

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№6 2019

Направления:

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

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

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

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

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

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

**Казань
2019**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №6 2019г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2019. – 152 с.

ISSN 2079-5920

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

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

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

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

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.К. Половняк – д.х.н., проф.; 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

© Рашин Сайнс, 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, Т.Ю. Миракова, Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫМИ	9
05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<i>Д.Е. Боровков, К.И. Бушмелева</i> АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ И РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ СЧЕТЧИКОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕРВЕРОВ СИСТЕМЫ DIRECTUM И ОЧЕРЕДИ WORKFLOW	14
<i>С.И. Лантев, С.Н. Антропов, А.П. Буйносов</i> РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ТЕЛЕЖКИ ГАЗОТУРБОВОЗА КАК СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЫ	20
<i>Н.А. Максимов</i> МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО ПОЛЕТА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА) В УСЛОВИЯХ ДЕГРАДАЦИИ ГРУППЫ	24
<i>А.Н. Максимов, Р.С. Корольков, Р.Т. Аляутдин</i> МЕТОД РЕНДЕРИНГА ФОТОРЕАЛИСТИЧНОГО ВИДЕОПОТОКА КАМЕРЫ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.	30
<i>И.В. Нелин, М.С. Виноградов</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДЕФЕКТОВКА ПОРАЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МОЛНИЕЙ	35
05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	
<i>А.Е. Аблаева, Е.Ф. Лобачёва, В.В. Слепцов, С.В. Шаныгин</i> АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ ТОКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ	39
<i>О.М. Горбачева, А.С. Боровский</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА НА ДВИГАТЕЛЕ ТЕПЛОВОЗА	43
<i>Д.Р. Григорьева, М.Р. Закирова, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров</i> УЧЕТ И АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНО ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	47
<i>В.В. Киселев, В.Д. Володин, А.А. Шаронов</i> СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ОПУСКАНИЯ ГРУЗА ЛЕБЕДКОЙ КРАНО-МАНИПУЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ	50
<i>С.О. Маслов, П.В. Стрелков, А.В. Жданов</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	53
<i>М.В. Овечкин</i> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	57
<i>В.Ф. Пегашкин, Г.А. Осипенкова, М.С. Кузнецов</i> ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ	60
<i>В.Ф. Пегашкин, Е.В. Пегашкина, М.С. Кузнецов</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПРОДОЛЬНЫХ ПАЗОВ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЯХ	64

Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, И.С. Голушов, И.О. Бычков, Д.В. Васильев, М.В. Гордеев, С.Н. Кадушкин, А.Г. Михайлов, П.М. Салов, Е.В. Волина, Г.Г. Фёдорова	
ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ С ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ	68
Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, М.Г. Максимов, Д.С. Кудров, К.Н. Хмелев, И.В. Шариков, Е.С. Агафонов, А.С. Зворыгин, Д.Ю. Севостьянов, П.М. Салов	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ	71
Д.П. Салова, А.Ф. Денисенко, Е.Г. Григорьев, П.М. Салов, Т.Г. Виноградова, О.В. Кашицын, Г.Ю. Алексеев, С.И. Сергеев, В.В. Сулов, Д.А. Коновалов	
ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	74

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

Е.Ю. Галимова	ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ, УЧИТЫВАЕМЫЕ В МЕТОДИКЕ ВЫБОРА СПОСОБА ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА И ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	77
А.В. Емельянов, С.С. Емельянова	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА АППАРАТНЫХ РЕСУРСОВ	82
З.Х. Магдиева, И.М. Орлов, М.В. Беленко	ОСОБЕННОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТНОЙ РЕЧИ СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ	85

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

А.И. Акимов, И.А. Акимов, Д.И. Сиделов	МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ПРИМЕРЫ ИХ РЕШЕНИЯ ТОЧНЫМИ И ПРИБЛИЖЕННЫМИ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	88
А.П. Буйносов, С.Л. Марулин, К.Н. Яковлев, А.В. Хваловский	АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ	92
Е.Б. Волков, Р.М. Хусаинов, С.Ю. Юрасов	МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ	95
В.К. Ионычев, А.А. Шестеркина	ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ В АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ ПЛАВНЫХ Р – N-ПЕРЕХОДАХ	99
Н.И. Корсунов, А.В. Ломакин	АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ	104
О.А. Кухнина, А.В. Дунцев, В.В. Андреев, Н.П. Тарасова	ФИЗИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ ГАННА С УЧЕТОМ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ	107
В.Ю. Мельцов, А.А. Нечаев	ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ	110
С.А. Нестеров, М.А. Бобров, Н.А. Кулаев	МЕТОДИКА РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙСТВ ФИЛЬТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	114

Д.И. Новиков, А.А. Березин, О.В. Хвойнов, А.А. Сатаев, М.А. Игонин, К.В. Шарафетдинова, А.В. Дунцев ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА «ОДНОПЕТЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ СМЕШЕНИЯ»	118
Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЧЕТВЕРТИ ПРОСТРАНСТВА КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ	122
А.Л. Сухарев, Р.В. Жалнин, С.А. Федосин РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОРДОВСКО-РУССКОГО ПЕРЕВОДЧИКА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ LSTM-RNN	126
Н.А. Федюшкин, С.А. Федосин О ВЫБОРЕ МЕТОДОВ ВЕКТОРИЗАЦИИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	129

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

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова АНАЛИЗ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ	135
А.В. Комарова, А.Г. Коробейников МОДИФИЦИРОВАННАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ, СТОЙКАЯ К КВАНТОВОМУ КОМПЬЮТЕРУ	138
А.А. Меничиков, Ю.А. Гатчин АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ВЕБ-РОБОТАМ	141

АННОТАЦИИ	144
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, T.Yu. Mirakova, T.Yu. Starostina, R.Kh. Shagimullin</i> TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITION CURING ON THE BASIS OF POLYSULPHIDE OLIGOMERS BY METHYL ACRYLATE AND ITS DERIVATIVES	9
---	---

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

<i>D.E. Borovkov, K.I. Bushmeleva</i> ALGORITHMS OF WORK AND CALCULATION OF THE VALUES OF PERFORMANCE COUNTERS, DIRECTUM SYSTEM SERVERS AND WORKFLOW QUEUE	14
<i>S.I. Laptev, S.N. Antropov, A.P. Buinosov</i> STRENGTH CALCULATION OF BOGIE LOCOMOTIVE AS STATICALLY INDETERMINATE SYSTEMS	20
<i>N.A. Maximov</i> THE PLANNING MODEL GROUP FLIGHT AND INTERACTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS) IN THE DEGRADATION OF THE GROUP	24
<i>A.N. Maksimov, R.S. Korolkov, R.T. Alyautdin</i> METHOD OF RENDERING PHOTO-REALISTIC OF VIDEO CAMERA STREAM TO SIMULATE ENVIRONMENT OF AUTONOMOUS CARS.	30
<i>I.V. Nelin, M.S. Vinogradov</i> AUTOMATED INSPECTION AFTER A LIGHTNING STRIKE	35

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

<i>A.E. Ablaeva, E.F. Lobachyova, V.V. Slepcev, S.V. Shanygin</i> ANALYSIS OF BASIC SCHEMES OF CONSTRUCTION OF CURRENT SENSORS INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVES	39
<i>O.M. Gorbacheva, A.S. Borovsky</i> THE STUDY OF THE PROPERTIES OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE PROCESS OF PURIFICATION OF WASTE OIL ON THE ENGINE OF THE LOCOMOTIVE	43
<i>D.R. Grigoreva, M.R. Zakirova, G.A. Gareeva, R.R. Basyrov</i> ACCOUNTING AND ANALYSIS OF MATERIAL PRODUCTION STOCKS OF THE CONSTRUCTION COMPANY	47
<i>V.V. Kiselev, V.D. Volodin, A.A. Sharonov</i> CARGO'S UP-DOWN MOVEMENT SPEED CONTROL FOR CRANE'S WINCH	50
<i>S.O. Maslov, P.V. Strelkov, A.V. Zhdanov</i> DEVELOPING AN ALGORITHM FOR CREATING VIRTUAL REALITY WITH THE USE OF TECHNOLOGIES OF ADDED REALITY.	53
<i>M.V. Ovechkin</i> SOFTWARE OF THE AUTOMATED SYSTEM OF TESTING PRODUCTS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	57
<i>V.F. Pegashkin, G.A. Osipenkova, M.S. Kuznetsov</i> SURFACE ROUGHNESS OF NON-FERROUS METAL PARTS AT CAVITATION PROCESSING	60
<i>V.F. Pegashkin, E.V. Pegashkina, M.S. Kuznetsov</i> INTENSIFICATION OF LONGITUDINAL GROOVES PROCESSING ON CYLINDRICAL PARTS	64
<i>D.P. Salova, T.G. Vinogradova, I.S. Golyushov, I.O. Bychkov, D.V. Vasilyev, M.V. Gordeev, S.N. Kadushkin, A.G. Mikhaylov, P.M. Salov, E.V. Volina, G.G. Fyodorova</i> INCREASE IN STABILITY OF PROCESS OF INTERNAL GRINDING WITH LONGITUDINAL GIVING	68
<i>D.P. Salova, T.G. Vinogradova, M.G. Maximov, D.S. Kudrov, K.N. Hmelev, I.V. Sharikov, E.S. Agafonov, A.S. Zvorygin, D.Yu. Sevostyanov, P.M. Salov</i> INCREASE IN EFFICIENCY OF PROCESS OF INTERNAL CUT-IN GRINDING AT LIMITED RIGIDITY IN THE TECHNOLOGICAL SYSTEM	71

<i>D.P. Salova, A.F. Denisenko, E.G. Grigoriev, P.M. Salov, T.G. Vinogradova, O.V. Kashitsyn, G.Yu. Alekseev, C.I. Sergeyev, V.V. Suslov, D.A. Konovalov</i> EDITING OF GRINDING WHEELS IN THE CONDITIONS OF LIMITED RIGIDITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS	74
--	----

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

<i>E.Y. Galimova</i> APPLICATION OF SELECTION METHOD OF TESTING TYPE BASED ON QUALITY CRITERIA AND EXPERT ASSESSMENTS FOR WEB TESTING	77
<i>A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova</i> COMPARATIVE ANALYSIS HARDWARE AUTOMATED INVENTORY	82
<i>Z.H. Magdieva, I.M. Orlov, M.V. Belenko</i> ASSESSMENT OF IMPAIRED SPEECH RECOGNITION BY MODERN AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION SYSTEMS	85

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

<i>A.I. Akimov, I.A. Akimov, D.I. Sidelov</i> MATHEMATICAL MODELS OF THERMAL STRESSES AND STRAINS IN THE PRODUCTION OF MULTILAYER STRUCTURES BY MEANS OF POLYMERIZATION AND EXAMPLES OF THEIR SOLUTION THE EXACT AND APPROXIMATE ANALYTICAL METHODS	88
<i>A.P. Buinosov, S.L. Marulin, K.N. Yakovlev, A.V. Chvalovsky</i> THE ALGORITHM FOR CONSTRUCTING THE EQUATIONS OF ROTATIONAL DYNAMICS OF THE WHEELSET ROLLING STOCK IN RAIL TRACK	92
<i>E.B. Volkov, R.M. Khusainov, S.Yu. Yurasov</i> MODELING OF FORMING ERRORS OF GEARS IN PROCESSING BY GEAR HOBBIING MACHINE	95
<i>V.K. Ionychev, A.A. Shesterkina</i> NUMERICAL CALCULATION OF THE IONIZATION AREA IN ARSENIDGALLIUM SLAVY P - N TRANSITIONS	99
<i>N.I. Korsunov, A.V. Lomakin</i> THE UNIVERSAL NEURAL NETWORK MODEL FOR SOLVING THE NAVIER-STOKES EQUATION	104
<i>O.A. Kukhnina, A.V. Duncsev, V.V. Andreev, N.P. Tarasova</i> PHYSICAL-AND-TOPOLOGICAL MODELING OF GUNN DIODES CHARACTERISTICS TAKING INTO ACCOUNT RADIATION EFFECTS	107
<i>V.Yu. Meltsov, A.A. Nechaev</i> THE PECULIARITIES OF RECOMMENDER SYSTEMS USAGE IN HEALTHCARE	110
<i>S.A. Nesterov, M.A. Bobrov, N.A. Kulaev</i> CALCULATION METHOD AND SIMULATION OF VOLTAGE FILTERING DEVICES IN POWER ENERGY SYSTEMS	114
<i>D.I. Novikov, A.A. Berezin, O.V. Hvojnov, A.A. Sataev, M.A. Igonin, K.V. Sharafetdinova, A.V. Duncsev</i> HYDRAULIC CALCULATION OF RESEARCH STAND ONE-LOOP MODEL OF MIXING	118
<i>Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda</i> MATHEMATICAL MODELLING OF DEVELOPMENT OF THE MAIN CRACKS IN A QUARTER OF SPACE CONIC DISK TOOLS	122
<i>A.L. Sukharev, R.V. Zhalnin, S.A. Fedosin</i> DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATED MORDOVIAN-RUSSIAN TRANSLATOR BASED ON LSTM-RNN	126
<i>N.A. Fedyushkin, S.A. Fedosin</i> TEXT VECTORIZATION	129

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

<i>A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova</i> ANALYSIS OF INFORMATIONAL SECURITY THREADS AND DESIGN OF SAFE DATA STORAGE ALGORITHM	135
---	-----

A.V. Komarova, A.G. Korobeynikov A MODIFIED QUANTUM COMPUTER RESISTANT ELECTRONIC SIGNATURE SCHEME	138
A.A. Menshchikov, Y.A. Gatchin ALGORITHM AND TECHNIQUE OF DETECTION AND COUNTERACTION TO WEB ROBOTS	141
ABSTRACTS	144

15.13.06

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ¹Т.Ю. Миракова канд. хим. наук,
²Т.Ю. Старостина канд. педагог. наук, ³Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
¹факультет наноматериалов и нанотехнологий, кафедра физики,
²факультет управления и автоматизации, кафедра электропривода и электротехники,
³Главный редактор журнала «Научно-технический вестник Поволжья»,
Казань, yerus@yandex.ru, starostinastu@mail.ru, shagimullin@ntvp.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫМИ

В работе представлены экспериментальные результаты по влиянию различных вулканизующих агентов на отверждение модифицированных полисульфидных олигомеров и параметры спектров ЯМР данных олигомеров.

Ключевые слова: полисульфидный олигомер (ПСО), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), время спин-спиновой релаксации.

В настоящее время большой практический интерес представляют олигомеры с концевыми реакционноспособными группами. Значительный выигрыш в технологических свойствах, новые способы получения различных изделий и покрытий предопределили их широкое использование в различных отраслях производства полимерных материалов. [1]

Значительное место среди них в настоящее время отводится полисульфидным олигомерам (ПСО). [2]

В данной работе установлены скорости процессов отверждения (вулканизации) и физико-механические свойства композиций на основе промышленных ПСО и метилметакрилата (ММА), а также этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМА). Кинетические характеристики отверждения композиций определялись с использованием импульсного метода ЯМР по изменению времени спин-спиновой релаксации T_2 . Методики измерений и определение физико-механических свойств композиций приведены в работе [3].

Скорость вулканизации промышленных или модифицированных ПСО является одной из важнейших технологических характеристик, позволяющих регулировать жизнеспособность герметизирующих композиций [1,2].

На рисунке 1 приведены кинетические кривые процесса вулканизации ПСО, модифицированного ММА. Анализ полученных зависимостей свидетельствует о том, что изменение времени спин-спиновой релаксации T_2 в ходе процесса вулканизации модифицированных ПСО определяется активностью вводимого окислителя, соотношением исходных компонентов, температурой и введением наполнителя.

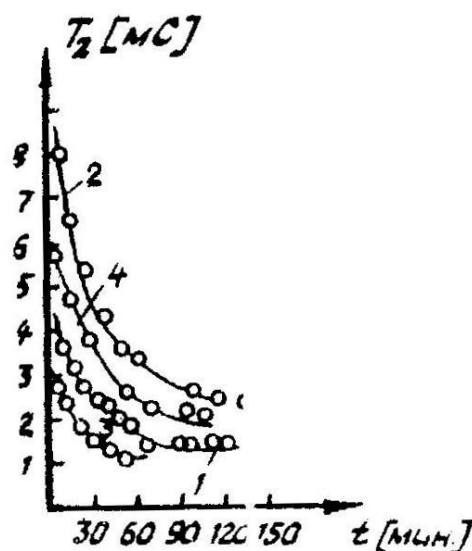


Рис. 1 – Кинетические кривые процесса вулканизации ПСО: ММА (90:10 масс.ч.) при 60°C, отвержденной вулканизирующими агентами: 1 – $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 2 – вулканизирующая паста №9; 3, 4 – то же с наполнителем, технический углерод П-803 (30 масс.ч.)

