиков (тренды), а также совмещенная напорная характеристика (рис. 2).

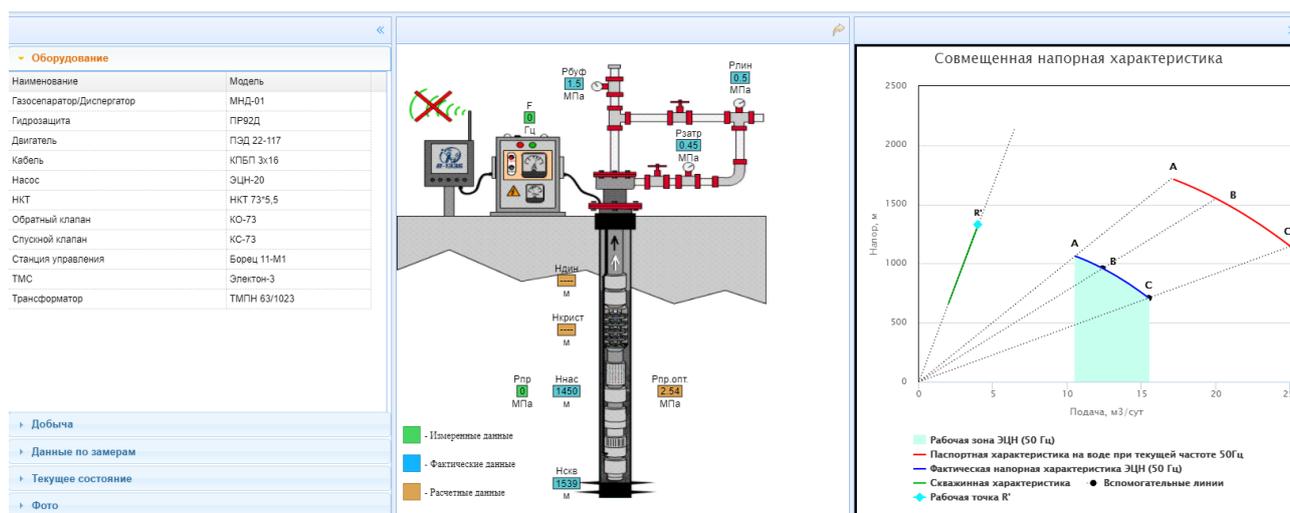


Рис.2 - Страница приложения «Монитор»

Приложение было создано в двух версиях: мобильная и десктопная. Каждая версия приложения повышает удобство использования приложения на соответствующем устройстве.

Заключение

Результатом работы стала программа контроля параметров работы оборудования скважин iWell, которая успешно используется во многих подразделениях крупной нефтяной компании «Лукойл». В дальнейшем работа будет направлена на увеличение функционала приложения и улучшение рекомендаций по управлению скважинами на основе интеллектуального анализа данных.

Список литературы

1. *Петроченков А.Б., Лузянин И.С.*, Разработка системы поддержки принятия решений при управлении режимами функционирования систем электроснабжения нефтедобывающих предприятий. //Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 2. С. 47-50.
2. Измерительные комплексы «Предприятие В-1336» [Электронный ресурс]// URL: <https://v-1336.ru/ru/produkcija/izmeritelnye-kompleksy.html> (Дата обращения: 07.03.2018)
3. *Бакаев М.А.* Современные тенденции в автоматизированной оценке юзабилити и поведенческие факторы в алгоритмах поисковых систем // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 3. С. 447-455.
4. *Лайкова А.А.* Юзабилити сайта: принципы и методы оценки // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 13. С. 745-747.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.С. Минкин, А.Г. Замалиев, М.А. Мухамедзянов,
Р.Г. Галимуллин, И.Н. Набиуллин
**МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ С МАГНИТНОЙ
СВЯЗЬЮ**

*Ключевые слова: двухзвенные механизмы; магнитная связь;
зубчатые колёса; степень подвижности.*

Рассмотрены механизмы движения звеньев с магнитной связью. Приводятся результаты экспериментальных исследований механизма вращения зубчатых колёс с магнитными пластинками на рабочей поверхности зубцов.

Н.Т. Валишин, И.С. Ибрагимов, И.В. Ковалевский
**РЕШЕНИЕ ОДНОГО ЛИНЕЙНОГО ОДНОРОДНОГО
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА**

*Ключевые слова: дифференциальное уравнение, степенной ряд,
траекторно-волновое движение.*

Ищется частное решение с помощью степенного ряда. Показывается условие, при котором степенной ряд обрывается и решение получается в виде многочлена. Приводится способ нахождения второго частного решения, спадающего с расстоянием к нулю. Такое уравнение возникает при моделировании траекторно-волнового движения объекта с помощью метода V-функции.

В.В. Поветкин, Т.Г. Шиблева, Л.Н. Макарова
**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА НА
ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ И КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМЫХ
ПОКРЫТИЙ**

*Ключевые слова: электроосаждение, магнитные растворы,
электролит, магнитная активация, электрокристаллизация.*

В работе представлены результаты влияния внешних физических воздействий (ультразвук, магнитных полей) на электроосаждение и качество получаемых покрытий. Электроосаждение из магнитных растворов электролитов приводит к улучшению физико-химических свойств покрытий.

Г.Ю. Тараненко, С.С. Среднев, Г.В. Рыбина, А.Е. Мешечкина
**ОБ АКТИВНОСТИ ГАЛОГЕНИДОВ ТЕТРААЛКИЛАММОНИЯ
В РЕАКЦИИ 1,2-ЭПОКСИЦИКЛОПЕНТАНА С ДИОКСИДОМ
УГЛЕРОДА**

*Ключевые слова: циклопентенкарбонат, 1,2-эпоксициклопентан,
четвертичная аммониевая соль, диоксид углерода, давление 2,0
МПа.*

Исследована реакция карбоксилирования 1,2-эпоксициклопентана при катализе четвертичными аммониевыми солями в растворе ДМФА под давлением 2,0 МПа. Установлено влияние типа катиона, аниона соли и других реакционных параметров на процесс.

И.С. Черепанов
**ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИЯ ПРОДУКТОВ N-
АРИЛАМИНОГЛИКОЗИЛИРОВАНИИ МОНОСАХАРИДОВ**

*Ключевые слова: ИК-Фурье спектроскопия, моносахариды,
арилламины, N-гликозилирование.*

В работе представлены результаты исследования процессов N-ариламиногликозилирования D-галактозы, D-маннозы и L-арабинозы методом ИК-Фурье спектроскопии. Показано, что основными продуктами амино-карбонильных взаимодействий являются N-ариламиногликозиды, при этом отмечено различное поведение и строение продуктов систем на основе изученных пентоз и гексоз. Полученные результаты могут быть полезны при исследовании и контроле процессов, протекающих в агротехнологических углевод-аминных системах.

V.S. Minkin, A.G. Zamaliev, M.A. Mukhamedzyanov,
R.G. Galimullin, I.N. Nabiullin
**MECHANISMS OF MOTION OF LINKS WITH
MAGNETIC COUPLING**

*Keywords: two-link mechanisms; magnetic coupling;
cogwheels; degree of mobility.*

The mechanisms of motion of links with a magnetic bond are considered. The results of experimental investigations of the mechanism rotating gears with the magnetic plates on the working surface of the teeth.

N.T. Valishin, I.S. Ibragimov, I.V. Kovalevsky
**SOLUTION OF A SINGLE LINEAR HOMOGENEOUS
DIFFERENTIAL EQUATION OF THE SECOND ORDER**

*Keywords: differential equation, power series, trajectory-
wave motion*

We seek a particular solution by means of a power series. A condition is shown under which the power series terminates and the solution is obtained as a polynomial. A method is given for finding the second particular solution decreasing with distance to zero. Such an equation arises when modeling the trajectory-wave motion of an object using the V-function method.

V.V. Povetkin, T.G. Shibleva, L.N. Makarova
**THE EFFECT OF MAGNETIC ACTIVATION OF
ELECTROLYTE ON ELECTRODEPOSITION AND THE
QUALITY OF THE COATING**

*Keywords: electrodeposition, magnetic solutions,
electrolyte, magnetic activation, electrocrystallization.*

The paper presents the results of the influence of external physical effects (ultrasound, magnetic fields) on electrodeposition and the quality of the resulting coatings.

G.Yu. Taranenko, S.S. Srednev, G.V. Rybina,
A.E. Meshechkina
**OF THE CATALYTIC ACTIVITY OF
TETRAALKILAMMONIUM HALOGENIDES IN THE
REACTION OF CARBON DIOXIDE WITH 1,2-
EPOXYCYCLOPENTANE**

*Keywords: cyclopentenecarbonate, 1,2-epoxycyclopentane,
quaternary ammonium salt, carbon dioxide, pressure 2.0
MPa.*

The reaction of 1,2-epoxycyclopentane with carbon dioxide in the presence of quaternary ammonium salts in the solution of DMF under a pressure of 2.0 MPa was investigated. The effect of the types of cation and anion of salts and other reaction parameters on the reaction are investigated.

I.S. Cherepanov
**IR-FOURIER SPECTROSCOPY OF
MONOSACCHARIDE'S N-ARYLAMINOGLYCOSIDE
FORMATION PRODUCTS**

*Keywords: IR-Fourier spectroscopy, monosaccharides,
arylamines, N-glycoside formation.*

The results of N-arylamino glycoside formation processes studying in D-galactose, D-mannose and L-arabinose systems are presented. N-arylamino glycosides are postulated as the major amino-carbonyl interaction products under experimental conditions. The results obtained may be useful for investigation of carbohydrate-amine agrotechnical systems.

О.С. Ануфриенко, В.Д. Задорожный
К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ
КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

Ключевые слова: Энергосбережение, когенерация, мини-ТЭЦ, газовый двигатель, система защиты, автоматизация, вентиляция.

В статье ставится актуальный вопрос энергосбережения на машиностроительном предприятии за счёт внедрения мини-ТЭЦ с когенерационными установками. На примере машиностроительного предприятия Восточного Оренбуржья приводится информация, необходимая для постановки задачи проектирования и внедрения высоко эффективной технологии генерации энергии. Приведены характеристики производства и мини-ТЭЦ, состав системы контроля и управления, решения по системе вентиляции и защите от шума.

O.S. Anufrienko, V.D. Zadorozhny
TO THE QUESTION OF THE DESIGN AND
IMPLEMENTATION OF COGENERATION PLANTS IN
THE EASTERN ORENBURG REGION

Keywords: energy Saving, cogeneration, mini-CHP, gas engine, protection system, automation, ventilation

The article raises the topical issue of energy saving at the machine-building enterprise due to the introduction of mini-CHP with cogeneration plants. On the example of engineering enterprises of Eastern Orenburzhy provides information necessary for the formulation of the problem of designing and implementing highly efficient technologies of energy generation. The characteristics of production and mini-CHP, the composition of the control and management system, solutions for ventilation and noise protection.

В.Н. Ботяшин, Ю.Д. Козинер, В.И. Орлов, Д.А. Кравцов
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА
ШЛИФОВАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ НИОБИЕВЫХ СПЛАВОВ

Ключевые слова: тугоплавкие сплавы, шлифование, оптимизация, охлаждающая жидкость.

В статье представлены результаты исследований процесса шлифования тугоплавких ниобиевых сплавов. Экспериментально определены оптимальные характеристики шлифовальных кругов и охлаждающих жидкостей. Выявлены особенности теплофизики процесса шлифования тугоплавких сплавов. Построены математические модели процесса шлифования ниобиевых сплавов и на их базе рассчитаны оптимальные режимы шлифования, с учётом наложенных технических ограничений исследования проводились в условиях круглого наружного шлифования в центрах на станках повышенной точности.

V.N. Botyashin, Y.D. Koziner, V.I. Orlov, D.A. Kravtsov
INCREASE OF EFFICIENCY OF GRINDING PROCESS
OF REFRACTORY NIOBIUM ALLOYS

Keywords: refractory alloy, grinding, optimization, coolant.

The article presents the results of research on the grinding process of refractory niobium alloys. The experimentally determined optimal performance of grinding wheels and coolants. The peculiarities of the physics of the grinding process of high melting point alloys. A mathematical model of the process of grinding niobium alloy and on this basis calculated the optimal modes of grinding, taking into account the imposed technical limitation of the study was conducted in a round outer grinding centers machines high precision.

А.П. Буйносов, И.С. Цихалевский
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ
ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ключевые слова: электровоз, ремонт, процесс, технология, организация, уровень, повышение.

В статье рассмотрены вопросы организации ремонта локомотивов состава за счет оптимизации системы технологического процесса ремонта тягового подвижного состава. Предусмотрено повышение уровня организации ремонта за счет совершенствования структуры ремонта, перенос текущего ремонта в другое депо.

A.P. Buinosov, I.S. Tsikhalevsky
INCREASE IN LEVEL OF THE ORGANIZATION OF
TECHNOLOGY PROCESS OF RUNNING REPAIRS OF
ELECTRIC LOCOMOTIVES

Keywords: electric locomotive, repair, process, technology, organization, level, increase.

In article questions of the organization of repair of engines of structure due to optimization of system of technology process of repair of the traction rolling stock are considered. Increase in level of the organization of repair due to improvement of structure of repair, transfer of running repair is provided in other depot.

С.Л. Марулин, А.П. Буйносов
СИСТЕМА ГРЕБНЕСМАЗЫВАТЕЛЕЙ «ТВЕРДОГО» ТИПА
ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ключевые слова: магистраль, электровоз, колесная пара, гребнесмазыватель, тип, твердый, система.

В статье приводится разработанная авторами конструкция гребнесмазывателей для колесных пар магистральных электровозов, твердый состав которых работает как под действием как винтовой пружины, так и под действием сжатого воздуха. Приводятся результаты эффективности применения системы гребнесмазывателей нового типа.

S.L. Marulin, A.P. Buinosov
THE GREBNESMAZYVATELEY SYSTEM OF «FIRM»
TYPE FOR THE MAIN ELECTRIC LOCOMOTIVES

Keywords: highway, electric locomotive, wheel pair, grebnesmazyvatel, type, firm, system.

The design of grebnesmazyvatel developed by authors for wheel pairs of the main electric locomotives which strong structure works both under action as a screw spring, and under the influence of a compressed air is given in article. Results of efficiency of use of system of grebnesmazyvatel of new type are given.

В.П. Новоселов, М.Д. Лукашук
АНАЛИЗ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МАССЫ В
УСЛОВИЯХ УПРУГО-ВЯЗКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И
ЛИНЕЙНОГО ТРЕНИЯ

Ключевые слова: гармонические колебания, физическая модель, диссипативное упруго-вязкое сопротивление, внешнее линейное трение.

Авторами разработана методика анализа гармонических колебаний масс на базе новой физической модели, включающей в себя силы не только упруго-вязкого сопротивления, но и силы линейного сухого трения, неизбежно возникающие при работе вибрационных систем в реальных производственных условиях.

V.P. Novoselov, M.D. Lukashuk
ANALYSIS OF HARMONIC MASS OSCILLATIONS
UNDER CONDITIONS OF VISCOELASTIC
RESISTANCE AND LINEAR FRICTION

Keywords: harmonic oscillations, physical model, dissipative viscoelastic resistance, external linear friction.