Можно видеть, что как для ненаполненных, так и для саженалополненных систем изменение T_2 при всех температурах заканчивается быстрее в случае использования в качестве вулканизирующего агента бихромата натрия. Во всех случаях процесс осуществляется быстрее при повышении температуры и при введении наполнителя, что находится в соответствии с установленным ранее влиянием этих факторов на кинетику вулканизации ПСО.

В таблице 1 приведены расчетные значения эффективных констант скоростей процесса вулканизации модифицированных ПСО.

С увеличением количества модификатора в системе наблюдается заметное ускорение достижения минимальных значений времени релаксации T_2 . Более быстрое снижение молекулярной подвижности для систем с высоким содержанием ММА объясняется увеличением жесткости олигомерных цепей, полученных при введении модификатора, и достаточно хорошо заметно по температурным зависимостям температурных кривых.

Таблица 1 – Эффективные константы скорости процесса вулканизации олигомеров, модифицированных ММА ($K_{\text{эф}} \cdot 10^3$, мин^{-1})

Количество ММА (масс.ч.)	Наполнитель (30 масс.ч.)	20°C		40°C		60°C	
		K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
--	--	6,4	3,4	19,7	6,3	27,2	7,8
10	--	12,2	4,3	23,0	15,2	40,3	28,8
15	--	20,1	8,2	30,5	23,0	55,2	30,6
10	П-803	9,7	--	28,8	15,2	46,1	28,8
15	П-803	18,4	--	26,7	23,0	27,6	30,6

Учитывая механизм взаимодействия ПСО с ММА, можно полагать, что сравнение кинетических параметров процесса вулканизации по изменению молекулярной подвижности возможно, по-видимому, производить лишь для олигомеров, содержащих одинаковое количество фрагментов ММА.

При вулканизации ПСО, модифицированного ЭГДМА, также наблюдается изменение времени спин-спиновой релаксации от температуры процесса, состава исходной смеси и введения наполнителя в систему (рисунок 2).

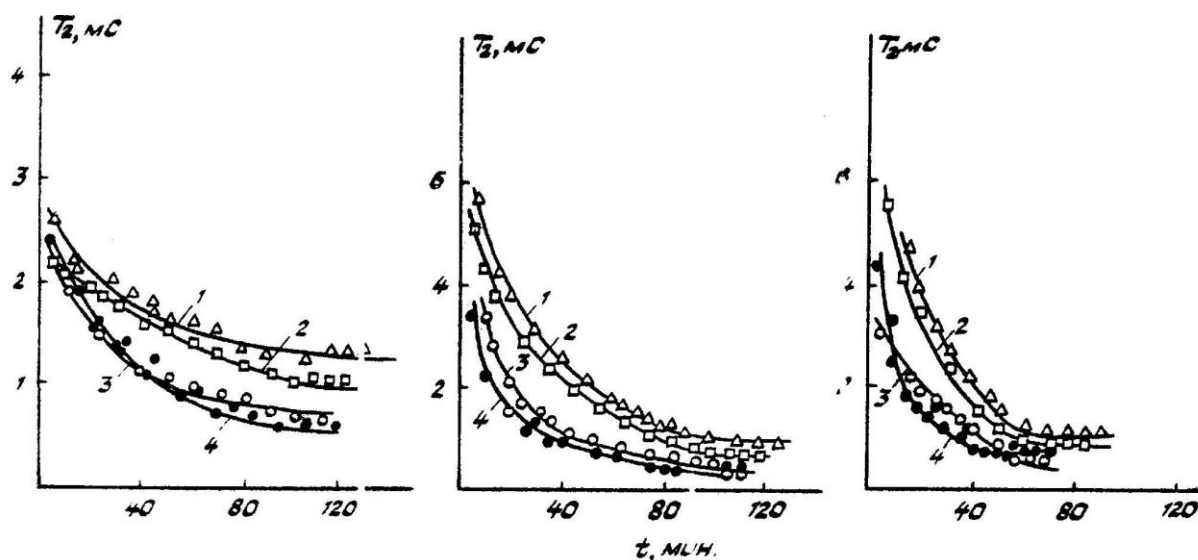


Рис. 2 – Зависимость времени спин-спиновой релаксации T_2 от времени вулканизации для ПСО, модифицированного ЭГДМА. Соотношение олигомер-модификатор: 1, 3 – 90:10; 2, 4 – 85:15; 1, 2 – ненаполненные композиции; 3, 4 – наполненные композиции (П-803) – 30 масс.ч.

Сравнение полученных зависимостей свидетельствует о том, что изменение времени спин-спиновой релаксации T_2 в процессе вулканизации олигомеров, модифицированных ЭГДМА, определяется соотношением исходных компонентов в маточной смеси, присутствием наполнителя и температурой. Во всех случаях T_2 снижается до какого-то определенного минимального значения. При этом с увеличением дозировки ЭГДМА, с введением наполнителя и с повышением температуры минимальное значение времени спин-спиновой релаксации T_2 достигается быстрее (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективные константы скорости процесса вулканизации олигомеров, модифицированных ЭГДМА (40°)

Состав маточной смеси (масс.ч.)	Присутствие наполнителя	$K_{\text{эф}} \cdot 10^4, \text{мин}^{-1}$	
		K_1	K_2
90:10	Ненаполн.	3,80	2,07
	Наполн.	6,54	2,30
85:15	Ненаполн.	4,47	2,88
	Наполн.	6,30	2,76
Механическая смесь (масс.ч.)	Ненаполн.	3,92	1,38
90:10	Наполн.	6,45	1,44
85:15	Ненаполн.	4,60	1,15
	Наполн.	7,60	1,24

Представлялось интересным изучить влияние способа введения ЭГДМА в ПСО на процесс вулканизации. С этой целью нами были приготовлены композиции путем механического смешения ПСО и ЭГДМА в тех же соотношениях (90:10 и 85:15 по массе) при комнатной температуре. Приготовленные таким образом механические смеси отверждались в тех же условиях, что и маточные смеси. Найденные значения эффективных констант скорости и эффективной энергии активации механических смесей ПСО-ЭГДМА, приведенные в таблице 3, свидетельствует о том, что способ введения ЭГДМА практически мало влияет на кинетические параметры процесса вулканизации.

Таблица 3 – Эффективные константы скорости и эффективные энергии активации процесса вулканизации механической смеси ПСО-ЭГДМА

Состав механической смеси ПСО-ЭГДМА, масс.ч.	Присутствие наполнителя	$K_{эф} \cdot 10^4, \text{ мин}^{-1}$						$E_{эф}, \text{ кДж/моль}$
		20°C		40°C		60°C		
		K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	
90:10	Ненаполн.	2,43	0,82	3,92	1,38	7,60	1,61	23,5
	Наполн.	3,68	1,27	6,45	1,44	7,60	2,72	21,0
85:15	Ненаполн.	1,91	0,81	4,60	1,15	6,91	1,24	26,1
	Наполн.	2,65	1,73	7,60	1,24	9,20	1,36	26,1

Это обусловлено тем, что при приготовлении маточных смесей происходит снижение функциональности модифицированного полимера, тогда как в случае механического смешения ПСО и ЭГДМА последний, являясь временным пластификатором, оказывает эффект, равнозначный снижению функциональности. О влиянии ЭГДМА на физико-механические свойства модифицированных герметиков, полученных путем механического смешения ПСО и ЭГДА, свидетельствуют данные, представленные в таблице 4.

Из таблицы видно, что с увеличением дозировки ЭГДМА жизнеспособность композиции уменьшается, одновременно снижается эластичность и возрастает прочность вулканизатов.

Таблица 4 – Рецепты вулканизатов на основе полисульфидных олигомеров и этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМА) и их физико-механические свойства

Рецепт вулканизатов, масс.ч.					Жизне - способ - ность, мин	Физико-механические показатели вулканизатов			
ПС О	ЭГДМ А	Напол - нитель П-803	ДФ Г	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$		Модул ь при 100% удлине - нии МПа	Сопро - тивлени е раздиру, кН/м	Относи - тельное удлине - ние, %	Оста - точное удлинение, %
95	5	30	0,4	9,20	70	2,8	0,98	100	2
90	10	30	0,4	8,71	50	3,0	1,17	90	2
85	15	30	0,4	8,23	40	--	1,47	50	2

Таким образом, введение модификаторов в состав олигомера приводит к ускорению процесса вулканизации и композиций, и по скорости отверждения они могут быть расположены в ряду ПСО+ЭГДМА>ПСО+ММА>ПСО. Влияние температуры, наполнителя, активности вулканизирующих агентов остается неизменным для изученного ряда олигомеров и находится в хорошем согласии с установленным ранее влиянием этих факторов на скорость суммарного процесса вулканизации полисульфидных олигомеров. Если вулканизация смесей полисульфидного олигомера и метакрилатов осуществляется при комнатной температуре, необходимо введение инициаторов перекисного типа.

Возможность получения вулканизатов на основе смесей полисульфидного олигомера и ненасыщенных мономеров акрилового ряда с низким содержанием золь-фракции (3-5%) связано с развитием процесса сополимеризации. В присутствии бихромата натрия при комнатной температуре окисление ПСО, вероятно, протекает по ионному механизму, и возникающие ~RS-анионы иницируют анионную полимеризацию метакрилатов.

Найденные невысокие значения энергии активации молекулярного движения в ПСО и их модифицированных продуктах (21,8 кДж/моль и 21 кДж/моль соответственно) можно объяснить наличием достаточно высокой собственной гибкости макромолекул олигомера, а также сравнительно небольшими размерами эффективного кинетического сегмента и относительно слабыми межмолекулярными взаимодействиями в олигомерах.

Использование метилметакрилата и других низкомолекулярных модификаторов приводит к усадке при вулканизации. Высокая летучесть низкомолекулярных модификаторов затрудняет их практическое применение. Поскольку при совместном использовании мономерных модификаторов и ПСО развиваются процессы взаимодействия компонентов, гомополяризация и отверждение ПСО, то в эластичной матрице вулканизата полисульфидного олигомера образуется жесткий полимер модификатора, что приводит к снижению относительных удлинений вулканизатов.

Список литературы

1. Минкин В.С., Хакимуллин Ю.Н., Дебердеев Т.Р., Палютин Ф.М. Герметики на основе полисульфидных олигомеров. М: Наука, 2007. – 301с.
2. Минкин В.С., Дебердеев Р.Я., Хакимуллин Ю.Н., Палютин Ф.М. Промышленные полисульфидные олигомеры (синтез, вулканизация, модификация). Казань: Новое знание, 2004. – 175с.
3. Минкин В.С. ЯМР в промышленных полисульфидных олигомерах. Казань: Абак, 1997. – 222с.

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

05.13.01

Д.Е. Боровков, К.И. Бушмелева д-р техн. наук

Сургутский государственный университет (СурГУ),
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Сургут, borovkov@gmail.com, bkiya@yandex.ru

**АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ И РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ СЧЕТЧИКОВ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕРВЕРОВ СИСТЕМЫ DIRECTUM
И ОЧЕРЕДИ WORKFLOW**

В статье представлены алгоритмы работы автоматизированной системы получения, записи и хранения значений счетчиков производительности серверов системы электронного документооборота DIRECTUM и очереди Workflow. А также приведена обработка полученных значений, которая заключается в проведении корреляционного анализа между значениями счетчиков производительности серверов DIRECTUM и очереди Workflow.

Ключевые слова: очередь Workflow, корреляционный анализ, DIRECTUM, счетчики производительности.

Пользователи, работая в системе электронного документооборота DIRECTUM (далее по тексту DIRECTUM), активно пользуются её главной функцией — электронным документооборотом. Руководители, отправляя задачи своим подчиненным, освобождены от труда по доставке подчиненным задач и уведомлений, по ручному контролю хода выполнения задач. Все эти функции выполняет DIRECTUM. Одним из аспектов ее администрирования является мониторинг значений параметров системы. При этом важнейшим параметром, используемым для мониторинга, является количество задач, ждущих своей очереди на обработку (очередь Workflow) [1]. В случае если значение данного параметра повышено, это может сигнализировать о частично работоспособном состоянии системы с заметным падением производительности. Для сокращения времени на поиск причины роста очереди Workflow необходимы:

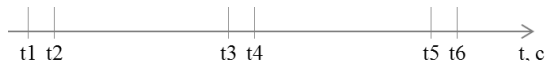
- автоматизация сбора счетчиков производительности серверов и базы данных DIRECTUM (счетчиков производительности DIRECTUM), и значений очереди Workflow;
- выявление корреляции между значениями счетчиков производительности DIRECTUM и очередью Workflow.

Данные функции разделены на модули: первый — сбор и хранение данных о производительности DIRECTUM и значений очереди Workflow, второй — корреляционный анализ между значениями счетчиков производительности DIRECTUM и очередью Workflow.

Использование значений счетчиков производительности DIRECTUM позволит отслеживать работу серверов: от физических компонентов до потоков некоторого процесса. Их корреляция со значениями очереди Workflow позволит, при дальнейшем анализе счетчиков производительности, сузить поиск и, тем самым, ускорить выяснение причин повышения очереди Workflow.

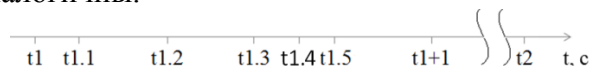
При запуске первого модуля, начинается цикл сбора, где, за одну итерацию цикла, три подпрограммы параллельно получают и записывают значения счетчиков производительности серверов DIRECTUM, счетчиков производительности базы данных SQL и очереди Workflow в локальную базу данных (БД). После окончания выполнения всех трех подпрограмм выполняется задержка сбора на определенное количество секунд. Цикл сбора значений счетчиков производительности и очереди Workflow продолжается до остановки сбора.

Временные границы трех итераций цикла сбора можно представить на шкале времени следующим образом:



где t_1, t_3, t_5 – моменты начала итераций цикла сбора; t_2, t_4, t_6 – моменты окончания итераций цикла сбора; $[t_1;t_2], [t_3;t_4], [t_5;t_6]$ – длительность итераций цикла сбора; $[t_2;t_3], [t_4;t_5]$ – фиксированные отрезки времени задержки между итерациями.

Детализация отрезка $[t_1;t_2]$ представлена также на временной шкале. Детализации отрезков $[t_3;t_4]$ и $[t_5;t_6]$ аналогичны.



t_1 — момент начала выборки значений счетчиков производительности и значения очереди Workflow; t_2 — момент окончания выборки значений счетчиков производительности и значения очереди Workflow; отрезок времени $[t_1;t_1+1]$ равен 1 с.; $t_{1.1}, t_{1.2}, t_{1.3}, t_{1.4}, t_{1.5}$ — моменты сбора значения очереди Workflow, счетчиков производительности первого провайдера первого сервера DIRECTUM, счетчиков производительности второго провайдера первого сервера DIRECTUM, счетчиков производительности первого провайдера второго сервера DIRECTUM и т. д., счетчиков производительности базы данных DIRECTUM.

Блок-схема алгоритма получения значений счетчиков производительности серверов DIRECTUM представлена на рис. 1.

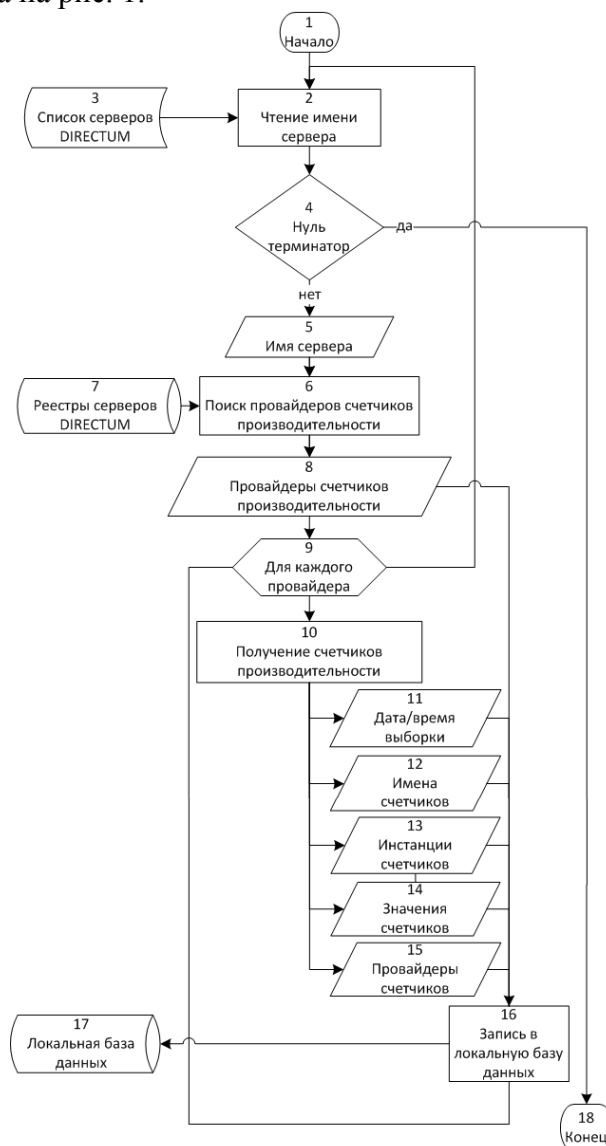


Рис. 1— Алгоритм получения значений счетчиков производительности серверов DIRECTUM и записи их в локальную БД

Главная функция алгоритма — извлечение информации счетчиков производительности серверов DIRECTUM и их запись в локальную базу данных. Работа начинается с построчного чтения списка имен серверов DIRECTUM (блок 2), с которых необходимо получить счетчики производительности. Список формируется администратором DIRECTUM, представлен как внешний блок (блок 3) и заканчивается нуль-терминатором (блок 4).