The authors developed methodology for analysis of harmonic mass oscillations on the basis of a new physical model. The model factors in forces of both viscoelastic resistance and linear dry friction. The latter forces inevitably appear in vibration systems in real manufacturing conditions.

А.Р. Фардеев, А.А. Фардеев, Р.Г. Марданшин
ДИНАМИКА НАСОСА И ГИДРОДВИГАТЕЛЯ
МАНИПУЛЯТОРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ КОВКИ ИЛИ ГОРЯЧЕЙ
ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВОК

Ключевые слова: динамика насоса, динамика гидродвигателя, гидроприводы манипулятора, уравнение в относительных переменных, гидродвигатель возвратно-поступательного движения.

В работе рассмотрены динамика насоса и динамика гидродвигателя гидроприводов манипулятора, используемого для подачи заготовок в рабочую зону прессы в технологическом процессековки или горячей штамповки. Преобразовано уравнение динамики пластинчатого насоса в малых отклонениях от номинального режима в уравнение в относительных переменных. Получено уравнение, описывающее работу гидродвигателя манипулятора путем преобразования уравнения динамики гидродвигателя возвратно-поступательного движения. Полученные уравнения будут необходимы для исследования устойчивости работы системы управления манипулятора.

Х.М. Гукетлов, Р.А. Ульбашев
К ВОПРОСУ УЧЕТА СВЕТОВОГО КЛИМАТА ПРИ
НОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ
ПОМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ СВЕТОВЫЕ УСТРОЙСТВА
РАСПОЛОЖЕННЫЕ В ПЛОСКОСТИ НАКЛОННЫХ СКАТОВ
КРЫШИ

Ключевые слова: количество освещения, наружная естественная освещенность на наклонной поверхности, математическая модель, мансардное помещение, коэффициент светового климата, прямая освещенность от Солнца, вероятность солнечного сияния, световые устройства.

Разработана математическая модель светового режима в рассматриваемом районе строительства. Определено количество освещения на плоскости наклонных скатов крыши, от небосвода со стандартным распределением яркости, установленной Международной комиссией по освещению (МКО), в годовом цикле для города Нальчика и города Москвы. В результате сопоставления значений количества освещения для города Нальчика и города Москвы, были найдены поправочные коэффициенты светового климата, использование которых, при расчетах естественного освещения, позволит повысить технико-экономическую эффективность наклонно расположенных световых устройств.

С.Н. Дербенева, А.В. Ромодин, Д.Ю. Лейзгольд
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ПОГРЕШНОСТИ МОДЕЛЕЙ
ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Ключевые слова: моделирование, методика расчета, анализ расчета, погрешности.

В данной статье рассматриваются три вида допущений, которые позволяют промоделировать трансформатор тока для различного использования. Произведен анализ расчета различных моделей. Сформулированы рекомендации по использованию моделей.

Г.М. Мучкаева, Т.Б. Махлаев, Б.В. Даваев,
Т.И. Фисенко, Е.Н. Сангаджиева
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РЕМОНТЕ КЛАПАННОЙ ГРУППЫ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Ключевые слова: клапан, погрешность, биение инструментального блока, базирование инструмента режущего характера, средства измерения.

Рассмотрены погрешности, возникающие при ремонте клапанов двигателей внутреннего сгорания; предложен метод уменьшения их величины с применением приспособления для очистки клапанов двигателей от нагара; приведен комплекс средств для измерения погрешностей, возникающих в результате ремонта клапанной группы.

A.R. Fardeyev, A.A. Fardeyev, R.G. Mardashin
THE DYNAMICS OF THE PUMP AND HYDRAULIC
MOTOR OF THE MANIPULATOR USED IN THE
TECHNOLOGICAL PROCESS OF BLANKS FORGING
OR HOT STAMPING

Keywords: pump dynamics, hydraulic motor dynamics, manipulator hydraulic drives, equation in relative variables, hydraulic motor of reciprocation.

The paper discusses the pump and the hydraulic motor dynamics of the manipulator hydraulic drives used to serve blanks to the working zone of the press in the forging or hot stamping process. The equation of a plate pump dynamics in small deviations from the nominal mode to the relative variables equation is transformed. An equation describing the manipulator hydraulic motor work by converting the equation of the hydraulic motor of reciprocation dynamics is obtained. The resulting equations will be necessary to study the stability of the manipulator control system.

H.M. Guketlov, R.A. Ulbashev
TO THE QUESTION OF LIGHTING OF THE LIGHT
CLIMATE WHILE NORMALIZING THE NATURAL
LIGHTING OF THE PREMISES THROUGH THE
LIGHTING DEVICES LOCATED IN THE PLANE OF
THE INCLINED SKATS OF THE ROOF

Keywords: amount of lighting, external natural illumination on an inclined surface, mathematical model, mansard room, coefficient of light climate, direct illumination from the Sun, probability of sunshine, light devices.

A mathematical model of the light regime in the area of construction under consideration has been developed. The amount of illumination on the plane of inclined roof slopes, from the sky with a standard brightness distribution set by the International Lighting Commission (MCO), in the annual cycle for the city of Nalchik and the city of Moscow is determined. As a result of comparing the values of the amount of lighting for the city of Nalchik and the city of Moscow, correction factors of the light climate were found, the use of which, in calculating natural light, will improve the technical and economic efficiency of obliquely positioned light devices.

S.N. Derbeneva, A.V. Romodin, D.Yu. Leyzgold
ON THE ESTIMATE OF ERROR IN THE CURRENT
TRANSFORMERS MODELS

Keywords: modeling, methods of calculation, analysis, calculation, error.

This article discusses three assumptions that allow to simulate the current transformer for different use. The analysis of calculation of different models was produced. The recommendations on the use of models was formed.

G.M. Muchkaeva, T.B. Makhlaev, B.V. Davaev,
T.I. Fisenko, E.N. Sangadzhiyeva
METHODS AND MEANS OF MEASURING THE
ERRORS THAT ARISE IN THE REPAIR OF A VALVE
GROUP OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Keyword: valve, error, beating of the instrument block, the base of the cutting tool, measuring instruments.

Various components of errors that occur during the repair of internal combustion engine valves are considered; a method for reducing the magnitude of errors using a device for cleaning engine valves from carbon; a set of means for measuring errors arising during the repair of the valve group is given.

А.И. Акимов, И.А. Акимов, Д.И. Сиделов
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ И
ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ В ФОРМЕ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ
МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Ключевые слова: полимеризация, термоупругие напряжения, деформация, многослойная конструкция в форме бесконечной пластины, точные аналитические решения.

В работе представлена математическая модель термоупругих напряжений и деформаций, возникающих при производстве многослойных конструкций методом полимеризации.

A.I. Akimov, I.A. Akimov, D.I. Sidelov
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF
MATHEMATICAL MODELS OF THERMOELASTIC
STRESSES AND STRAINS IN THE PRODUCTION OF
MULTILAYER STRUCTURES IN THE FORM OF AN
INFINITE PLATE BY POLYMERIZATION METHOD

Keywords: polymerization, thermoelastic stresses, deformation, multilayer structure in the form of infinite plate, accurate analytical solutions.

The paper presents a mathematical model of thermoelastic stresses and strains arising in the production of multilayer structures by polymerization.

И.И. Аликина, С.В. Бочкарев
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ГОРОДСКОГО МИКРОРАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА ДИНАМИКИ СРЕДНИХ

Ключевые слова: геоинформационная система, система водоснабжения, надежность, метод динамики средних.

Предложен метод оценки надежности системы водоснабжения городского микрорайона на основе моделей динамики средних. Представлены результаты экспериментальных исследований износа водопроводных сетей жилого микрорайона города Перми. На основании полученных результатов построена карта изношенности сети с помощью информационного сервиса 2ГИС. Сформулированы прогнозы по изменению состояния различных сегментов по времени и даны рекомендации по очередности замены участков водопроводной сети.

I.I. Alikina, S.V. Bochkarev
EVALUATION OF THE RELIABILITY OF THE WATER
SUPPLY SYSTEM OF THE URBAN MICRODISTRICT
USING THE METHOD OF THE DYNAMICS OF
AVERAGE

Keywords: geoinformation system, water supply system, reliability, medium dynamics method.

A method for assessing the reliability of a water supply system in a city microdistrict based on models of the dynamics of averages is proposed. The results of experimental studies of supply networks deterioration of a residential microdistrict of the city of Perm are presented. Based on the results obtained, a map of network deterioration was constructed using the 2GIS information service. The forecasts on the change in the state of different segments over time are formulated and recommendations are given on the order of replacement of plots of the water supply network.

М.А. Аль-Аскари, С.А. Федосин, В.В. Афонин
ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ключевые слова: растровые изображения, вероятностная оценка качества изображения, артефакты, ранговые корреляции Спирмена, Кендалла, Пирсона, цветовая модель RGB.

В статье проводится анализ качества растровых изображений, в соответствии с рекомендациями, приведенными в, и метрики на основе вероятностного подхода. Вероятностная метрика основывается на определении числа артефактных пикселей, входящих во множество градиентных и матриц, полученных из трехмерных матриц цветовой модели RGB. Приводятся результаты исследования ранговых корреляций анализируемых методов по оценке качества изображений с возможными артефактами блокинга.

M.A. Al-Askari, S.A. Fedosin, V.V. Afonin
PROBABILISTIC EVALUATION OF IMAGE QUALITY

Keywords: raster images, probabilistic evaluation of image quality, artifacts, rank correlations of Spearman, Kendall, Pearson, RGB color model.

In the article questions of the comparative analysis of quality of raster images are considered, in accordance with the recommendations given in. The probabilistic metric is based on the determination of the number of artefacts included in the set of gradients and matrices derived from three-dimensional matrices of the RGB color model. The results of the study of rank correlations of the analyzed methods for assessing the quality of images with possible blocking artifacts are presented.

Н.В. Андриевская, О.А. Андриевский
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЯ
АДЕКВАТНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Ключевые слова: идентификационная модель, адекватность моделей, дисперсионный анализ, коэффициент множественной корреляции, критерий Фишера, критерий Стьюдента.

Сформулированы проблемы оценки адекватности идентификационных моделей систем автоматического управления. Выделены основные задачи исследования адекватности моделей. Предложен алгоритм исследования идентификационных моделей систем автоматического управления.

N.V. Andrievskaya, O.A. Andrievskiy
ALGORITHM DEVELOPMENT OF ADEQUACY OF
IDENTIFICATION'S MODEL

Keywords: identification's model, adequacy of model, dispersion analysis, coefficient of multiple correlation, Fisher's test, Student's test

The problem of adequacy of identification's model of automatic system is formulated. The main tasks of the study the adequacy of the models is proposed. Algorithm of adequacy of analysis of identification's model is described

О.А. Андриевский, Н.В. Андриевская, М.А. Базаров
ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА LEGO
MINDSTORMS EV3 ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: автоматическое управление, робототехнический комплекс LEGO MINDSTORMS EV3, устойчивость систем, регулятор, сервомотор, датчик скорости, датчик освещенности, типовые законы управления.

В работе сформулированы проблемы изучения дисциплины «Теория автоматического управления». Рассмотрен робототехнический комплекс LEGO MINDSTORMS EV3. Предложены темы лабораторных работ дисциплины. Рассмотрена схема реализации «движение по линии». Проведен анализ применения программных сред MatLab 2017 и RoboLabLegoMindstorms для реализации натурного и полунатурного моделирования.

А.А. Бачурин, Н.В. Павлов
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ
НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: наружное освещение, качество, освещенность, люксметр, методика контроля.

В статье рассматриваются различные аспекты автоматизированного контроля качества работы наружного освещения городов, такие как: выбор контролируемого параметра и способов его измерения, методика обработки результатов измерений.

А.А. Бачурин, Н.В. Павлов, П.А. Сливницин
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО РАЗЪЕМА-
КРЕПЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКА НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: разъем, крепление, стыковочная система, наружное освещение, светильник, обслуживание, организация ремонта.

В статье рассмотрены недостатки существующих разъемов и креплений светильников наружного освещения. Сформулированы требования к проектируемому разъему-креплению светильника. Указаны разработанные основные конструктивные решения. Приведено обоснование и расчет эффективности применения (ресурсосбережения) проектируемого разъем-крепления.

А.А. Бачурин, П.А. Сливницин
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ
УПРАВЛЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКАМИ В СИСТЕМАХ
НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: наружное освещение, энергоэффективность, методика расчета, анализ решений.

В данной статье рассматриваются способы повышения энергоэффективности наружного освещения. Представлен обзор решений проблем в наружном освещении. Показана приблизительная оценка эффективности различных способов управления освещением.

О.А. Билоус, Д.В. Шилияев
ОПИСАНИЕ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ВЕРХЕГО УРОВНЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ
ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА И
SCADA СИСТЕМЫ

Ключевые слова: автоматизация, автоматизация вентиляции, автоматизация кондиционирования, вентиляция, ПЛК, промышленный ПК, программируемый логический контроллер, микроклимат, SCADA система.

Предлагаются аппаратные и программные средства для реализации верхнего уровня автоматизированной системы управления вентиляцией и кондиционированием офисного здания. Обоснован выбор OPC сервера MasterOPC, SCADA системы MasterSCADA ООО «ИнСАТ». Приведены основные типы спецификации данных и параметры переменных. Показаны деревья системы и объектов MasterSCADA. Описана связь верхнего и среднего уровня. Описана мнемосхема.

N.V. Andrievskaya, O.A. Andrievskiy, M.A. Bazarov
THE USE OF ROBOTIC COMPLEX LEGO
MINDSTORMS EV3 IN THE STUDY OF AUTOMATIC
CONTROL THEORY

Key words: automatic control, robotic complex, LEGO MINDSTORMS EV3, the stability of the system, controller, servo, speed sensor, light sensor, standard control laws.

The problems of studying the discipline "Theory of automatic control" is formulated. The robotic complex LEGO MINDSTORMS EV3 is considered. Themes of laboratory works of discipline are offered. A scheme for the implementation - "movement line" - is described. The analysis of the use of the software MatLab 2017 and RoboLab and Lego Mindstorms for implement full-scale and half-scale simulation is considered.

A.A. Bachurin, N.V. Pavlov
AUTOMATED CHECK OF QUALITY OF OUTDOOR
LIGHTING

Keywords: outdoor lighting, quality, illumination, luxmeter, control technique.

The article describes various aspects of automated quality check of outdoor lighting in cities, such as: the choice of the monitored parameter and its measurement methods, and the methodology for processing the measurement results.

A.A. Bachurin, N.V. Pavlov, P.A. Slivnitsin
DESIGNING THE RESOURCE-SAVING CONNECTOR-
BRACKET FOR OUTDOOR LIGHTING

Keywords: connector, bracket, docking system, outdoor lighting, lamp, maintenance, organization of repair.

The article describes the disadvantages of existing connectors and brackets of outdoor lighting lamps. Requirements are formulated for the projected connector-bracket. The developed basic design solutions are indicated. The justification and calculation of the effectiveness of the application (resource-saving) of the designed connector-bracket is given.