Далее следует главный цикл, который проверяет прочтенную строку на нуль-терминатор (блок 5). Считывание продолжается до тех пор, пока не встретится нуль-терминатор в списке серверов DIRECTUM (блок 4). Итерации главного цикла выполняются параллельно. Завершение главного цикла завершает работу блока.

На каждом сервере DIRECTUM происходит поиск всех провайдеров счетчиков производительности (блок 6). Каждый провайдер ответственен за извлечение некоторого набора счетчиков производительности, он представляет собой динамическую DLL-библиотеку, ссылка на которую хранится в подветви Perflib реестра (блок 7) [2].

После нахождения всех установленных провайдеров счетчиков производительности на сервере DIRECTUM (блок 8), начинается вложенный цикл извлечения наборов счетчиков производительности каждого провайдера (блок 9). Блок 10 возвращает коллекцию значений следующих параметров:

- дата/время выборки счетчика производительности (блок 11);
- имя счетчика производительности (блок 12);
- инстанция счетчика производительности, если имеется (блок 13);
- значение счетчика производительности в отформатированном виде (блок 14);
- имя провайдера счетчика производительности (блок 15).

Вложенный цикл завершается записью данной коллекции (блок 16) в локальную базу данных (блок 17) и завершает итерацию главного цикла.

Блок-схема алгоритма получения счетчиков производительности базы данных DIRECTUM представлена на рис. 2.

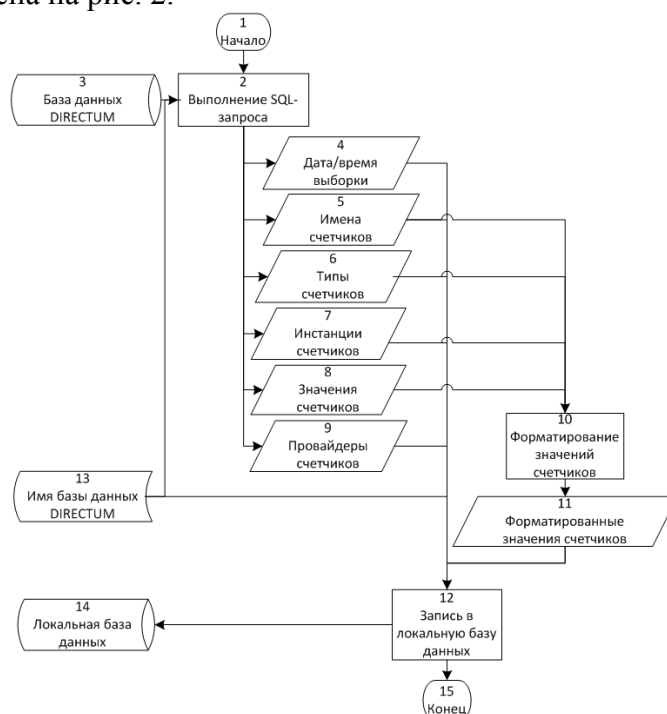


Рис. 2— Алгоритм получения счетчиков производительности базы данных DIRECTUM

Главная функция алгоритма — извлечение счетчиков производительности базы данных DIRECTUM и их запись в локальную БД.

Работа алгоритма начинается с выполнения SQL-запроса (блок 2) к базе данных DIRECTUM (блок 3). База данных, в ответ на запрос, возвращает таблицу со следующими полями:

- имя счетчика производительности (блок 5);
- тип счетчика производительности (блок 6);
- инстанция счетчика, если имеется (блок 7);
- значение счетчика производительности (блок 8);
- провайдер счетчика производительности (блок 9).

В дополнение к таблице, блок 2 возвращает дату/ время выборки счетчиков производительности (блок 4), технически это дата/время начала выполнения SQL-запроса.

Значения полей имени, типы, инстанции и значения счетчиков производительности отправляются в блок расчета значений, преобразующий значения счетчиков в удобочитаемый вид (блок 10).

Всего существует более 20 типов счетчиков, для каждого типа счетчика есть формулы преобразования [3].

Полученные отформатированные значения счетчиков (блок 11), вместе с именем сервера базы данных DIRECTUM (блок 13) и со всеми полями таблицы, кроме поля со значениями счетчиков производительности, записываются (блок 12) в локальную базу данных (блок 14).

Блок-схема алгоритма получения значения очереди Workflow представлена на рис. 3.

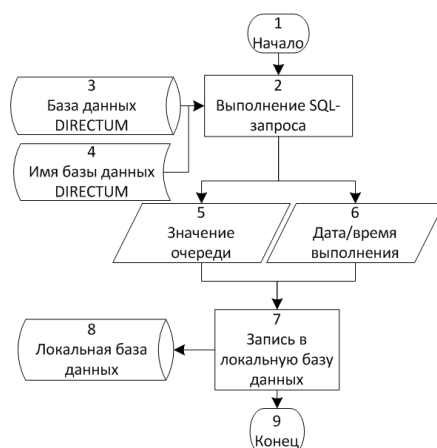


Рис. 3— Алгоритм получения значения очереди Workflow

Главная функция алгоритма — извлечение значения очереди Workflow и его запись в локальную базу данных. Работа начинается с обращения к базе данных DIRECTUM по ее имени (блок 4) и выполнения SQL-запроса (блок 2) базой данных (блок 3). База данных, в ответ на запрос, возвращает значение очереди Workflow (блок 5). В дополнение, блок 2 возвращает дату/ время выборки значения очереди Workflow (блок 6). Значение очереди считается путем подсчета строк таблицы SBWorkflowProcessing, хранящей задачи, находящиеся в ожидании обработки [4].

Все данные с таблицы записываются (блок 7) в локальную базу данных (блок 8).

Второй модуль (корреляционный анализ между значениями счетчиков производительности DIRECTUM и очередью Workflow) выполняется по требованию администратора DIRECTUM. Модуль проводит корреляционный анализ выборок за определенный отрезок времени и записывает результаты анализа в локальную базу данных. Для предоставления описаний счетчиков производительности, модуль использует реестры серверов DIRECTUM. Результат работы модуля выводится на экран.

Блок-схема алгоритма корреляционного анализа выборок за определенный отрезок времени и записи результатов в локальную базу данных представлен на рис. 4.

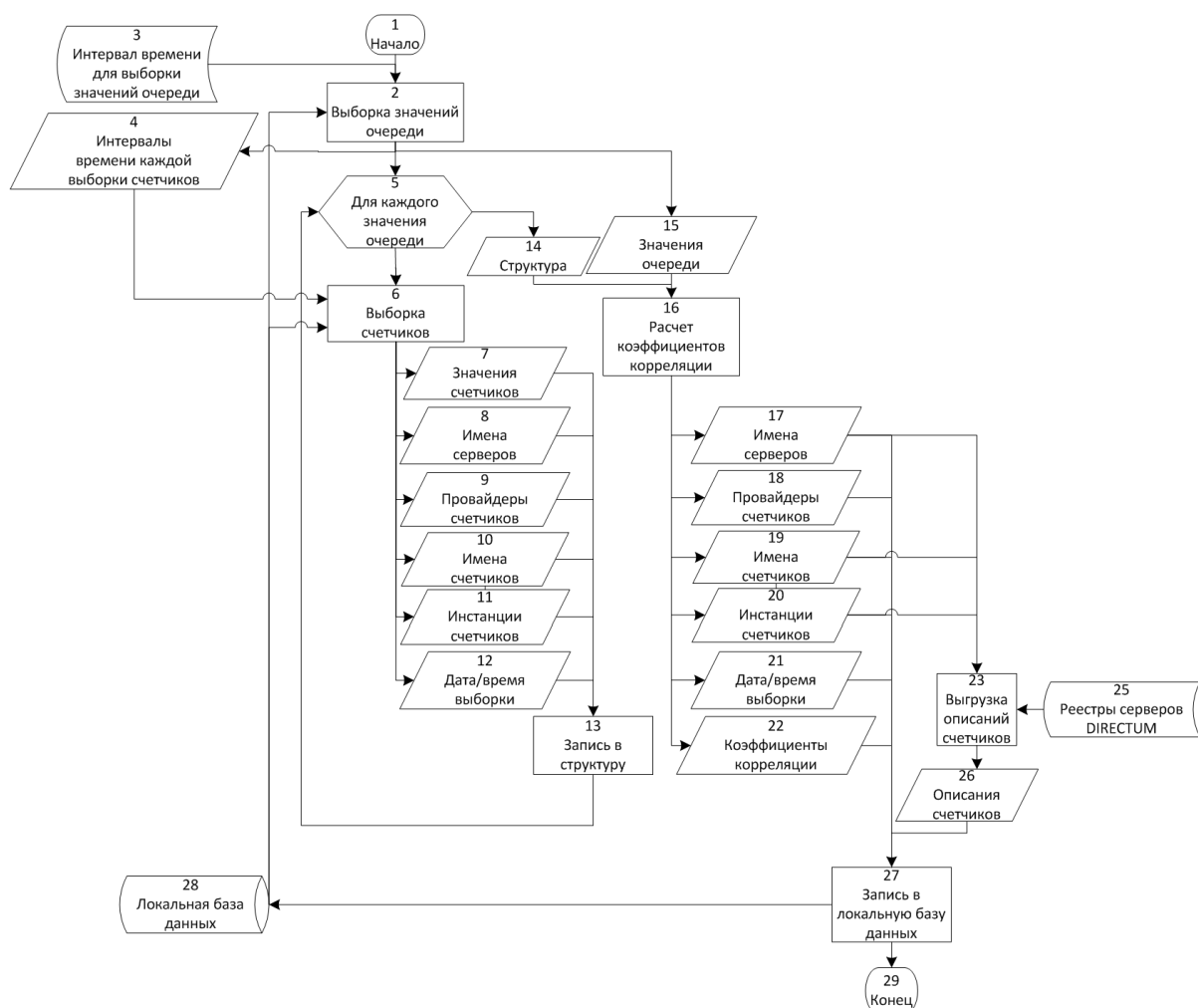


Рис. 4— Алгоритм корреляционного анализа выборок за определенный отрезок времени и записи результатов в локальную базу данных

Главная функция алгоритма — расчет коэффициентов корреляции между значениями счетчиков производительности и очереди Workflow и их запись в локальную базу данных.

Работа начинается с выборки значений очереди Workflow (блок 2) из локальной базы данных (блок 28), собранных за определенный отрезок времени (блок 3).

Для каждой выборки значения Workflow рассчитывается отрезок времени, в границы которого попадают выборки значений счетчиков производительности, полученных на той же итерации цикла сбора, что и данное значение очереди Workflow (блок 4).

Далее следует цикл (блок 5), извлекающий счетчики производительности (блок 6), удовлетворяющие условию: дата/время выборки входят в соответствующий отрезок времени блока 4. Блок 6 возвращает коллекцию следующих параметров:

- значение каждого счетчика производительности (блок 7);
- имя сервера каждого счетчика производительности (блок 8);
- провайдер каждого счетчика производительности (блок 9);
- имя каждого счетчика производительности (блок 10);
- инстанция счетчика производительности, если имеется (блок 11);
- дата/время выборки каждого счетчика производительности (блок 12).

Данные параметры записываются в структуру для временного хранения в основной памяти компьютера (блок 13).

Далее, используя структуру, заполненную циклом (блок 14), и значения очереди Workflow, выбранные блоком 2 (блок 15), рассчитываются коэффициенты корреляции (блок 16). Данный блок возвращает коллекцию параметров:

- имена серверов счетчиков производительности (блок 17);
- провайдеры счетчиков производительности (блок 18);
- имена счетчиков производительности (блок 19);
- экземпляры счетчиков производительности, если есть (блок 20);
- дата-время проведения корреляционного анализа (блок 21);
- коэффициенты корреляции (блок 22).

Для получения описания счетчиков производительности из реестров серверов DIRECTUM, блок 23 использует следующую информацию о счетчиках производительности:

- имя сервера каждого счетчика производительности (блок 17)
- имя каждого счетчика производительности (блок 19)
- экземпляр каждого счетчика производительности, если есть (блок 20).

Для получения описания счетчиков производительности (блок 26), блок 23 обращается к реестру сервера соответствующего счетчика производительности (блок 25). Получив описания, вместе с данными блоков 17, 18, 19, 20, 21, 22, блок 27 записывает в локальную базу данных (блок 28).

В результате предложены алгоритмы работы модулей автоматизированной системы получения, записи, хранения и обработки значений счетчиков производительности серверов системы электронного документооборота DIRECTUM и очереди Workflow, а также расчета статистических данных о взаимосвязи между значениями счетчиков производительности DIRECTUM и очередью Workflow, которые в свою очередь позволяют сократить время, отведенное на поиск возможных причин повышения значения очереди, или локализовать данные характеристики вплоть до уровня процессов.

Список литературы

1. DIRECTUM 5.6 Руководство администратора [Электронный ресурс] — URL: http://download.directum.ru/110996ghj42wdfgt6489/DIRECTUM_5_6%20Руководство администратора.pdf (дата обращения 27.05.2019).
2. Русинович М., Соломон Д. Внутреннее устройство Microsoft Windows. 6-е изд. — СПб.: Питер, 2013. — 800 с.
3. О. Pentakalos, М. Friedman Windows 2000 Performance Guide. — O'Reilly Media, 2002. — 720 p.
4. DIRECTUM 5.6 Физическая структура данных [Электронный ресурс] — URL: http://download.directum.ru/110996ghj42wdfgt6489/DIRECTUM_5_6%20Физическая структура данных.pdf (дата обращения 27.05.2019)

05.13.01

С.И. Лаптев, С.Н. Антропов, А.П. Буйносов д-р техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения,
Кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, serj2212@mail.ru, se-antr@mail.ru, byinosov@mail.ru

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ТЕЛЕЖКИ ГАЗОТУРБОВОЗА КАК СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЫ

В статье приводятся основные принципы теоретического расчета прочности тележки экипажной части современного газотурбовоза. Тележка железнодорожного подвижного состава рассматривается как статически неопределимая система.

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, газотурбовоз, тележка, система, статика, неопределенность, прочность, расчет.*

Условия работы газотурбовоза (ГТ), как отдельной тяговой единицы железнодорожного подвижного состава (ПС) значительно отличаются от условий работы стационарных и судовых машин. Помимо рабочей нагрузки на узлы и детали экипажной части ГТ действуют различные динамические усилия как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях [1]. Причины отказов ПС, в частности, ГТ: несовершенство конструкции (недостаточный запас прочности, низкие показатели надежности, ремонтпригодности, контролепригодности, недостаточный ресурс и др.); низкое качество изготовления, постройки; нарушение правил эксплуатации; нарушение технологии ремонта и технического обслуживания [2]. Одной из главных причин, вызывающих динамические нагрузки, являются неровности рельсового пути. При движении по неровностям между колесом ГТ и рельсом возникают инерционные и ударные нагрузки, пропорциональные величинам неподрессоренной массы и скорости ПС, глубине и длине неровностей рельсового пути. Динамическое воздействие зависит также от упругости пути, влияние которой может привести к существенному повышению инерционных сил [3].

Для решения прочностной задачи необходим системный подход, который предполагает комплексное решение проблемы с многосторонним учетом реальных факторов, воздействующих на состояние тележки ГТ с планомерным объединением усилий причастных лиц и организаций (проектные и конструкторские бюро, заводы-изготовители, ремонтные заводы, депо), с учетом влияния человеческого фактора [4]. Существенная черта системного подхода – целенаправленное сквозное решение проблемы прочности тележки на трех стадиях создания и функционирования объекта от обоснования идеи его технической разработки до списания из эксплуатации.

Наиболее неблагоприятны сочетания следующих нагрузок и усилий, действующих на рамы тележек ГТ:

1) в тяговом режиме на прямой: вертикальная статическая нагрузка с динамической добавкой; усилия, возникающие при работе тяговых двигателей в вертикальной плоскости; то же в горизонтальной плоскости; кососимметричная нагрузка [5];

2) в тяговом режиме на кривой: вертикальная статическая нагрузка с динамической добавкой; центральные силы и давление ветра; усилия, возникающие при работе тяговых двигателей в вертикальной плоскости; то же в горизонтальной плоскости; горизонтальные силы от рельсов при вписывании в кривую; кососимметричная нагрузка;

3) торможение на прямой: вертикальная статическая нагрузка с динамической добавкой; центробежная сила и давление ветра; горизонтальные силы от рельсов при вписывании в кривую; усилия, возникающие от торможения в вертикальной плоскости; то же в горизонтальной плоскости; кососимметричная нагрузка [6];

4) удар на прямой: вертикальная статическая нагрузка с динамической добавкой; инерционные силы от удара.

Механическая часть ГТ определяет его конструкционную скорость. В состав механической части ГТ входят кузов и тележки. Назначение тележек – восприятие вертикальной нагрузки от кузова и передача ее на рельсы. Тележки в зависимости от конструкции могут передавать тяговые и тормозные усилия. Они обеспечивают вписывание ПС в криволинейные участки рельсового пути. Возможны 2 варианта оценки прочности тележки экипажной части ГТ: 1) выполнение прочностных испытаний изготовленной тележки (определение усталостной прочности рамы); 2) выполнение прочностных расчетов тележки (при рассмотрении тележки как статически неопределимой системы).

Как правило, программа прочностных испытаний тележки ГТ предусматривает этапность приложения нагрузок для нескольких расчетных случаев. Сочетание нагрузок, их величины, порядок приложения по расчетным случаям, предельные и закритические условия прочности или достижение предельных деформаций (перемещений) задают таблицей, ленточным или трехмерным графиком. Испытания проводятся на стенде, реализующем циклическое нагружение рамы тележки. Чтобы не воссоздавать на стенде соответствующее за весь срок эксплуатации число циклов, величина нагрузок по отношению к действующим в эксплуатации завышена на коэффициент форсирования нагрузки.

Под статически неопределимой системой понимается система, для которой определение внешних реакций и всех внутренних сил не может быть произведено при помощи уравнений равновесия статики. По сравнению со статически определимыми системами они имеют дополнительные связи, которые называют «ненужными» или избыточными.

Одним из основных способов расчета статически неопределимых систем, к которым относится и тележка подвижного состава, является метод сил. Он применим для линейно деформируемых систем, к которым можно распространить принцип независимости приложения сил, называемого принципом наложения. Сущность принципа наложения состоит в том, что суммарный эффект, вызываемый действием нескольких сил, равен сумме эффектов, вызываемых действием каждой силы в отдельности.

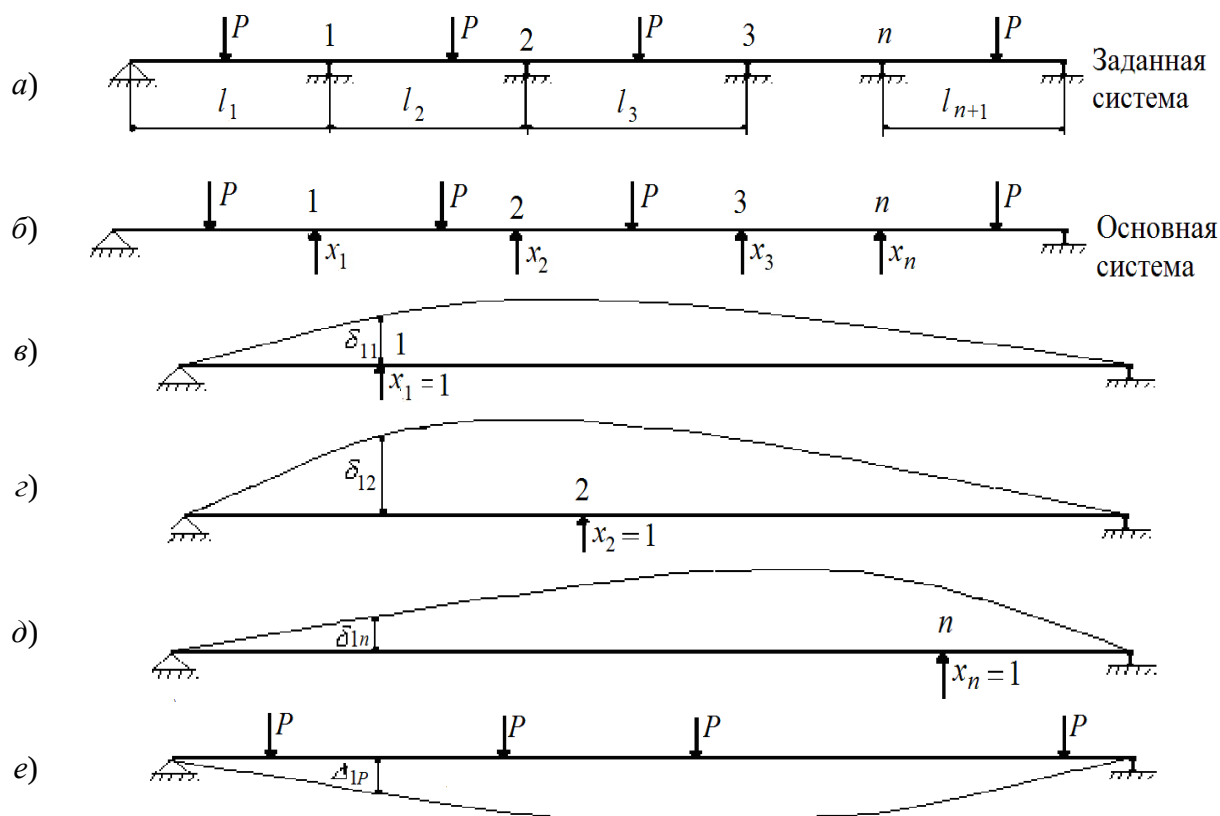


Рис. 1. Расчет рамы тележки методом сил

Список литературы

1. Буйносов А.П., Динисламов А.Р. Выбор метода неразрушающего контроля термоупрочненных деталей механической части электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 1. С. 50-52.
2. Буйносов А.П., Антропов С.Н. О концепции развития универсальной платформы для локомотивов нового поколения // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 3. С. 22-24.
3. Буйносов А.П., Цихалевский И.С., Лаптев С.И. Организация эксплуатации, обслуживания и ремонта газотурбовозов ГТ1h // Вестник УрГУПС. 2018. № 3 (39). С. 41-55.
4. Буйносов А.П., Лаптев С.И., Антропов С.Н. Организация эксплуатации газотурбинных локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 10-13.
5. Буйносов А.П., Марулин С.Л. Результаты моделирования упрочнения деталей локомотивов при термической обработке // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 9. С. 51-54.
6. Буйносов А.П., Яковлев К.Н., Хваловский А.В. Влияние условий эксплуатации локомотивов на износ бандажей колесных пар // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 3. С. 46-49.

05.13.01

Н.А. Максимов канд. техн. наук

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

МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО ПОЛЕТА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА) В УСЛОВИЯХ ДЕГРАДАЦИИ ГРУППЫ

В работе разрабатывается модель автоматизированной прокладки маршрута полета группы БПЛА при выполнении задач сбора данных для оценки состояния заданных объектов. Показана возможность сведения решаемой задачи к задаче коммивояжера. Предлагается алгоритм решения задачи коммивояжера. На основе предложенного алгоритма производится разработка и тестирование программного обеспечения для моделирования автоматизированной прокладки маршрута полета группы БПЛА.

Ключевые слова: БПЛА, групповой полет, планирование маршрута, задача коммивояжера, программное обеспечение, гибель БПЛА, перепланирование.

Групповое применение различных видов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является перспективным направлением в использовании беспилотной авиационной техники при решении большого спектра военных и гражданских задач [1,2]. Однако, несмотря на то, что БПЛА и стали весьма популярны и востребованы, остается еще немало количество нерешенных проблем. Одна из таких проблем – прокладка оптимального маршрута для группы беспилотных устройств в условиях противодействия и деградации группы.

При разработке автоматизированной прокладки маршрута требуется выбрать методы, которые позволят построить универсальный алгоритм прокладки оптимального маршрута полета группы, а так же перестраивать маршруты каждого БПЛА при изменении численности группы.

Сегодня модели группового поведения мобильных объектов активно изучаются и для их моделирования часто используются бионические подходы. Одним из наиболее популярных направлений такого рода являются методы роевого интеллекта [3]. К таким методам можно отнести метод роя частиц [4], муравьиный алгоритм [5], метод пчелиной колонии [6].

Постановка задачи и подходы к ее решению

Пусть задан некоторый район, в котором отмечены точечные цели, подлежащие разведке. Под разведкой понимается их фотосъемка. Заданы координаты целей x_i , y_i , где $i=1..n$ – количество целей. БПЛА находятся на одной или нескольких базах, координаты которых известны. Кроме этого, известны все технические характеристики БПЛА и съемочной аппаратуры, метеообстановка (направление и скорость ветра в зоне съемки) и примерное расположение средств противовоздушной обороны (ПВО) и ее характеристики (радиус действия). БПЛА производят разведку в режиме автономной работы, и между ними происходит обмен данными.

В этих условиях необходимо определить, маршрут следования каждого БПЛА и алгоритм переназначения целей, в случае гибели одного или нескольких БПЛА, обеспечивающий выполнение исходной задачи.

Описанная выше задача относится к задачам дискретной оптимизации и является достаточно сложной, поэтому проведем ее декомпозицию. На первом уровне решим задачу выбора последовательности облета целей только для одного БПЛА. На втором этапе рассмотрим планирование полета нескольких БПЛА вылетающих с разных баз и, наконец, на

третьем этапе введем эффект деградации группы БПЛА из-за действий ПВО противника и процедуру перепланирования.

Итак, задача **первого уровня** состоит в определении последовательности облета БПЛА назначенной ему группы целей и сводится к задаче коммивояжера, которая ставится следующим образом.

Задано: характеристики БПЛА; координаты целей.

Требуется: определить маршрут облета, проходящий через каждую цель ровно один раз и имеющий минимальный вес.

Будем считать, что расстояния между целями евклидово, а скорость БПЛА постоянная, таким образом, критерий оптимальности – время облета будет евклидовой метрикой. Данное допущение позволяет использовать ряд эвристических алгоритмов, которые позволяют быстро получить хорошее решение.

Существует большое количество методов для решения задачи коммивояжера. Среди точных методов наиболее подходящим является метод ветвей и границ, но учитывая, что наша задача является планарной, целесообразно использовать эвристические алгоритмы, такие как алгоритм минимального остовного дерева [6].

В постановке задачи **второго уровня** рассмотрим математическую модель, которая является обобщением классической задачи коммивояжера на случай нескольких БПЛА.

Предполагается, что есть некоторое максимально возможное количество БПЛА s , число n – количество объектов разведки, а также полный ориентированный граф $G(X, U)$, связывающий эти точечные объекты разведки и базы нахождения БПЛА. Множество X содержит $n + 2s$ вершин, из них:

1. n вершин, где требуется побывать, занумерованных натуральными числами от 1 до n , называемых не базовыми.

2. s базовых вершин, где БПЛА находятся на начальном этапе пути. Эти вершины нумеруются целыми числами от $n+1$ до $n + 2s - 1$ с шагом 2 и дополнительно обозначаются как $a_i, i = 1..s$.

3. s базовых вершин, где БПЛА будут находиться в конце выполнения задания. Вершины занумерованы числами от $n+2$ до $n+2s$ с шагом 2 и обозначены через b_i ,

i -й БПЛА начинает полет из точки a_i , а закончить движение должен в точке $b_i, i = 1..s$. Дугам множества U графа приписаны неотрицательные числа-веса. Каждая дуга (u, v) имеет вес $d(u, v)$.

Необходимо:

1. Определить наилучшее в некотором смысле количество БПЛА m ($m < s$) для проведения операции. Заметим, что число БПЛА s может превосходить число целей n . Поскольку каждый БПЛА должен пролететь, по крайней мере, над одной целью, количество их m должно быть выбрано не больше n .

2. Выбрать m конкретных БПЛА из s имеющихся.

3. Выделить на графе непересекающиеся маршруты полета выбранных БПЛА, содержащие все не базовые вершины.

На третьем уровне мы используем алгоритм, разработанный на втором уровне, но теперь количество БПЛА, подлежащих распределению убывает по мере деградации группы и одновременно убывает количество неразведанных целей. Таким образом, мы используем алгоритм второго уровня с начальными положением оставшихся работоспособными БПЛА, совпадающим с их положением в момент гибели одного из БПЛА.

Групповой полет

Заданы количество n и координаты целей и число m БПЛА, причем $m < n$. Все или часть БПЛА назначается для выполнения облета целей. Исходное расположение БПЛА задано. Они могут вылетать из разных мест (1...3). Конечные пункты полета так же заданы.

В некоторых областях (известных априорно) имеются средства ПВО, которые могут уничтожить БПЛА. Этот факт отражается в графе ребрами с очень большим весом (временем полета).

Необходимо разработать алгоритм решения задачи нескольких коммивояжеров в замкнутом и разомкнутом вариантах.

После гибели какого-либо БПЛА, количество работоспособных БПЛА уменьшается на единицу, а количество целей, которые надо отснять, на число уже отснятых к этому моменту.

Для завершения решения поставленной задачи предлагается повторно решать задачу нескольких коммивояжеров для новых исходных данных: количество целей $n_1 = n - n_{\text{отсн}}$, где $n_{\text{отсн}}$ - количество уже отснятых целей. В качестве исходного положения БПЛА брать их положение (координаты) на момент сбития, а конечные пункты полета остаются прежними. Процедура расчета проводится на всех БПЛА.

В случае поражения следующего БПЛА процедура пересчета маршрутов повторяется.

Критерий оптимизации – минимальное время разведки всех целей при использовании $m, m-1, m-2, \dots, 1$ БПЛА не должно превосходить некоторое наперед заданное время выполнения задачи $T_{\text{зад}}$. Дополнительно могут быть заданы ограничения по топливу для каждого БПЛА (или по общей длине маршрута каждого БПЛА).

Для решения задачи могут быть использованы результаты диссертации Казака А.А. [7] в части реализации алгоритмов решения задачи коммивояжера с соответствующими дополнениями и ограничениями.

Алгоритм решения задачи многих коммивояжеров

Гарантированно оптимальный маршрут можно найти только при полном переборе. Поэтому данный способ является весьма не эффективным по времени. Максимум что можно сделать это попытаться найти как можно более близкое к нужному решение. Для выполнения поставленной цели предлагается применить эвристический алгоритм [7], так как другие алгоритмы, например полного перебора или деревьев поиска [7], не выполняют поставленную задачу за приемлемое время. Разработанный эвристический метод представляет комбинацию метода статистических испытаний и еще нескольких других эвристических алгоритмов. Поскольку предполагается большое количество испытаний, то среди них потребуется найти лучшее. Чтобы это сделать, необходимо ввести метрику. В данном случае лучше всего представить значение метрики для данного решения как произведение суммы длин всех путей на длину максимального пути, где каждый множитель еще возводится в степень важности данного критерия, который задается пользователем.

$$J = J_1^{a_1} * J_2^{a_2}$$

Суть самого алгоритма будет заключаться в следующем:

Составляется случайное решение для многих коммивояжеров, и оно считается ответом на задачу. Потом его пытаются улучшить либо подбирают другое, которое будет лучше. Если в течение заранее определенного числа итераций значение метрики не становится лучше, то это означает что было подобрано максимально успешное решение и оно принимается за искомое. На каждой итерации алгоритма сначала генерируются 3 случайных числа, в зависимости от которых будут применены различные алгоритмы к текущему лучшему решению. В зависимости от вероятности первого принимается решение о генерации нового ответа на задачу либо на улучшение текущего. Если было предложено сгенерировать новое решение, то в зависимости от второго случайного числа выбирается либо новое случайное, либо новое жадное решение. При случайном выборе все точки облета случайным образом делятся между БПЛА, также выбирается порядок облета. При "жадном" решении распределение тоже случайное, но облет происходит "жадным" путем, то есть всегда к самому ближайшему. При генерации решения с лучшей метрикой происходит обновление решения. Если было предложено улучшить текущий путь, то в зависимости от значения третьей величины выбирается один из двух алгоритмов улучшения. Каждый из них основывается на том, чтобы в пути следования коммивояжера поменять порядок облета точек и посчитать значение метрики. При улучшении метрики лучшее решение обновляется. Отличаются эти два решения тем, что в одном из них вершины меняются местами через одну, а в другом друг за другом.