A.A. Bachurin, P.A. Slivnitsin
EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT
WAYS OF CONTROL OF LAMPS IN OUTDOOR
LIGHTING SYSTEMS

Keywords: outdoor lighting, energy efficiency, calculation procedure, decision analysis.

This article discusses different ways of improving the energy efficiency of outdoor lighting. The overview of solutions to problems in outdoor lighting is presented. Approximate efficiency estimate different ways to control lighting is shown.

O.A. Bilous, D.V. Shilyaev
DESCRIPTION OF UPPER LEVEL CONFIGURATION IN
AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF VENTILATION
AND AIR CONDITIONING ON THE BASIS OF
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND SCADA
SYSTEM

Keywords: automation of ventilation, air conditioning automation, industrial personal computer (PC), programmable logical controller, микроклимат, SCADA-system.

Hardware and software environment for upper level of the automated control system for office building air conditioning and ventilation is proposed. Selection of MasterOPC as an OPC-server and MasterSCADA as a SCADA system, developed by "ИнСАТ" ltd., is substantiated. Basic specifications, data types and parameters of variables are presented. System-trees and object-trees in MasterSCADA system are shown. The scheme of interconnection between upper and middle levels and symbolic scheme of developed system are described.

И.Б. Бондаренко, В.В. Назарова
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ В
ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ

Ключевые слова: созревание пшеничной муки, электрофизический метод, количество клейковины.

Цель данного исследования заключается в разработке экспресс-метода определения содержания клейковины в образце муки, основанном на измерении емкости нагретого диэлектрика. Метод позволяет значительно ускорить и упростить анализ образцов муки по сравнению с известными методиками, используемыми в пищевой промышленности, что доказано экспериментально.

С.В. Бочкарев, И.И. Аликина, А.Ю. Глухов
АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ключевые слова: геоинформационная система, система водоснабжения, надежность, мониторинг.

Предложена структура информационных потоков системы оценки надежности системы водоснабжения. Предложен алгоритм расчета параметра надежности трубопровода для дальнейшего графического отображения отказов. Разработана архитектура геоинформационной системы мониторинга и оценки надежности системы водоснабжения. Система может быть интегрирована в комплексные информационные платформы для мониторинга и управления объектами жилищно-коммунального хозяйства.

Д.А. Быстров
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ЗОНЫ
НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЛАЗЕРНЫХ
ГИРОСКОПОВ С ТРЕМЯ ПЬЕЗОКОРРЕКТОРАМИ

Ключевые слова: лазерный гироскоп, зона нечувствительности, пьезоэлектрический преобразователь.

В работе исследована возможность уменьшения зоны нечувствительности генератора лазерного гироскопа. Рассмотрена методика проведения испытаний генераторов лазерных гироскопов с тремя пьезокорректорами. Описан алгоритм управления оптическими зеркалами резонатора.

И.Р. Давлетшин, Л.А. Симонова, В.В. Абрамова
ВЫБОР НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Ключевые слова: нейронная сеть, минеральная вата, прочность, прогнозирование качественных характеристик, аппроксимация функции.

Настоящая статья посвящена оценке потенциала нейронных сетей разного типа для решения задачи прогнозирования качественных характеристик на примере технологического процесса производства минеральной ваты. Моделирование выполнялось на платформе Matlab. В качестве исходных данных для моделирования были рассмотрены взаимосвязи плотности, количества связующего вещества и прочности минеральных плит. За показатели эффективности нейронных сетей приняты: коэффициент корреляции, ошибка обучения, время симуляции обученной сети. Наиболее сбалансированной по принятым показателям показала себя обобщенно-регрессионная нейронная сеть.

I.B. Bondarenko, V.V. Nazarova
DEVELOPMENT OF AN ELECTROPHYSICAL METHOD
OF DETERMINATION OF AMOUNT OF GLUTEN IN
WHEAT FLOUR

Keywords: maturing of wheat flour, electrophysical method, amount of gluten

The objective of this research consists in development of an express method of determination of content of gluten in the flour sample based on measurement of capacity of heated dielectric. The method allows to accelerate and simplify considerably the analysis of samples of flour in comparison with the known techniques used in the food industry that is proved experimentally.

S.V. Bochkarev, I.I. Alikina, A.Yu. Glukhov
THE ARCHITECTURE OF THE INFORMATION
SYSTEM FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF THE
WATER SUPPLY SYSTEM

Keywords: geoinformation system, water supply system, reliability, monitoring.

The structure of information flows of the system for assessing the reliability of the water supply system is proposed. An algorithm for calculating the pipeline reliability parameter for further graphical display of failures is proposed. The architecture of the geoinformation system for monitoring and assessing the reliability of the water supply system has been developed. The system can be integrated into complex information platforms for monitoring and management of utility objects.

D.A. Bystrov
DEVELOPMENT OF METHOD COMPLEX FOR LOCK-
IN MEASURING OF LASER GYRO GENERATORS
WITH THREE PIEZOCORRECTORS

Keywords: laser gyroscope, lock-in, piezoelectric converter. *The possibility of reducing the zone of insensitivity of the laser gyroscope generator is researched. The technique for testing laser gyro generators with three piezocorrectors is considered. An algorithm for controlling optical mirrors of a resonator is described.*

I.R. Davletshin, L.A. Simonova, V.V. Abramova
SELECTION OF NEURON NETWORK FOR SOLVING
THE PROBLEM OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS
FORECASTING ON THE EXAMPLE OF THE
TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF
MINERAL WOOL

Keywords: Neural network, mineral wool, strength, qualitative forecasting, function approximation.

This article is devoted to the evaluation of neural networks of different types potential for the solution of the problem of forecasting qualitative characteristics on the part of mineral wool production technological process. The modeling was performed on the Matlab platform. The basic data for modeling were taken the relationships of density, amount of binder and strength of mineral plate. The neural networks efficiency is followed through correlation coefficient, learning error, trained network simulated time. According to the accepted parameters the generalized regression neural network resulted to be the most balanced item.

Т.А. Деменкова, А.А. Финенко, Д.Д. Яровов
**ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО SAR ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ
 ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА**

Ключевые слова: двумерное SAR-изображение, солнечная установка, обработка радиолокационных изображений.

В работе рассматривается актуальная проблема обработки изображений для задач создания и применения солнечных установок. Описывается технология использования двумерного SAR-изображения при прогнозировании поведения солнечного излучения. Представлены результаты исследований по оптимизации получения двумерных изображений с использованием стандартных программных средств. Предложена методика выбора площадки для солнечной установки, позволяющая повысить точность и облегчить поиск благоприятных климатических зон.

T.A. Demenkova, A.A. Phinenko, D.D. Yarovov
**APPLICATION OF TWO-DIMENSIONAL SAR IMAGE
 FOR POSITIONING OF THE OBJECT**

Keywords: two-dimensional SAR image, solar installation, processing of radar images.

In work the current problem of processing of images for problems of creation and application of solar installations is considered. The technology of use of the two-dimensional SAR image when forecasting behavior of sunlight is described. Results of researches on optimization of obtaining two-dimensional images with use of standard software are presented. The technique of the choice of the platform for solar installation allowing to increase the accuracy and to facilitate search favorable climatic zones is offered.

Т.А. Деменкова, Е.В. Шпиева
**АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
 ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ**

Ключевые слова: архитектура программного обеспечения, управление робототехническими системами, планирование, контроль и выполнение задач.

Работа посвящена актуальной проблеме создания программных средств для логического управления классом робототехнических систем. Рассматривается подход на основе введения в стандартную архитектуру блока управления роботом на основе планирования, что позволяет повысить гибкость и надежность всей системы. Разработанная архитектура управления реализована по модульному принципу, что делает возможным повторное использование данного решения в аналогичных проектах.

T.A. Demenkova, E.V. Shpieva
**SOFTWARE ARCHITECTURE FOR THE CONTROL
 TASK**

Keywords: software architecture, robotic systems control, planning, tasks of check and control

The work is devoted to a current problem of creation of software for logical management of a class of robotic systems. Approach on basis of introduction to standard architecture of the control unit of the robot with planning is considered that allows to increase flexibility and reliability of all system. The developed architecture of management is realized by the modular principle that does possible reuse of this decision in similar projects.

А.О. Казакова
**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО
 ДВИЖЕНИЯ ЦИЛИНДРА В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ
 МАЛЫХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА**

Ключевые слова: течение вязкой жидкости, малое число Рейнольдса, функция тока, метод граничных элементов, поступательное движение цилиндра.

Проведено численное исследование плоской задачи течения ограниченной вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса, создаваемого поступательным движением в ней цилиндра произвольного сечения. Математическая модель указанной задачи описывается бигармоническим уравнением, которое решается численно с применением метода линейных граничных элементов. Для круглого цилиндра проведены тестовые расчеты, подтверждающие эффективность метода. Для цилиндра эллиптического сечения получено решение для различных значений эксцентриситета.

A.O. Kazakova
**NUMERICAL MODELLING OF TRANSLATIONAL
 MOTION OF THE CYLINDER IN VISCOUS FLUID
 IN CASE OF SMALL REYNOLDS NUMBERS**

Keywords: the model of mixer, viscous fluid flow, Stokes approximation, stream function, boundary element method.

A numerical investigation of the plane flow produced by the translational motion of a cylinder of arbitrary cross section for a bounded viscous fluid is carried out in case of small Reynolds numbers. The mathematical model of this problem is described by biharmonic equation, which is solved numerically using the linear boundary element method. Test calculation for circular cylinder is carried out and it confirms the effectiveness of the method. Solution for cylinder of elliptic cross-section is obtained for different values of the eccentricity.

А.А. Клюкин, А.А. Широков
ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
Ключевые слова: информационные модели, автоматизированные информационные системы, информационные потоки, информационные сообщения.

В данной статье рассматриваются принципы создания информационной модели функционирования информационной системы. Предложенный подход является универсальным и позволяет описать перемещение, обработку информации в автоматизированных информационных системах, системах с бумажным документооборотом, а также в системах с неформализованными способами управления. Предложенный подход может быть использован для упорядочения процессов информационного взаимодействия в любых системах, в том числе для реинжиниринга предприятий при автоматизации на всех уровнях.

A.A. Klyukin, A.A. Shirokov
**THE PRINCIPLES OF CREATION OF INFORMATION
 MODEL**

Keywords: information models, automated information systems, information flows, information messages.

The principles of creation of information model of information system functioning are considered in this article. The proposed approach is universal and allows describing the movement, processing of information in systems with paper workflow, in automated information systems, as well as in non-formalized management methods. The proposed approach can be used to streamline the processes of information interaction in any system, including for processes reengineering enterprises for automation at all levels.

Г.Е. Кокиева, И.Б. Елтунова, В.В. Рабданова
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: многофакторный численный эксперимент, производительность аппарата, уровень варьирования соответствующего фактора, матрица многофакторного численного эксперимента.

Проведено компьютерное моделирование посредством проведения многофакторного численного эксперимента. Численный факторный эксперимент проведен с целью выявления уровня влияния факторов на производительность аппарата и получения математической модели, адекватно описывающей процесс происходящий в оборудовании.

Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННОСТИ
ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ
ЗАЩИТЫ

Ключевые слова: информационная ценность, оценка риска безопасности.

В статье сделан акцент на проблеме определения информационной ценности и критериев, используемых для оценки информации. Целью статьи является описание возможностей оценки значений деловой информации и критериев, необходимых для определения ценности информации.

Г.В. Комков, В. Коптилова, А.Н. Моисеев
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ WI-FI

Ключевые слова: анализ защищенности беспроводных сетей, угрозы безопасности в сетях Wi-Fi.

В настоящей работе рассмотрены механизмы безопасности беспроводных сетей Wi-Fi, проведен анализ актуальных угроз безопасности информации в таких сетях, а также представлены результаты разработки программно-аппаратного комплекса для проведения анализа безопасности беспроводных сетей Wi-Fi.

В.Н. Костин, Н.А. Соловьев, Н.А. Тишина
ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОДСИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Ключевые слова: системы физической защиты, критерий эффективности, декомпозиция, частные показатели.

Рассмотрен один из этапов проектирования систем физической защиты (СФЗ) объектов информатизации: обоснование требований к эффективности. Для определения требований к эффективности СФЗ построена имитационная модель. Предложена методика декомпозиции общего показателя эффективности СФЗ на частные показатели эффективности подсистем. Декомпозиция реализована на основе решения задачи нелинейного программирования с учетом минимизации затрат на построение подсистем СФЗ.

Е.М. Куралесова, С.С. Павлов, М.О. Фофанов
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Ключевые слова: информационная безопасность, нечеткая логика, оценка качества информации.

В данной статье рассмотрены правильность и целесообразность проектирования информационных систем, гарантирующая получение высококачественной информации. Показан принцип интеграции нечетких множеств для обеспечения характеристик континуума качества информации, поскольку оно сильно контекстуально и зависимо от пользователя.

G.E. Kokieva, I.B. Eltunova, V.V. Rabdanova
MATHEMATICAL COMPUTER MODELING OF
CONSTRUCTIVE-REGIMENT AND TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF THE INSTALLATION

Keywords: multifactorial numerical experiment, apparatus productivity, level of variation of the corresponding factor, matrix of multifactor numerical experiment.

Computer simulation was carried out through a multifactorial numerical experiment. The numerical factor experiment was carried out with the purpose of revealing the level of influence of factors on the productivity of the apparatus and obtaining a mathematical model adequately describing the process occurring in the equipment.

G.V. Komkov, V. Koptilova, A.N. Moiseev
DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING
THE VALUE OF INFORMATION TO INCREASE
EFFICIENCY OF ITS SECURITY

Keywords: information value, security risk assessment.

The article focuses on the problem of determining the information value and the criteria used to evaluate information. The purpose of the article is to describe the possibilities of assessing the values of business information and the criteria necessary to determine the value of information.

G.V. Komkov, V. Koptilova, A.N. Moiseev
THE DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE
COMPLEX FOR ANALYZING THE SECURITY OF
WIRELESS NETWORKS WI-FI

Keywords: security analysis of wireless networks, security threats in Wi-Fi networks.

In this article, we examine the security mechanisms of wireless Wi-Fi networks, analyze the current threats to information security in such networks, and also present the results of developing a hardware-software system for analyzing the security of wireless Wi-Fi networks.

V.N. Kostin, N.A. Solovyov, N.A. Tishina
JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS TO EFFICIENCY
FOR SUBSYSTEMS OF PHYSICAL PROTECTION FOR
OBJECTS OF INFORMATIZATION

Keywords: systems of physical protection, criterion of efficiency, decomposition, private indicators.

One of design stages for the systems of physical protection (SPP) for objects of informatization is considered: justification of requirements to efficiency. For definition of requirements to efficiency of SPP the imitating model is constructed. The technique of decomposition of the general indicator of efficiency of SPP on private indicators of efficiency of subsystems is offered. Decomposition is carried out on the basis of the solution of a problem of nonlinear programming taking into account minimization of costs of creation of subsystems of SPP.