При большом количестве итераций (примерно 500) можно говорить о том, что было получено примерно лучшее решение. Но в контексте нашей задачи приходится учитывать еще и дальность полета БЛА. Чтобы решить данную проблему, было предложено после работы алгоритма проверять длины всех путей облета на наличие превышения предполагаемой дальности. Если данное решение не удовлетворяет дальностям самолетов, то предполагается запустить алгоритм заново и так до тех пор, пока не будет найдено подходящего решения. Возможно, такого решения не будет и тогда алгоритм заикнется и следует ограничить этот поиск разумным числом итераций поиска.

Данное решение не является оптимальным, так как, если не найдется пути учитывающего дальности всех БПЛА, то решение вообще не будет построено. Его можно было бы улучшить следующим образом, после каждой итерации, возможно, следует менять параметры метрики, чтобы построение путей отличалось от предыдущей итерации. Также возможно выбросить из путей облета вершины, которые мешают БПЛА облететь точки в пределах заданной дальности. Можно для каждой точки рассчитывать сумму расстояний до всех точек, и тогда вершины графа с максимальным значением суммы будут, скорее всего, отдалены больше всех от основного скопления точек. Такие вершины можно удалить из графа. Что касается самих эвристических алгоритмов, к ним можно добавить еще один. Перемещая точки облета из одних путей в другие можно получить решение с лучшей метрикой. Таким образом, в перспективе можно реализовать данные улучшения, что позволит значительно улучшить качество работы алгоритма

Перепланирования маршрутов БПЛА при деградации группы

Рассмотрим случай, так называемой, деградации группы. Это может произойти в результате одной из трех причин: уничтожение/повреждение БПЛА противником, естественный отказ техники и причины природного характера (порыв ветра, ураган и т.п.). В ходе полета БПЛА, входящие в группу, регулярно обмениваются между собой информацией о текущих координатах, а также целевой информацией. Таким образом, каждый БПЛА группы имеет данные о координатах всех остальных, по крайней мере на момент последнего обмена плюс время доставки. Эти данные дают возможность в любой момент, как только отсутствует информация о текущих координатах какого-либо БПЛА, считать его потерянным и начать перепланирование - распределения целей между оставшимися $s-1$ БПЛА. Количество целей, которые еще не обследованы, определяется как $n-p_1$. Где p_1 - количество отснятых целей на момент сбития БПЛА.

Далее включается в работу алгоритм, описанный выше, с учетом того, что начальными точками являются точки с координатами БПЛА на момент сбития одного из них, а конечные точки остаются без изменения.

Программная реализация

В процессе разработки программного комплекса было реализовано два режима поиска оптимального маршрута:

- Для одного БПЛА с ограниченной дальностью
- Для произвольного числа БПЛА с ограниченной дальностью

Для визуализации результатов расчета реализован режим "полета". Маршрут каждого БПЛА подсвечивается уникальным цветом и в каждый момент времени визуализации высчитываются координаты БПЛА, а на экран, в соответствующих точках, выводятся условные обозначения объектов, для более наглядного отображения маршрута летательного аппарата.

Моделирование "полета" может быть произведено с учетом потери летательного аппарата. Для этого необходимо выбрать в меню кнопку паузы и нажать на условные обозначения самолетов, которые необходимо убрать, они пометятся другим цветом. Так же выделятся вершины графа, которые уже посещены БПЛА. После проделанных операций необходимо произвести расчет. Он будет проделан в соответствии с поставленными условиями. Текущие положения ЛА будут заданы как начальные вершины графа, дальность ЛА будет соответствовать остаточной дальности на момент паузы.

Таким образом, разработанный программный комплекс позволяет производить планирование маршрутов для группировки БЛА.

На рисунках 1,2 приведены графической реализации описанных выше ситуаций

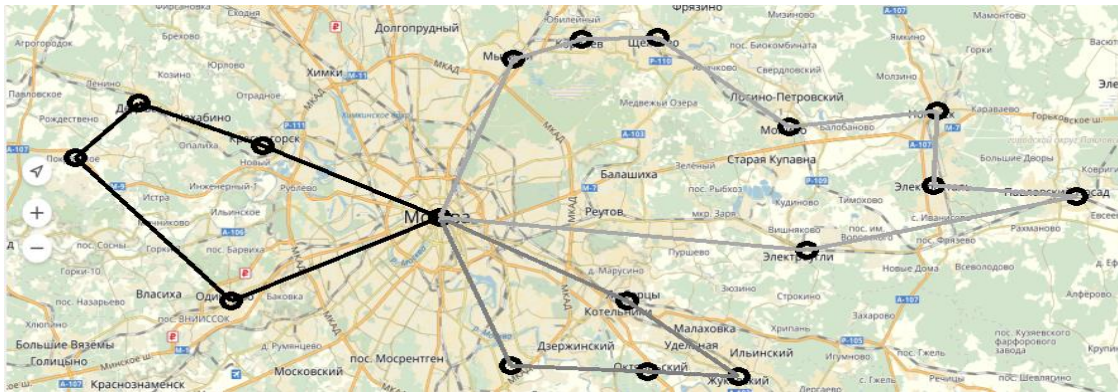


Рис.1 - Отображение режима полета группы из трех БПЛА

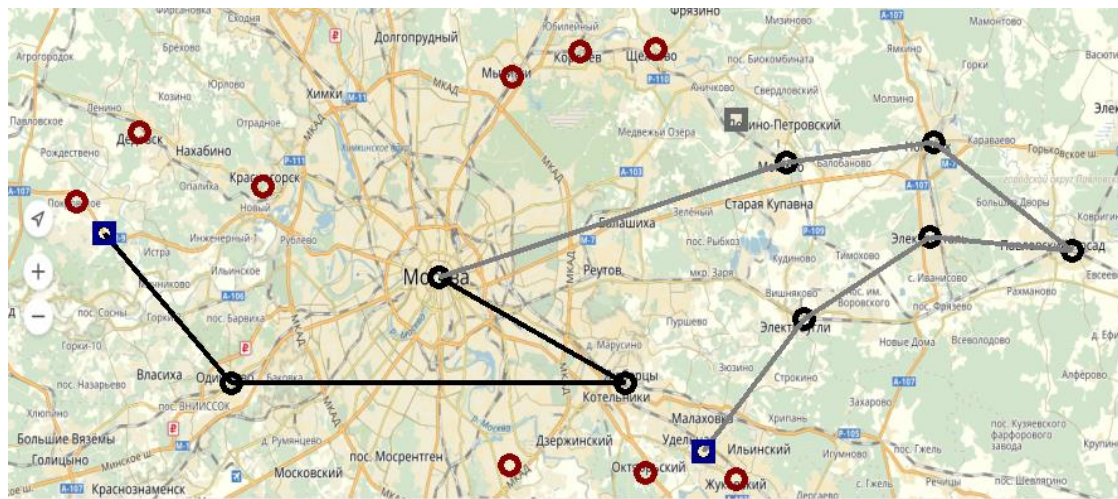


Рис. 2 - Маршруты, построенные после потери БПЛА

Перспективы развития

Для значительного сокращения время работы расчетного модуля на больших данных алгоритмическую часть, можно расширить использованием кластеризации точек графа. Это можно сделать уже традиционным методом k-means [9] или же с использованием нейросетевого подхода [10]. После кластеризации - разбивать исходную задачу на множество подзадач по количеству кластеров и решать каждую из них независимо в отдельных потоках или же на разных вычислительных машинах.

Для ещё большего сокращения времени работы программы можно каждую из описанных выше задач решать параллельно, например, независимо генерировать маршруты для улучшения в алгоритме многих коммивояжеров. Таким образом, к данной задаче можно применить технологии Cuda [11] и Mpi [12].

Так же, для более детального моделирования полетов или же планирования реальных боевых задач, можно ввести дополнительные параметры БПЛА. Например, высоту полета, уникальные скорости и дальности полета для каждого БПЛА.

Список литературы

1. *Иноземцев, Д.П.* – Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. / Д.П. Иноземцев // АТИП. – 2013. – № 2(49) – С. 50-52.
2. *Максимов А.Н, Максимов Н.А* Разработка и описание математической модели прокладки маршрута полета группы беспилотных летательных аппаратов. В Тр. Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» с. 487-491, Самара ,2018 г.
3. *Водолазский И.А.* Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации / Водолазский И.А., Егоров А.С., Краснов А.В. // Молодой ученый. — 2017. №4. — С. 147-153.
4. *Лорьер Ж.-Л.* Системы искусственного интеллекта / Лорьер Ж.-Л. — Москва: Мир, 1991. — 568 с.
5. *Кажаров А.А.* Муравьиные алгоритмы для решения транспортных задач / Кажаров А.А., Курейчик В.М. — Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2010. — № 1. — С. 32-45.
6. *LaValle, S.M.* – Planning Algorithms / S.M. LaValle // Cambridge University Press, 2006. –842 p.
7. *Казак А.А.* Диссертация на соискание степени к.т.н. "Моделирование сложных процессов железнодорожного и автомобильного транспорта на основе использования задачи коммивояжера" Ростов-на-Дону 2006 – 143 с.
8. *Колесников А.В.* Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / Колесников А.В., Кириков И.А., Листопад С.В., Румовская С.Б. — Москва: ИПИ РАН, 2011. — 295 с.
9. Википедия. Статья " K-means "[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/K-means> - (Дата обращения: 20.05.2019).
10. *Евгений Борисов.* Статья "Кластеризатор на основе нейронной сети Кохонена"[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-kohonen-clusterization.html> -(Датаобращения: 20.05.2019).
11. Википедия. Статья "CUDA"[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CUDA> -(Дата обращения: 25.04.2019).
12. Википедия. Статья "Message Passing Interface"[Электронный ресурс] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Message_Passing_Interface - -(Дата обращения: 25.04.2019).

05.13.01

А.Н. Максимов, Р.С. Корольков, Р.Т. Аляутдин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
факультет «Системы управления, информатика и электроэнергетика»,
кафедра «Информационные технологии»,
Москва, al_maksimov@mail.ru, rostkorolkov@gmail.com, romanalyautdin@gmail.com

МЕТОД РЕНДЕРИНГА ФОТОРЕАЛИСТИЧНОГО ВИДЕОПОТОКА КАМЕРЫ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье предлагается подход к использованию генеративных нейронных сетей в симуляции видеопотока камеры для обучения и тестирования алгоритмов машинного зрения, используемых в беспилотных автомобилях. Также проводится сравнение работы алгоритмов машинного зрения для двух типов видеопотока: сгенерированного нейронной сетью и полученного классическим рендерингом.

Ключевые слова: беспилотные автомобили, симуляторы, фотореализм, генеративные нейронные сети

Моделирование виртуального мира широко используется при разработке беспилотных средств для обучения и тестирования алгоритмов управления. Большинство этих алгоритмов используют видеопоток, полученный с камеры, для распознавания сцены и позиционирования в пространстве. Действия беспилотного автомобиля напрямую зависят от алгоритмов распознавания сцены, которые должны максимально качественно работать в реальных условиях, а значит и виртуальная среда, в которой происходит обучение и тестирование, должна быть максимально приближена к реальности.

Проверка алгоритмов управления беспилотными средствами осуществляется в симуляторах, используя стандартные способы визуализации сцены и различные техники придания реалистичности, такие как: текстурирование, освещение, затенение и многое другое.

Создание макета городской среды для фотореалистичного рендеринга является трудоемким процессом. Необходимо разрабатывать высокополигональные модели и определять текстуры для них. Кроме того, рендеринг фотореалистичного видео требует больших вычислительных ресурсов и времени.

В данной работе предлагается альтернативный подход для получения реалистичной модели мира: использование генеративных нейронных сетей для покадрового создания вида сцены.

На рисунке 1 схематически показано использование генеративных нейронных сетей для симуляции фотореалистичного видеопотока с камеры.



Рис. 1 – Использование генеративной нейронной сети в симуляторе

Симулятор хранит внутри себя модель мира и позволяет получить визуализацию этого мира в специальном формате, необходимом нейронной сети. После чего происходит генерация кадра сцены относительно заданного вида.

При таком подходе к симуляции мира отсутствует необходимость в сложном рендеринге и город может создаваться автоматически, используя только карту местности. Вид объектов на сцене может легко подменяться за счет различных наборов данных.

На сегодняшний день существует множество вариаций генеративных сетей, в том числе сети, способные синтезировать изображение, получая на вход специальную разметку[3,4]. В данной работе рассматриваются генеративные нейронные сети, преобразующие одно изображение в другое и обученные на наборе данных Cityscapes[5]. На вход таким сетям подается описание городской сцены в виде семантической сегментации, а результатом работы является сгенерированное изображение, соответствующее этому описанию.

Не менее важной является задача сохранения контекста между кадрами и корректное отображение объектов в видеопотоке. Генеративная нейронная сеть Vid2vid[6] решает такого рода задачу и, по результатам исследований разработчиков данной нейронной сети, показывает один из наилучших результатов генерации изображений на сегодняшний день. Поэтому для симуляции реального мира в данной работе используется именно эта генеративная нейронная сеть.

Оценка реализма генеративных нейронных сетей исследуется в статьях [1,2,6]. В этих работах рассматриваются подходы к генерации изображений, неотличимых человеком от реальных. Оценка качества генерации проводится путем опроса группы людей и выявление наиболее предпочтительных алгоритмов генерации.

В данной работе предлагается подход, основанный на использовании генеративных нейронных сетей для обучения и тестирования беспилотных средств, поэтому для оценки близости видеопотока камеры к реальному миру будет оцениваться качество работы алгоритма восприятия окружающей среды. Полученный результат необходимо сравнить с результатами применения этого же алгоритма для видео из реального мира.

В качестве алгоритма восприятия в работе используется детектор объектов, на котором и проводится сравнение средней ошибки детектирования. Формула подсчета средней ошибки для видео выглядит следующим образом:

$$avgLoss = \frac{FPC + FNC + \sum_{i=1}^{CC} [1 - confidence^{(i)}]}{FC} \quad (1)$$

где FPC (False positive count) – число объектов, ошибочно распознанных на видео; FNC (False negative count) – число объектов, не распознанных на текущем видео; CC (Correct count) – число правильно распознанных объектов на видео. Распознавание считается правильным, если предсказанный детектором прямоугольник, обводящий объект, перекрывает хотя бы половину площади от реального положения объекта; confidence – вероятностная оценка уверенности в распознанном объекте; FC – общее число объектов на видео.

Одним из наиболее эффективных с точки зрения качества и скорости алгоритмов детектирования является сверточная нейронная сеть YOLOv3[9]. Поэтому, в рамках исследования было разработано приложение подсчета средней ошибки детектирования объектов с использованием YOLOv3 для видеопотока.

Для формирования тестовых данных и оценки этой ошибки необходимо интегрировать генеративную нейронную сеть в симулятор реального мира. Самыми популярными симуляторами для беспилотных средств являются Carla[7] и Airsim[8]. В данной работе используется симулятор Carla, в виду того, что он, в отличие от Airsim, предоставляет возможность покадровой работы, т.е. без пропуска кадров.

Получившаяся архитектура симулятора с использованием нейронных сетей представлена на рисунке 2.

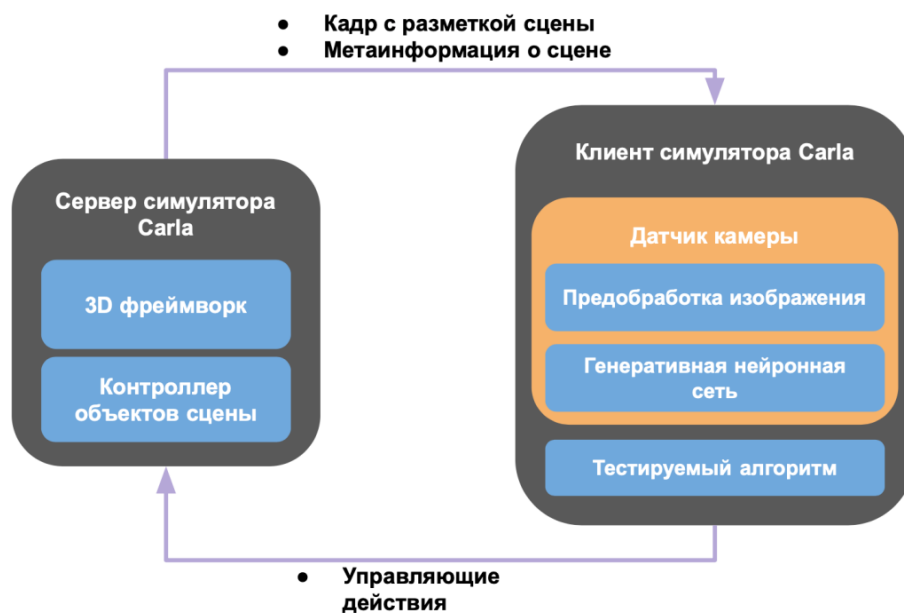


Рис. 2 – Архитектура работы симулятора

Симулятор использует клиент-серверный подход для своей работы.

Сервер хранит информацию о сцене: положение динамических объектов, их скорость, положение беспилотного средства, углы обзора и многое другое. Кроме этого, сервер отвечает за перемещение всех объектов в зависимости от входных сигналов и за передачу информации о сцене клиентам. Информация о сцене может содержать не только положение и скорость объектов, но и визуализацию сцены относительно указанного вида или информацию с других датчиков.

Клиент отвечает за симуляцию беспилотного автомобиля. Он может запрашивать показатели с различных датчиков и передавать информацию о перемещении беспилотного средства.

Симулятор Carla предоставляет специальный датчик для семантической сегментации, однако выходные данные этого датчика не соответствуют входу нейронной сети.

На рисунке 3 схематически показаны действия модуля подготовки кадра для нейронной сети.

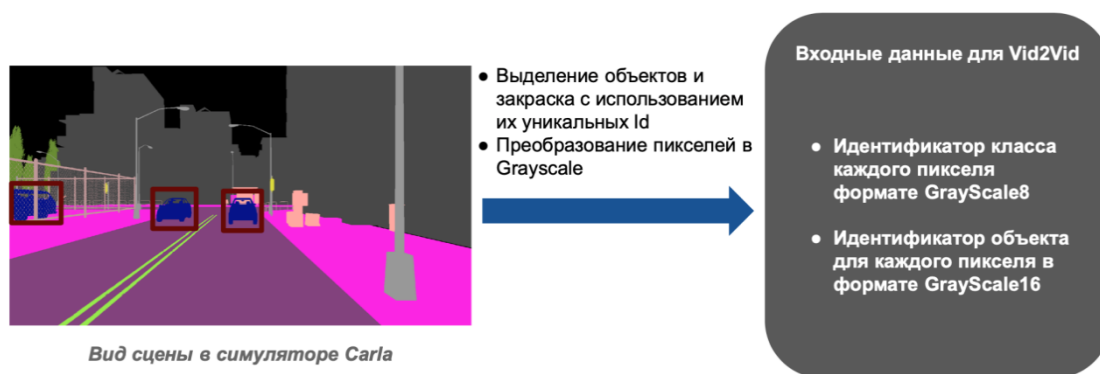


Рис. 3 – Модуль предобработки изображения

Семантическая сегментация преобразуется в специальный формат, удобный для использования нейронной сетью. Кроме того, дополнительно создается изображение, хранящее уникальные идентификаторы объектов, находящихся на сцене. Разметка идентификаторов была реализована через закраску области определенного класса внутри ограничивающего прямоугольника, который предоставляется симулятором для каждого видимого объекта.

Нейронная сеть принимает на вход данные в формате Grayscale, а на выходе предоставляет сгенерированное изображение.

Весь модуль обработки и генерации предоставляется в виде датчика камеры, которым могут пользоваться остальные компоненты системы. В данном случае, его использует модуль принятия решений, в качестве которого выступает ручное управление.

С помощью данной реализации в ручном режиме управления были записаны два видео: используя стандартный рендеринг и рендеринг через генеративную нейронную сеть. Оба видео записывались одновременно, захватывая видео сразу с двух источников: с камеры симулятора и с камеры, использующей генеративную нейронную сеть.

Сцена, используемая для тестирования подхода, содержит в себе самые распространенные объекты, встречаемые в реальном мире: машины, пешеходы, деревья, дома, тротуары, светофоры и многое другое.

На рисунке 4 приведен пример работы приложения детектирования для фрагментов в обоих записанных видео.



Рис. 4 – Пример работы приложения детектирования

Для оценки средней ошибки алгоритма распознавания в реальном мире был использован набор данных BDD100K[10]. Из него случайным образом были выбраны 15 видео с различными ландшафтами, на которых также был проведен расчет ошибки.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки средней ошибки

Видео	Средняя ошибка	Число кадров
Стандартные средства симулятора	0.22816	1375
Генеративная нейронная сеть	0.24775	1375
Реальный мир	0.24094	15350

В ходе работы был реализован подход к симуляции реального мира, используя генеративные нейронные сети. Было реализовано приложение оценки ошибки детектирования объектов с использованием нейронных сетей. Также было проведено сравнение реалистичности сгенерированного вида мира и стандартного вида Carla.

По результатам работы, оба полученных города воспринимаются алгоритмом детектирования практически равноценно, с небольшим преимуществом у генеративных нейронных сетей. Однако, использование генеративных нейронных сетей позволяет создавать более масштабируемые решения за счет генерации не только вида города, но и его ландшафта.

Список литературы

1. YijunLi, Ming-YuLiu, XuetingLi, Ming-HsuanYang, JanKautz: A Closed-form Solution to Photorealistic Image Stylization [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1802.06474.pdf> (Дата обращения 20.05.2019).
2. Taesung Park, Ming-Yu Liu, Ting-Chun Wang, Jun-Yan Zhu: Semantic Image Synthesis with Spatially-Adaptive Normalization [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.07291.pdf> (Дата обращения 20.05.2019).
3. Phillip Isola, Jun-Yan Zhu, Tinghui Zhou, Alexei A. Efros: Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1611.07004> (Дата обращения 20.05.2019).
4. Ting-Chun Wang, Ming-Yu Liu, Jun-Yan Zhu, Andrew Tao, Jan Kautz¹, Bryan Catanzaro: High-Resolution Image Synthesis and Semantic Manipulation with Conditional GANs [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1711.11585.pdf> (Дата обращения 16.05.2019).
5. Cordts M., Omran M., Ramos S., Rehfeld T. The cityscapes dataset for semantic urban scene understanding // CVPR – 2016.
6. Ting-Chun Wang, Ming-Yu Liu, Jun-Yan Zhu, Guilin Liu, Andrew Tao, Jan Kautz, Bryan Catanzaro: [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1808.06601> (Дата обращения 23.05.2019).
7. CARLASimulator [Электронный ресурс]. – URL: [<http://carla.org/>] (Дата обращения 13.04.2019).
8. AirSimSimulator [Электронный ресурс]. – URL: [<https://microsoft.github.io/AirSim/>] (Дата обращения 13.04.2019).
9. JosephRedmon, AliFarhadi: YOLOv3: AnIncrementalImprovement [Электронный ресурс]. – URL: [<https://arxiv.org/abs/1804.02767>] (Дата обращения 18.05.2019).
10. BDD100K: A Large-scale Diverse Driving Video Database [Электронный ресурс]. – URL: [<https://bair.berkeley.edu/blog/2018/05/30/bdd/>] (Дата обращения 20.04.2019).

05.13.01

И.В. Нелин канд. техн. наук, М.С. Виноградов

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва, kaf-44-3@yandex.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДЕФЕКТОВКА ПОРАЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МОЛНИЕЙ

Так как проблема поражения грозовыми разрядами летательных аппаратов видится довольно актуальной, в данной статье вносятся предложения по автоматизации процесса диагностики повреждений планера и несущих конструкций летательного аппарата, путем сканирования его ультразвуковыми волнами. Новизна данного решения в том, что установка является не только автоматической, но и стационарной, а дефектовка производится без участия человека, что позволит повысить точность анализа и сократить затрачиваемое время простоя воздушного судна.

Ключевые слова: грозовой фронт, неразрушающий контроль, системный анализ повреждений, автоматизация.

Попадание разряда молнии в летательный аппарат (ЛА), считается обыденным явлением. В Самолет, пролетающий сквозь грозовой фронт, может попасть довольно приличное количество разрядов. Именно поэтому, предусмотрен специальный регламент после попадания в зоны грозовой деятельности, согласно ему:

«Специальное техническое обслуживание выполняется после полета самолета в турбулентной атмосфере, в зоне грозовой деятельности и т. д.

Для этого необходимо убедиться: в отсутствии деформаций, трещин обшивки и силового набора планера и рамы двигателя, забоин на лопастях воздушного винта. При обнаружении остаточных деформаций и трещин проверить нивелировку самолета; убедиться в исправности органов управления самолетом и шасси; узлов крепления отъемных частей крыла, стабилизатора, киля, элеронов и рулей, а также в исправности крепления приборных досок, приборов и блоков радиоэлектронного оборудования.

После полета в зоне интенсивной грозовой деятельности дополнительно к перечисленным ранее работам следует выполнить следующее: осмотреть обшивку самолета, законцовок крыла, киля, стабилизатора и убедиться в отсутствии следов попадания молнии; проверить работу электро- и радиооборудования, не снимая его; проверить, нет ли остаточного магнетизма в стальных деталях самолета.» [1]

Из сказанного выше, видно, что после попадания ЛА в грозовой фронт, требуется большое количество проверок, которые в данный момент выполняются вручную. В данной статье предложен метод автоматизации и оптимизации процесса выявления повреждений от попадания молнией. Так как современные самолеты проектируются с учетом попадания разрядов молнии, то основную угрозу представляет не столько разряд попавший в планер, сколько разрушение вызванные этим разрядом. На Рисунке 1, показаны условные зоны поражения конструкции планера воздушного судна.

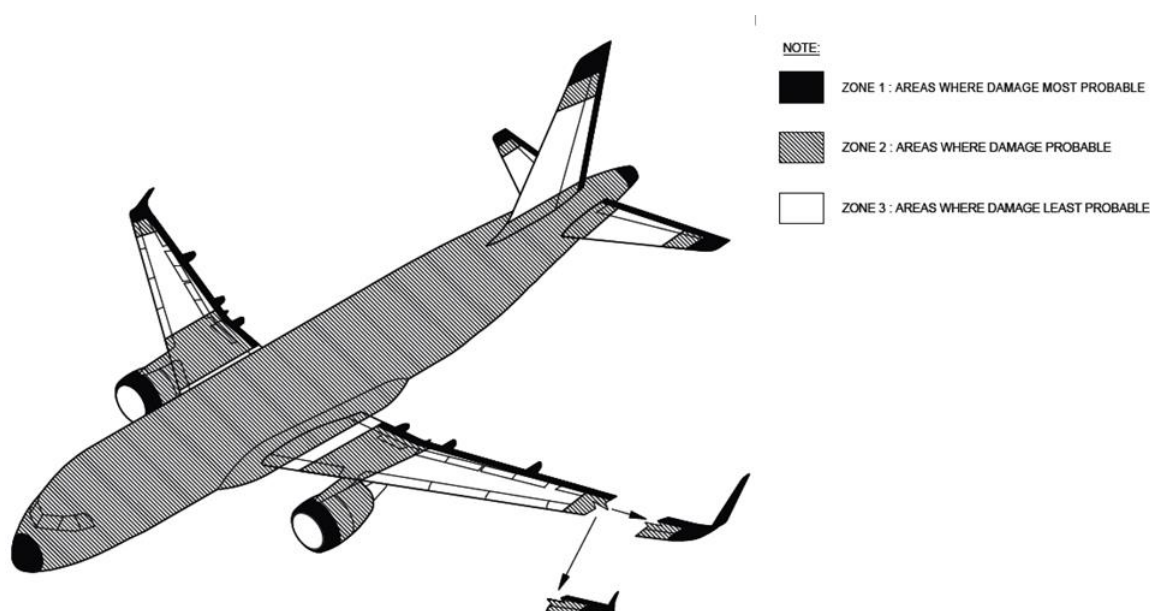


Рис. 1. – зоны вероятного поражения молнией ЛА, на примере Airbus A320

Так как во время взлета и посадки конструкция летательного аппарата подвергается воздействию давления воздуха, перегрузкам, физическому воздействию, охлаждению или нагреву, а соответственно термическому напряжению, проявляющемуся в виде расширения или сжатия, а в конечном счете — смещения прилегающих слоев по всей глубине структуры композитного материала. Можно утверждать, что все эти факторы приводят к накоплению деформаций и более сильным смещениям, которые, в свою очередь, связаны с повышенным риском образования трещин. Напряжения в материале зависят от его механических характеристик, количественно определяемых посредством измеримых параметров, таких как предел текучести, модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Соответственно при деформировании поверхности разрядом молнии, появляется риск разрушения в момент действия нагрузок (при взлете и посадке), что может привести к катастрофическим последствиям. Примером такого происшествия может служить Boeing 707 борт Pan Am Flight 21 [2], после попадания молнии произошло разрушение левой плоскости крыла и взрыв топливных баков, так же нельзя не вспомнить случай с Sukhoi Superjet 100-95В авиакомпании «Аэрофлот» SU1492 [4], который после попадания молнии потерял радиосвязь, что косвенно послужило причиной катастрофы 5 мая 2019 в Шереметьеве. Эти факты показывают всю опасность попадания разрядов молнии в фюзеляж самолета.

Так же по регламенту обязательных работ, после попадания в грозу [1], необходимо проводить ряд проверок не только состояния деталей фюзеляжа, но и при необходимости радионавигационного и радиолокационного оборудования самолета, а так же средств авионики и электроники судна, что является весьма трудоемким процессом на сегодняшний день и может занимать до 2х суток, а соответственно влечет за собой финансовые убытки для авиакомпаний.

Для решения ряда проблем с проведением осмотра элементов ЛА от удара молнией и воздействий высокой интенсивности, предлагается применять метод ультразвуковой дефектоскопии.

Так как дефекты проявляются в месте входа и выхода разряда молнии, и часто имеют вид как показано на рисунке 2.



А



Б

А – место попадания молнии на киле

Б – место выхода разряда молнии возле иллюминатора

Рис. 2 – Виды поражения ЛА грозowymi разрядами

Ультразвуковая дефектоскопия обладает достаточной точностью измерений что бы выявить данные дефекты и наличие скрытых. Так как при создании современных летательных аппаратов активно используют ПМК элементы, являющиеся диэлектриками, а также на борту установлено чувствительное к магнитному полю оборудование, из этого следует, что использование других методов неразрушающего контроля и диагностики видется весьма затруднительным. Исходя из этого предлагается внедрение стационарного ультразвукового дефектоскопа с использованием эхо-метода.

Так как для проведения работ по послеполетному обслуживанию и проверке, самолет транспортируется в ангар, рационально разместить комбинированный излучатель и приемник так как показано на рисунке 3. , тем самым обеспечив сканирование ЛА, при помещении его к месту диагностики и ремонта.

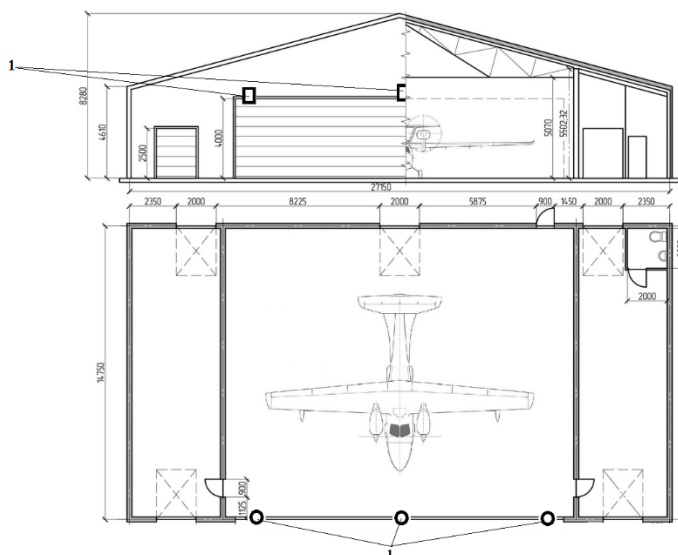


Рис. 3 - Расположение ультразвуковых датчиков в ангаре

Из источника [3], для достижения требуемой лучевой разрешающей способности необходимо, чтобы два следующие друг за другом импульса не налагались. Импульсы фиксируются раздельно, если расстояние между одинаковыми отражателями вдоль луча

(1) При использовании импульсного эхо-метода глубина проникновения акустического импульса связана со временем его распространения следующей зависимостью:

(2) где t – время пробега импульса в изделии, c – скорость звука в контролируемом объекте.

Учитывая вельды и типы материалов, используемых в конструкции планера самолета, рабочий диапазон частот можно представить как:

0,6÷12 МГц, 0,8÷12 МГц, 1,2÷12 МГц,

0,6÷6,5 МГц, 0,8÷6,5 МГц, 1,2÷6,5 МГц.