E.M. Kuralsova, S.S. Pavlov, M.O. Fofanov
EVALUATION OF THE QUALITY OF INFORMATION
WITH THE USE OF FUZZY LOGIC

Key words: information security, fuzzy logic, estimation of information quality.

This article considers the correctness and expediency of designing information systems, which guarantees the receipt of high-quality information. Shows the principle of integrating fuzzy sets to provide characteristics of a continuum of information quality, since it is highly contextual and dependent on the user.

А.В. Кухарчук, П.М. Спешилов
К ВОПРОСУ О ПОМЕХАХ В ТОКОВЫХ ЦЕПЯХ ЗАЩИТ
МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Ключевые слова: помехи в токовых цепях, анализ аварийных событий, логика действия релейной защиты, токовые защиты мгновенного действия.

На основании анализа аварийного события на подстанции 220/35/10 кВ определена причина действия защит. Выполнен обзор современной практики обеспечения электромагнитной совместимости в цепях релейной защиты. Предложен модифицированная логика работы максимальных токовых защит мгновенного действия позволяющий избежать ложной работы при некоторых возмущениях в токовых цепях вызванных помехами.

В.Ю. Мельцов, В.Д. Подковырин, В.Л. Ключкин, А.К. Крутиков
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАСКАДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
ПРЯМОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ТОЛКАНИИ ЯДРА

Ключевые слова: прогнозирование спортивных результатов, нейронная сеть, обучающая выборка, вид спорта.

В статье рассматривается возможность применения нейросетевого подхода, в частности каскадной нейронной сети прямой передачи, для создания систем прогнозирования результатов спортивных состязаний в индивидуальных видах спорта. Разработана программная модель подсистемы прогнозирования. Результаты проведённых экспериментов демонстрируются на графиках. Оцениваются особенности применения данной модели, точность и корректность прогнозирования достижений для конкретного вида спорта.

И.М. Минвалеев
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ДОСТУПОМ

Ключевые слова: СКУД, Android, Java, Firebase Realtime, база данных, NoSQL.

Представлена разработка системы контроля и управления доступом (СКУД). Описана база данных системы, а также средства разработки системы.

И.М. Минвалеев
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ
БАЗ ДАННЫХ СКУД

Ключевые слова: СКУД, Firebird, MySQL, Firebase Realtime, база данных, NoSQL.

Проведено исследование на уязвимость различных баз данных СКУД. Произведен сравнительный анализ существующих баз данных с базой данных Firebase Realtime. Были выявлены преимущества использования базы данных Firebase Realtime перед другими базами данных.

А.А. Пантелеева, А.А. Широков, А.А. Ключкин
АБСТРАКТНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: информационная система, информационная модель, сообщение, узел, рабочее место, адресация узлов.

В данной статье информационная модель системы рассматривается как набор узлов, представленных на разных уровнях иерархии. Предложен способ адресации узлов. Приводится минимально достаточный перечень атрибутов узлов и сообщений, которыми обмениваются узлы между собой и внешним миром. Предложенный подход формализует процесс анализа информационных потоков и загруженности узлов системы.

A.V. Kukharchuk, P.M. Speshilov
THE INTERFERING SIGNAL IN CURRENT CHAIN
PROTECTION INSTANT ACTION

Keywords: interference in current circuits, analysis of emergency events, relay protection algorithm, current protection of instantaneous action.

Based on the analysis of the emergency event at 220/35/10 kV substation, the cause of the protection action is determined. The practice of ensuring electromagnetic compatibility in relay protection circuits is reviewed. A modified algorithm for the operation of the instantaneous overcurrent protection has been developed, which makes it possible to avoid false operation under perturbations in current circuits caused by interference.

V.Yu. Meltsov, V.D. Podkovyrin, V.L. Klyukin,
A.K. Krutikov
THE USE OF CASCADE NEURAL NETWORK DIRECT
TRANSFER TO PREDICT ATHLETIC ACHIEVEMENT
IN THE SHOT PUT

Keywords: sports results prediction, neural network, training sample, sport.

The article deals with the possibility of using neural network approach, in particular cascade neural network of direct transmission, to create systems for predicting the results of sports competitions in individual sports. The software model of the forecasting subsystem is developed. The results of the experiments are shown in graphs. Features of application of this model, accuracy and correctness of forecasting of achievements for a specific sport are estimated.

I.M. Minvaleev
DEVELOPMENT OF ACCESS CONTROL SYSTEM
Keywords: ACS, Android, Java, Firebase Realtime, database, NoSQL.

The development of a system of access control and management is presented. A database of the system is described, as well as system development tools.

I.M. Minvaleev
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF DIFFERENT
TYPES OF ACCESS DATABASES
Keywords: access control system, Firebird, MySQL, Firebase Realtime, database, NoSQL.

A study was made on the vulnerability of various ACS databases. A comparative analysis of the existing databases with the Firebase Realtime database was made. The advantages of using the Firebase Realtime database before other databases were revealed.

A.A. Shirokov, A.A. Panteleeva, A.A. Klyukin
ABSTRACT MODEL OF INFORMATION TRANSFER IN
THE INFORMATION SYSTEM
Keywords: information system, information model, message, node, workplace, addressing nodes.

The information model of the system is considered as a set of nodes represented at different levels of the hierarchy in this article. The method of addressing nodes is proposed. Nodes exchange messages between each other and the outside world. A minimal enough list of attributes of nodes and messages is given. The proposed approach formalizes the process of analyzing information flows and congestion of system nodes.

В.О. Раскошинский, Н.В. Андриевская
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО
ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения газа, температура газа на выходе, скорость воздушного потока, скорость вращения вентиляторов.

В статье рассмотрен аппарат воздушного охлаждения газа (АВО) как объект управления. Сформулирована проблема расчета математической модели процесса охлаждения. Приведено описание основных физических процессов, происходящих в объекте управления. Установлена зависимость между скоростью воздушного потока в аппарате и скоростью вращения вентиляторов, обеспечивающих охлаждение.

Д.А. Селиванова, Ф.А. Попов, М.Н. Школьникова,
Н.Ю. Ануфриева, О.А. Бубарева
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Ключевые слова: продукты питания, рецептура, автоматизация процесса проектирования рецептуры, компьютерное моделирование рецептур.

Работа посвящена исследованию автоматизированных методов проектирования рецептур продуктов питания, в процессе которого выявлены особенности применения автоматизированных средств при их проектировании, рассмотрены состав и принципы построения системы автоматизированного проектирования рецептур.

М.С. Семенов
АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕКСТА ИСХОДНЫХ
КОДОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК СИМВОЛЬНОГО
РАЗНООБРАЗИЯ

Ключевые слова: идентификация текста, программное обеспечение, исходный код, символическое разнообразие.

В работе представлен алгоритм идентификации программного обеспечения с целью установления автора на основе анализа текстов исходных кодов с использованием характеристик символического разнообразия. Приведено описание программной реализации данного алгоритма и примеры его использования при решении практических задач.

А.И. Сокол, Л.Р. Сокол
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ
ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ ОТ ФАЛЬСИФИКАЦИИ НА
СТАДИИ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ

Ключевые слова: защита информации, допечатная подготовка, цифровые изображения, спектральный анализ, латентные изображения, цифровая фильтрация.

Исходя из требований защиты авторских прав на стадии дизайна печатной продукции используют специальные изображения: контрольные и штриховые коды, гильоши, скрытые (латентные) элементы, микрографику и скрытые изображения на основе специфических свойств растровых структур. Для формирования скрытого изображения решается задача выявления необходимых характеристик растровых структур. Моделируется метод внедрения и извлечения латентных изображений из печатных изображений. Извлечение скрытого изображения осуществляется с применением фильтров, существенно воздействующих на одну растровую структуру и незначительно на другую.