Это позволит провести сканирования всех элементов конструкции.

Заключение

Таким образом, при применении стационарного ультразвукового дефектоскопа, можно автоматизировать диагностику повреждений летательного аппарата после попадания в грозовой фронт, что значительно упростит выполнение работ по обеспечению работоспособности ЛА, сократит время простоя техники и затраты людских ресурсов, а так же повысит эффективность проверок и их точность, так как в данный момент, диагностика происходит визуальным методом, и своевременно выявить следы попадания молнии не всегда удается.

Список литературы

1. AIRBUS A318/A319/A320/A321 Manual: AMM 05-51-18-200-001-A - Inspection after a Lightning Strike
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Катастрофа_Boeing_707_в_Элктоне
3. Ермолов И.Н., Вopilкин А.Х., Бадалян В.Г. «Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии» НПЦ «Эхо+» М.: 2004г
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Катастрофа_SSJ_100_в_Шереметьеве

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

05.13.06

¹А.Е. Аблаева, ²Е.Ф. Лобачёва, ³В.В. Слепцов д-р техн. наук,
²С.В. Шаныгин канд. техн. наук

¹МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт комплексной безопасности и специального приборостроения,
кафедра «Приборы и информационно-измерительные системы»,
²МГТУ им. Н.Э.Баумана, факультет Робототехника и комплексная автоматизация,
кафедра «Теория механизмов и машин»,
³ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук (ИМАШ РАН),
Москва, ¹Anna_Ablaeva@mail.ru, ²sg78dec@mail.ru

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ ТОКА
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

В работе представлены результаты исследования выбора типов датчиков для обеспечения необходимых технических характеристик автоматизированного электропривода.

Ключевые слова: электропривод, датчик тока, полоса пропускания.

Автоматизированный электропривод (АП) является энергетической основой автоматизации технологических процессов, особенно широко он применяется в гибком автоматизированном производстве, входя в состав промышленных роботов, станков с ЧПУ, координатно-измерительных машин, лазерных технологических установок, робокаров. Современный АП представляет собой совокупность информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС, состоящей из регуляторов положения, скорости и тока, датчиков положения, скорости и тока, усилителя мощности с источником питания) и электродвигателя ЭД (постоянного и переменного тока).

Так как характеристики вышеперечисленных технологических машин во многом зависят от используемых АП, то анализу их технических характеристик посвящено много работ [1, 2], разработан ГОСТ 27803-91 «Электроприводы регулируемые для металлообрабатывающего оборудования и промышленных роботов. Технические требования». В свою очередь технические характеристики АП зависят от параметров входящих в их состав элементов.

Современный электропривод состоит из регуляторов положения, скорости и тока; усилителя мощности; электродвигателя; источника силового питания; датчиков положения, скорости и тока.

Согласно ГОСТ 27803-91 полоса пропускания контура положения ЭП должна быть не менее 20 Гц, а полоса пропускания контура скорости – не менее 100 Гц. Можно определить, что полоса пропускания контура тока должна быть не менее 500 Гц. В этом случае, для того чтобы характеристики датчика тока не ухудшали технических характеристик контура тока, полоса пропускания датчика тока должна быть не менее 2500 Гц.

Рассмотрим некоторые основные схемы датчиков тока.

Датчики тока с устройством модулятора-демодулятора. Схема такого датчика представлена на рис.1. Сигнал типа «меандр» является модулирующим, служит для тактирования устройства и вырабатывается на микросхеме DD1 [3]. Такой датчик обладает

Датчики тока с элементами Холла. Датчики, выполненные в виде микросхемы, состоят из очень точного линейного датчика Холла, интегрированного на кристалл микросхемы, и медного проводника, размещенного близко к кристаллу [5]. Электрический ток, протекая через проводник, создает магнитное поле, которое фиксируется датчиком Холла и преобразуется в напряжение, пропорциональное значению входного тока. Высокая точность, гальваническая изоляция измерительной схемы, термостабильность и малые габариты делают датчики хорошим решением для применения в преобразовательной технике, бытовой, автомобильной и промышленной электронике. В настоящее время выпускаются датчики тока типа ACS712, ACS714, ACS754, ACS758 фирмы «Allegro Microsystems» (США), MLX91206LDC-HB фирмы «Melexis» (США).

Пример подключения датчика ACS712 представлен на рис.3, а. Особенностью таких датчиков тока является соответствие входного тока в 0 А выходному напряжению 2,5 В, что требует дополнительного напряжения смещения, создаваемого с помощью переменного резистора VR1. Такая схема обеспечивает измерение токов в диапазоне: -20А...+20 А, при этом выходное напряжение изменяется в диапазоне 0...+5 В. Напряжение изоляции составляет 2 кВ. Следует отметить, что опыт эксплуатации таких датчиков тока показал, что ошибка датчика может достигать 4% при изменении температуры в диапазоне 0...10⁰С, кроме того ошибка датчика может достигать 5% при электромагнитных помехах, возникающих при работе силовых транзисторов усилителя мощности ЭП.

Датчики тока с линейной оптопарой. Датчики, выполнены в виде устройства с операционным усилителем и «сдвоенной» оптопарой [6]. Как известно, оптопары обладают большой нелинейностью и используются, главным образом, для развязки цифрового сигнала. Однако достаточно хорошую линейность могут обеспечить «сдвоенные» оптопары типа HCNR200 (IL200) фирмы «Avago Technologies» (США).

Конструктивно такие оптопары представляет собой два фотоприемника, симметрично расположенных между светодиодом. Один из фотодиодов включен в цепь обратной связи операционного усилителя. С помощью такого решения нелинейность передаточной характеристики оптопары устраняется. Входной фотодиод можно использовать для контроля и стабилизации излучения светодиода. Таким образом, устраняются нежелательные явления нелинейности и погрешности светодиода. Фотодиод на выходе обеспечивает фототок, который имеет линейную зависимость от излучения светодиода. Близко расположенные фотодиоды и усовершенствованный конструктив корпуса гарантируют высокую линейность и стабильные значения коэффициента усиления. Пример подключения такого датчика представлен на рис.3, б.

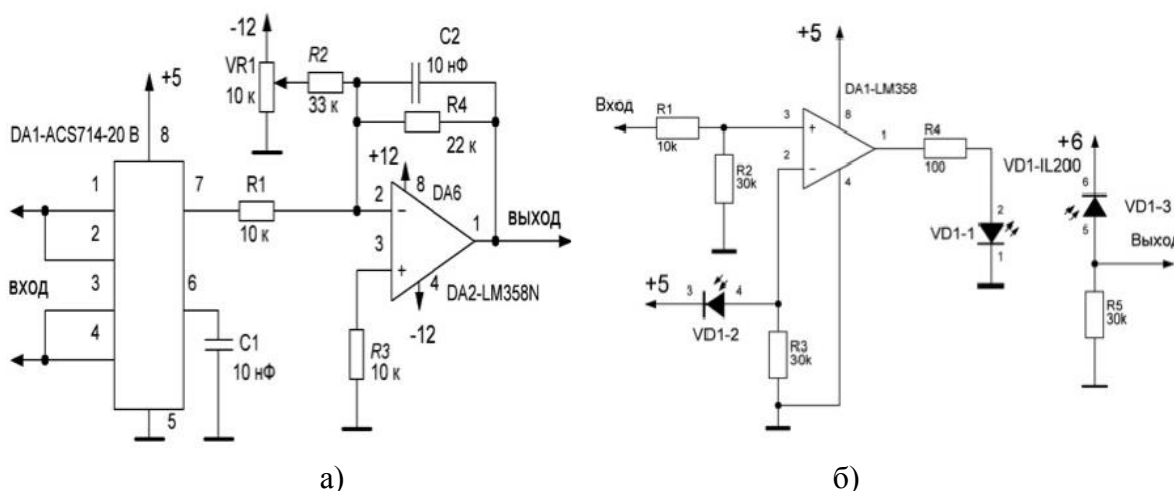


Рис. 3 – Схема включения датчиков тока ACS712 (а) и IL200 (б)

Экспериментальные исследования такого датчика подтвердили его хорошие эксплуатационные характеристики при простоте и надежности схемы. На рис. 4 приведены входные (синусоидальные) и выходные сигналы датчика при амплитуде задающего сигнала 1,5 В.

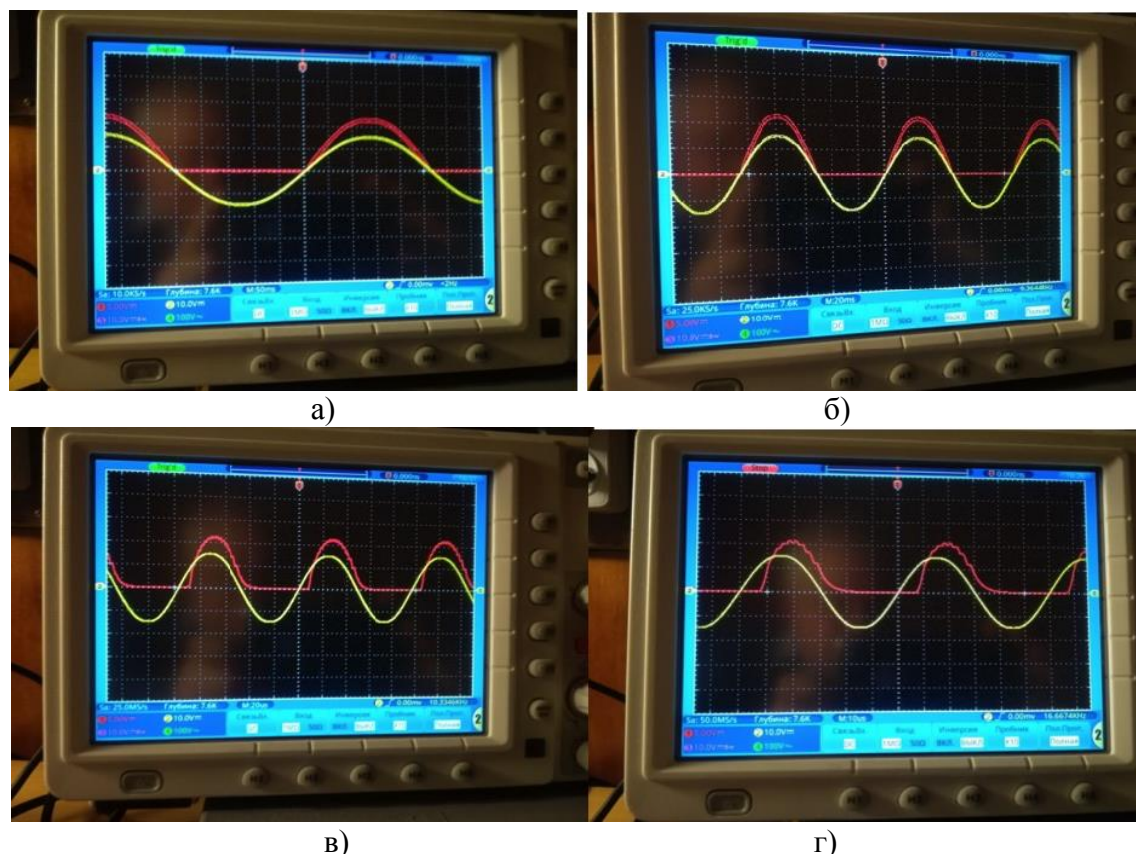


Рис. 4 – Входные и выходные сигналы датчика при частотах < 2 Гц (а) и 10 Гц (б), 10 кГц (в) и 16 кГц (г)

Из рисунков видно, что полоса пропускания такого датчика превышает 10 кГц.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Для обеспечения необходимых технических характеристик АП датчики тока должны обладать полосой пропускания не менее 2500 Гц;
2. В АП возможно применение различных типов датчиков тока – с устройством модулятора-демодулятора, с элементами Холла, с широтно-импульсными модуляторами, с линейной оптопарой;
3. В случае измерения только однополярных токов наиболее целесообразным вариантом применения является датчик тока с линейной оптопарой.

Список литературы

1. Гарипов В.К., Прокуратов И.И., Слепцов В.В. ИИУС электроприводов для автоматизированного производства / Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014, 131 р.
2. Слепцов В.В., Аблаева А.Е., Рокачевский О.А. Разработка высокоэффективного электропривода с вентильным двигателем / «Приборы», № 10 (208), 2017. – С. 26-29.
3. Аршинов И.С., Бирюков А.В., Слежановский О.В., Хуторецкий В.М., Горништейн Л.А., Киблицкий В.А. Унифицированные цифровые и цифроаналоговые средства и системы управления электроприводами. В кн. Автоматизированный электропривод / Под ред. И.И. Петрова, М.М. Соколова, М.Г. Юнькова. – М.: Энергия, 1980. – С.186-193.
4. Полищук А. Методы измерения тока в активных корректорах коэффициента мощности / «Силовая электроника», № 1, 2005. – С.80 – 83.
5. Данилов А. Современные промышленные датчики тока / «Современная электроника», №10, 2004. – С.26-35.
6. Сайт Компания Broadcom Limited: [сайт]. URL: <http://www.avagotech.com> (дата обращения: 30.05.2019).

05.13.06

О.М. Горбачева, А.С. Боровский д-р техн. наук

Оренбургский государственный университет,
аэрокосмический институт,
кафедра управления и информатики в технических системах,
Ol.gorba4ewa2017@yandex.ru, borovski@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА НА ДВИГАТЕЛЕ ТЕПЛОВОЗА

В работе представлены результаты разработки системы автоматического управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза. Проведено моделирование системы и расчет основных параметров системы. Доказана устойчивость системы.

Ключевые слова: *параметры автоматической системы, ПИД-регулятор.*

Введение

Решение проблемы очистки отработанного масла, образованного в результате работы двигателя тепловоза, и его последующего использования в технической системе, на сегодняшний день, является актуальной задачей.

Для увеличения срока службы масла в масляной системе тепловоза, необходимо удалять из него загрязняющие вещества (твердые частицы, сажу). В результате эффективной очистки масло может повторно использоваться в системе еще несколько раз [1].

Проведя анализ влияния основных параметров технологического процесса очистки отработанного масла в двигателе тепловоза, можно сделать вывод, о том, что контроль за такими параметрами как давление и температура процесса, позволит влиять на другие параметры системы: вязкость и плотность очищаемого масла [2]. А разработка автоматической системы управления процессом очистки отработанного масла (Рисунок 1), позволит увеличить качество очистки, сократить время технологического процесса и сделать работу системы эффективнее.

Основная часть

Предполагаемая автоматическая система управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза включает в себя: дизельный двигатель, фильтр грубой очистки, центрифугу, датчик температуры, датчик давления, ПИД – регулятор, устройство сравнения, серводвигатель исполнительного механизма, исполнительный механизм [3].

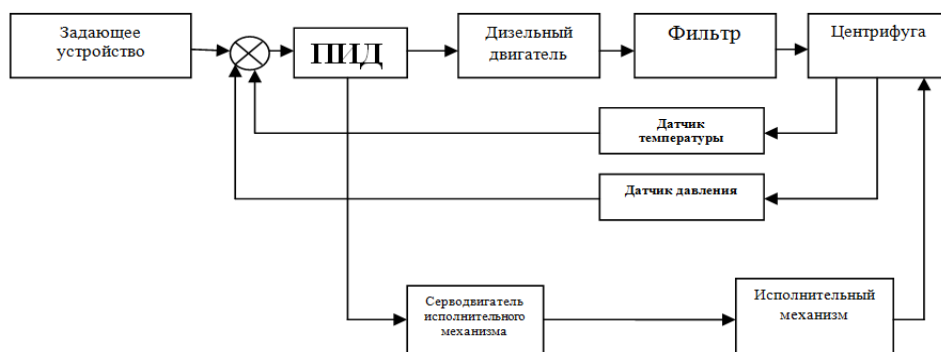


Рис. 1 - Функциональная схема автоматической системы очистки отработанного масла

Объектом управления системы очистки отработанного масла является центрифуга. Центрифуга – это главное звено в рассматриваемой технической системе. От эффективности ее работы зависят качественные показатели очищенного масла, которое в дальнейшем поступает в дизельный двигатель.

Изменение расхода очищаемого масла ведется с помощью исполнительного механизма, который корректирует размер сечения отверстия, через которое масла поступает в центрифугу. Для получения информации о давлении и температуре в системе используют датчики температуры и давления масла.