V.O. Raskoshinskiy, N.V. Andrievskaya
MATHEMATICAL MODEL OF AIR-COOLED GAS
APPARATUS

Keywords: aerial cooler apparatus, outlet gas temperature, airspeed, fan speed.

This paper is focused on aerial cooler apparatus as a plant in terms of control theory. A problem of calculation the mathematical model of the cooling process was defined. Also, this article presents the description of principal physics that happens in aerial cooler apparatus. A relationship between airspeed inside the apparatus and fan rpm providing cooling has been determined.

D.A. Selivanova, F.A. Popov, M.N. Shkol'nikova,
N.Ju. Anufrieva, O.A. Bubareva
AUTOMATION OF THE PROCESS OF DESIGNING
FOODSTUFFS

Keywords: food, recipe, automation of the process of designing recipes, computer modeling of recipes.

The work is devoted to the study of automated methods for designing food recipes, in the course of which the features of the use of automated tools for their design are revealed, the composition and principles of constructing the automated design of recipes are examined.

M.S. Sementsov
THE ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF THE TEXT
OF SOFTWARE SOURCE CODE USING THE
CHARACTERISTICS OF SYMBOLIC DIVERSITY

Keywords: text identification, software, source code, symbolic diversity.

This paper presents the algorithm of identifying the software in order to establish its author based on analysis of the text of source code using the characteristics of symbolic diversity. A software implementation of this algorithm is described, and examples of its use to solve the practical problems are also presented.

A.I. Sokol, L.R. Sokol
INVESTIGATION OF WAYS OF FORMATION OF
PROTECTION OF PRINTED PRODUCTS AGAINST
FALSIFICATION IN THE PREPRESS STAGE

Keywords: information protection, prepress, digital images, spectral analysis, latent images, digital filtering.

Based on the requirements of the protection of copyright at the stage of design and print production using special image: control and bar codes, gelosi hidden (latent) elements, used to create this images and hidden images on the basis of specific properties of raster structures. For the formation of a latent image to solve the problem of identifying the essential characteristics of raster structures. The method of introduction and extraction of latent images from printed images. Extraction of hidden images is carried out with the use of filters that significantly affect one raster structure and insignificant on the other.

А.А. Сучкоусов, В.В. Андреев, В.Н. Хохлов
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВИХРЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ
РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНА НА ОСНОВЕ ЕЕ
ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПРИВЕДЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ключевые слова: вихревая трубка, эффект Ранка, обобщенная модель, оптимизация, проектирование.

Известна проблема выбросов паров бензина при его транспортировке и перемещении для хранения. Одним из способов рекуперации выбросов паров опасных жидкостей является их конденсация. Для получения низких температур, в случае имеющегося в достаточном количестве сжатого воздуха, возможно использование вихревых трубок - устройств, реализующих процесс Ранка. В работе исследуется влияние различных факторов на работу вихревой трубки: давление сжатого воздуха, количество заходов в улитку и длина вихревого участка разделительной трубы. Полученные данные позволяют построить эмпирическую обобщенную модель нескольких приведенных параметров, которая позволяет эффективно подобрать оптимальные размеры и параметры работы для вихревой трубки в системе рекуперации паров бензина.

Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАНИЙ ПО
ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Ключевые слова: инженерная графика, проекционное черчение, чертеж детали, компьютерные технологии, 3D- модель.

Авторами в статье предложен вариант использования возможностей 3D- моделирования при выполнении графической работы «Проекционное черчение». Показано, что применение компьютерных технологий способствует осознанному усвоению изучаемого материала, что впоследствии, будет способствовать формированию у будущих инженеров высоких профессиональных качеств.

Д.В. Шильяев, О.А. Билоус, А.С. Морозов
ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ И НАЛАДКА СРЕДНЕГО УРОВНЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ НА БАЗЕ
ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА И
РЕЛЕЙНОЙ ЛОГИКИ

Ключевые слова: автоматизация, автоматизация вентиляции, автоматизация кондиционирования, релейная логика, промышленный ПК, программируемый логический контроллер, микроклимат.

Рассмотрены технические решения, применяемые для автоматизации системы вентиляции и кондиционирования офисного здания. Проведен анализ разработанной схемы автоматизации системы вентиляции и кондиционирования. Описаны аппаратные и программные средства среднего уровня автоматизированной системы управления. Рассмотрены основные алгоритмы управления и противоаварийной защиты. Приведен фрагмент программы управления основным процессом и противоаварийной защиты оборудования.

И.А. Шмидт, П.В. Варзаносов, А.В. Долгопалов
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ
ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Ключевые слова: нефтяные скважины, мониторинг, визуализация данных.

В статье описана информационная система контроля параметров работы оборудования скважин "iWell". Система предназначена для руководителей подразделений, под чьим управлением находятся соответствующие скважины. Описаны непосредственно информационная система, концепции и среды разработки, которые были использованы при создании приложения, а также представлена схема информационного потока.

A.A. Suchkousov, V.V. Andreev, V.N. Khokhlov
THE SUBSTANTIATION OF DESIGN DECISIONS OF
VORTEX TUBES APPLYING TO CONDENSATION OF
STEAM OIL STORAGE

Keywords: Rank's effect, vortex effect, refrigeration unit, ecology.

The article analyzes the modern application of Rank's process. The main hypothesis of processes in a vortex tube is given. The effect of various characteristics on the work of the vortex tube is investigated. During the work, we changed the input pressure, the number of visits to the cochlea and the length of the vortex section of the pipe. The empirically obtained data allow us to judge which characteristics are optimal for the vortex tube. This will make it possible to find a greater use of the vortex effect at gasoline stations for the recovery of gasoline vapors.

L.A. Feoktistova, T.B. Rzaeva
POSSIBILITIES OF USING COMPUTER
TECHNOLOGIES IN THE PERFORMANCE OF TASKS
ON ENGINEERING SCHEDULE

Keywords: engineering graphics, projection drawing, drawing details, computer technology, 3D model.

The authors proposed an option of using the 3D modeling capabilities in the graphical work "Projection drawing". It is shown that the use of computer technologies contributes to the conscious assimilation of the studied material, which in the future will contribute to the formation of high professional skills in future engineers.

D.V. Shilyaev, O.A. Bilous, A.S. Morozov
ALGORITHMS DESCRIPTION AND SETUP OF
MIDDLE LEVEL IN AUTOMATED CONTROL SYSTEM
OF VENTILATION AND AIR CONDITIONING ON THE
BASIS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
AND RELAY LOGIC

Keywords: automation of ventilation, air conditioning automation, relay logic, industrial PC, programmable logic controller, microclimate.

Engineering solutions, applicable for automation of air conditioning and ventilation system of a building, are considered. The analysis of developed automation system of ventilation and air conditioning is given. Hardware and software environment for the middle level of the automated control system is described. Basic control and emergency protection algorithms are considered. The fragment of the control routine for the main equipment emergency protection process are given.

I.A. Shmidt, P.V. Varzanosov, A.V. Dolgopalov
CONTROL SYSTEM PARAMETERS OF THE
EQUIPMENT OF OIL WELLS

Keywords: oil wells, monitoring, visualization of data.

The article describes the information system for monitoring the parameters of the well equipment "iWell". The system is intended for managers of subdivisions, under whose management are the relevant wells. The information system, software products and development environments that were used to create the application are described directly, and the information flow diagram is presented.

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 "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№4 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 19.04.2018 Формат 60 x 84 1/8. Печать цифровая.

10,7 усл.печ.л. 12,3 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1243.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"

420021, Республика Татарстан, Казань,

ул. З.Султана, д.17а, оф. 19

Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя

Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»