В процессе очистки отработанного масла методом центрифугирования на центрифугу действует внешнее возмущающее воздействие, которое может быть вызвано попаданием загрязняющих частиц крупного размера, увеличением концентрации загрязняющих веществ в масле, поступающем на очистку. Эти воздействия могут влиять на давление в центрифуге, так как при засорении продуктами износа масляных каналов, снижается их пропускная способность, что может являться причиной избыточного давления. Повышение давления масла в центрифуге приводит к увеличению его вязкости, что существенно снижает степень очистки отработанного масла. Таким образом, контролируемые параметрами системы являются давление и температура очищаемого масла. Регулируемыми параметрами системы является расход масла, изменение которого влечет изменение вязкости масла[3].

При функционировании системы датчик давления преобразовывает полученный сигнал в электрический. Затем этот сигнал передает воздействие в виде напряжения на преобразователь, где электрическая величина преобразуется снова в механическую, после чего механическая величина переходит в гидравлическую, в результате чего усиливается давление P . Полученное давление передается на вспомогательный серводвигатель, преобразовывающий его опять в механическую величину, которая будет составлять перемещение управляющего золотника. Управляющий золотник будет преобразовывать перемещение в поток жидкости с определенным давлением. Данный поток будет осуществлять движение исполнительного механизма, в котором гидравлическая величина будет вновь преобразовываться в механическую.

В центрифугу поступают многочисленные возмущения в виде изменения вязкости масла, количества содержащихся в нем твердых загрязняющих частиц, его начальной концентрации.

Полученная система автоматического управления процессом очистки отработанного масла представлена на Рис. 2.

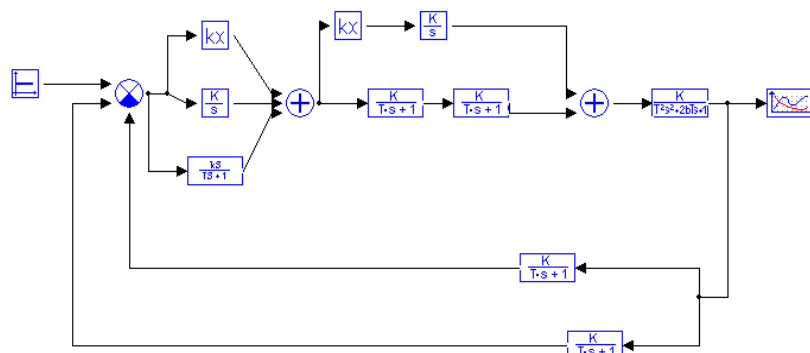


Рис. 2 – Структурная схема системы автоматического управления

При разработке системы были определены следующие параметры используемых динамических звеньев (Таблица 1)

Таблица 1 – Параметры динамических звеньев системы автоматического управления процессом очистки отработанного масла.

N п/п	Наименование элемента системы	Тип динамического звена	Значение коэффициентов динамического звена
1.	ПИД-регулятор	Пропорциональное звено	$k=9,4$
		Интегрирующее звено	$k=0,28$
		Апериодическое звено	$k=0,9; T=0,9$
2.	Серводвигатель исполнительного механизма	Пропорциональное звено	$k=1$
3.	Исполнительный механизм	Интегрирующее звено	$k=0,8$
4.	Дизельный двигатель	Апериодическое звено	$k=0,15; T=2$
5.	Фильтр грубой очистки масла	Апериодическое звено	$k=0,8; T=0,005$
6.	Центрифуга	Колебательное звено	$k=0,1; T=1; \xi=0,75$
7.	Датчик температуры	Апериодическое звено	$k=0,0005; T=3$
8.	Датчик давления	Апериодическое звено	$k=1; T=0,01$

Результат работы предполагаемой системы, представлен на Рис. 3

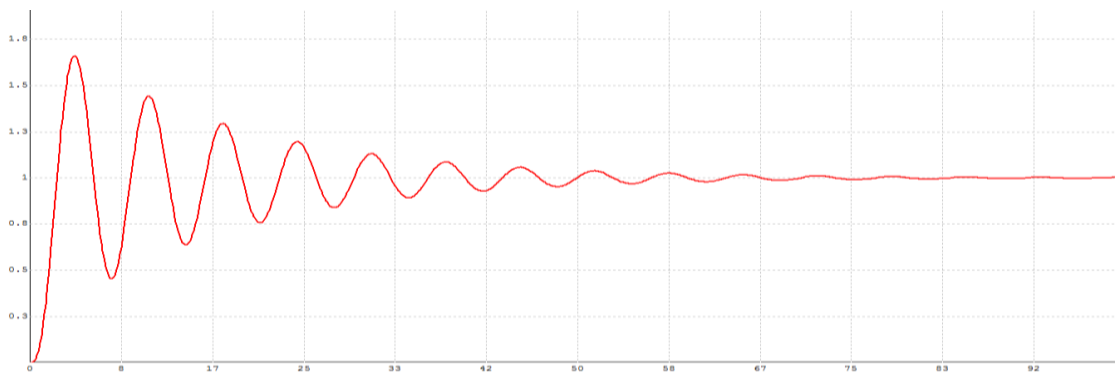


Рис. 3 – Временной график выходного процесса без расчета настроечных параметров ПИД-регулятора в системе

Как видно из Рис. 3, время регулирования предполагаемой системы составляет 83 с.

Используя методику выбора настроечных параметров T_d, k_f, T_e ПИД – регулятора, при неизвестной модели системы управления экспериментальным методом, проведем расчет значений настроечных параметров в соответствующих блоках, и таким образом, получим график выходного процесса разрабатываемой системы (Рис. 4).

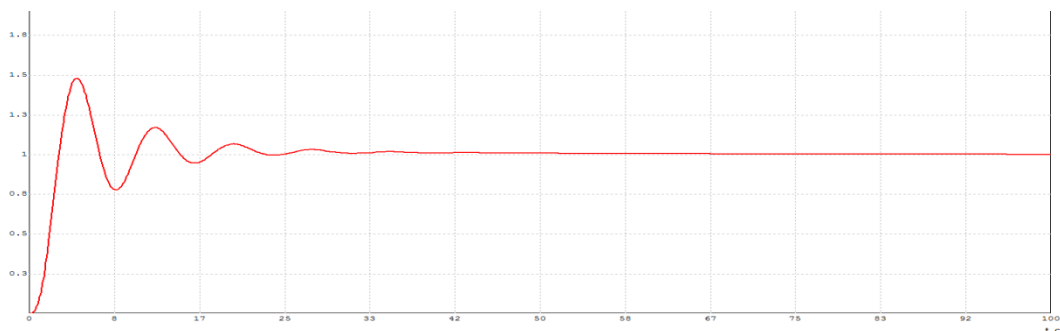


Рис. 4 – Временной график выходного процесса после проведения расчета настроечных параметров ПИД-регулятора в системе

Как видно из Рис. 4, после проведения расчета настроечных параметров ПИД-регулятора в автоматической система управления процессом очистки отработанного масла, время регулирования системы снизилось и составило 42 с.

В результате исследования системы на устойчивость был построен Годограф Найквиста для автоматической системы очистки масла. В результате анализа, которого, можно сделать вывод об относительной устойчивости системы т.к. годограф проходит через точку $(-1, 0j)$.

Заключение

Создание автоматической системы управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза, а также возможность многократного повторного использования очищенного масла без вывода масла с масляной системы, является актуальной на сегодняшний день задачей.

Разработка такой системы управления, предполагает существование неполноты или нечеткости внешнего возмущающего воздействие, вследствие чего, для большей устойчивости предполагаемой системы, необходимо использовать нетрадиционные способы управления, основанные на нечеткой логике. Гидравлический исполнительный механизм, можно представить как следящую систему «по перемещению». Это позволит избежать перерегулирования и значительно снизить время регулирования системы очистки отработанного масла на двигателе тепловоза.

Список литературы

1. Горбачева О.М., Боровский А.С. «Проблемы автоматизации систем очистки отработанного моторного и трансмиссионного масла» . Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. Материалы IX Международной интернет – конференции молодых ученых, аспирантов, студентов (20 ноября – 31 декабря 2017 г. (<https://innotech.pstu.ru/Archive/2017.pdf>))
2. Горбачева О.М., Боровский А.С. «К вопросу разработки автоматической системы управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза» Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XX Международной конференции (3-6 сентября 2018г. Самара, Россия)/Под. ред.: акад. Е.А. Федосова, акад. Н.А. Кузнецова, д.т.н. С.Ю. Боровика. – Самара : ООО «Офорт», 2018-576с.
3. Gorbacheva O., Borovsky A. System Analysis of the State of Automation of Technological Processes for Cleaning Used Oils. Ecology and Industry of Russia. 2018; 22(5):54-58. (In Russ.)

05.13.06

¹Д.Р. Григорьева канд. педагог наук, ¹М.Р. Закирова,
¹Г.А. Гареева канд. педагог наук, ²Р.Р. Басыров

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета,
¹экономическое отделение, кафедра экономики предприятий и организаций,
²кафедра автомобиля, автомобильные двигатели и дизайн,
Набережные Челны, d.r.grigoreva@mail.ru, mil4141@yandex.ru, shakirof@mail.ru, basr@mail.ru

УЧЕТ И АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНО ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Данная статья посвящена обзору технологических процессов, норм бухгалтерского учета по материально-производственным запасам строительной организации. Проведенное исследование позволяет утверждать, что в строительной организации данные норм сложно регламентировать.

Ключевые слова: *строительство, запасы, нормы, материалы, производство.*

Строительство представляет собой отдельную самостоятельную отрасль экономики страны, которая предназначена для ввода в действие новых, а также реконструкции, расширения, ремонта и технического перевооружения действующих объектов производственного и непроизводственного назначения. Это одна из наиболее материалоемких отраслей в экономике. Материально-производственные запасы, как правило, приобретаются для объектов строительства заблаговременно и передаются на производственные площадки по необходимости в заранее оговоренные сроки. Материалы поступают и используются ежедневно в больших количествах, важно своевременно отражать их движение. В условиях современной рыночной экономики возникает необходимость наиболее точного учета и строгого контроля за рациональным использованием сырья и материалов в производстве, поскольку экономия производственных запасов существенно снижает производственную себестоимость, а значит и увеличивает прибыль от производства и продажи продукции, работ, услуг [1].

Строительство имеет ряд специфических особенностей, отличающих его от других отраслей материального производства. Одна из особенностей строительной отрасли это характер его конечной продукции – недвижимость, а также особенности условий труда (сезонность, работа на большой высоте и другие). Особенности строительной отрасли, оказывают существенное влияние на порядок ведения бухгалтерского учета в строительстве.

В строительстве используется огромная номенклатура потребляемых материалов, которые подразделяются на группы и виды. Большая номенклатура потребляемых строительных материалов требует организацию серьезного аналитического учета, открытие субсчетов и субконто первого, второго, третьего и других порядков к счету 10 «Материалы». Аналитический учет по счету 10 «Материалы» ведется по местам хранения, использования материалов и отдельным их наименованиям (видам, сортам, размерам и т.д.).

При поступлении строительных материалов в организацию, они должны учитываться по фактической себестоимости приобретения. Фактическая себестоимость складывающейся из стоимости строительных материалов по ценам приобретения и расходов по доставке и заготовке этих ценностей в организацию.

Большое количество материалов поступают в строительную организацию от поставщиков и заказчиков на давальческой основе.

Если для строительства подрядчиком используются материалы, которые приобретены заказчиком, то они учитываются как давальческие. В случае использования материалов заказчика при строительстве, подрядная организация может учитывать материалы следующими способами:

1) полученные материалы приходятся на счет 10 «Материалы», учитывает их при определении стоимости выполненных работ с последующим зачетом при осуществлении расчетов с заказчиком;

2) отражает поступившие от заказчика материалов в качестве давальческого сырья. Такие материалы будут учитываться на за балансовый счете 003 «Материалы, принятые в переработку». По окончании строительных работ заказчику представляется счет только на стоимость строительно-монтажных работ без включения в них стоимости материалов. Стоимость материалов, учтенная на за балансовый счете, списывается после приемки заказчиком объемов выполненных работ. В строительной организации могут быть возвратные материалы или материалы, полученные от разборки временных сооружений (опилки, стружка, доски и другие). Таким материалы оцениваются по цене дальнейшего возможного использования [2].

Также одной из особенностей материалов в строительной отрасли является нормы трудно устранимых потерь, норм естественной убыли при хранении и транспортировки строительных материалов. Существует сборник норм естественной убыли продукции. В соответствии с данным сборником некоторые материалы могут уменьшиться в следствии естественной убыли. Естественная убыль – потери (уменьшение массы продукции при сохранении качества в пределах требования нормативных документов), являющиеся следствием физико-химических свойств при транспортировании и хранении. Эти данные необходимо учитывать при проведении инвентаризации [3].

Наличие утвержденных норм не означает, что можно автоматически списывать суммы, исчисленные по нормам, в расходы. Нужно сначала выявить фактическую недостачу или расхождение между данными сопроводительных документов и реальным наличием имущества при его приемке – то есть установить сам факт потерь и определить их общую величину

Учет производственных запасов в исследуемом предприятии выглядит следующим образом:

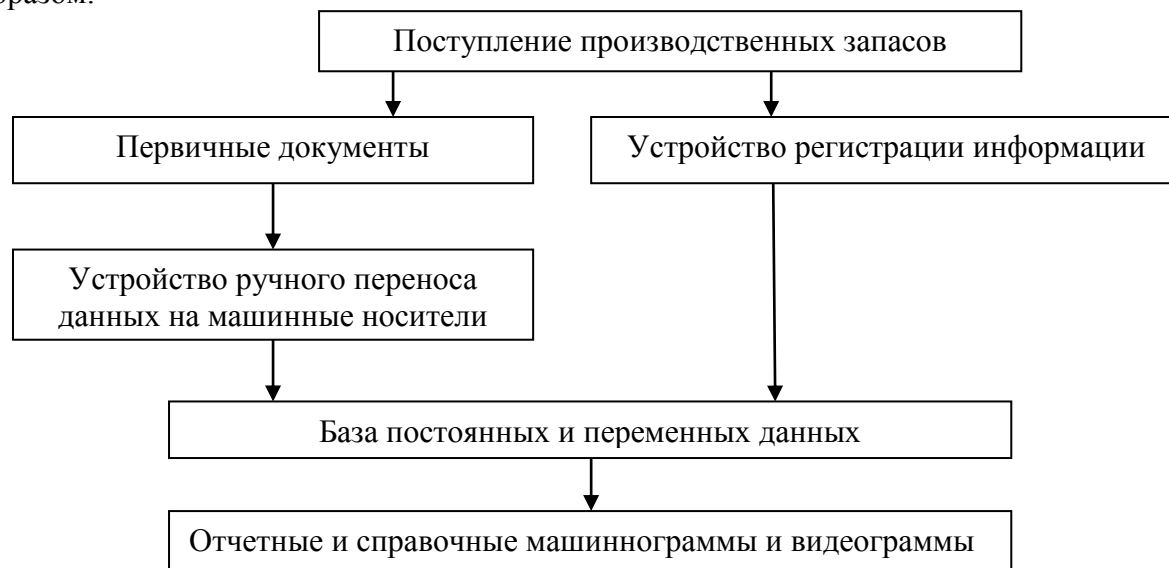


Рис. 1. Автоматизированная формат учета производственных запасов в исследуемом предприятии

При приемке производственные запасы подвергаются тщательной проверке. На склад приемка и оприходование поступающих производственных запасов производится по сопроводительным документам. Далее склад передает в бухгалтерию все первичные документы по поступлению производственных запасов. После обработки первичных учетных документов (приемных актов, накладных и др.) автоматизированной бухгалтерской программой учетных работ обеспечивается формирование необходимых регистров бухгалтерского учета производственных запасов.

Чтобы избежать простоев на строительных участках служба снабжения строительной организации должна наладить бесперебойные и своевременные поставки производственных запасов.

Результатом потребления производственных запасов на производственные цели, является готовая строительная продукция (объект строительства). Таким образом, производственные запасы из разряда производственных затрат переходят (превращаются) в форму готовой строительной продукции.

Для последующего включения производственных запасов в себестоимость готовой строительной продукции (работ) необходимо, чтобы их поступление на склад было оформлено в соответствии с требованиями действующего законодательства.

К особенностям ведения бухгалтерского учета материалов в строительстве относится также порядок документооборота по учету строительных материалов. Комплектация строек необходимыми строительными материалами осуществляется в соответствии с графиком производства работ на основании комплектовочных ведомостей. В них указывается необходимое количество строительных материалов, топлива, полуфабрикатов и других материальных ценностей в строгом соответствии со сметой, а также объемом и графиком строительных работ.

Таким образом, строительство как вид предпринимательской деятельности имеет множество специфических особенностей, отличающих его от других отраслей производства. Для осуществления точного и полного отражения в системе бухгалтерского учета строительной организации операций с материальными запасами необходимо учесть особенности отрасли, которые оказывают свое влияние.

Учет и строгий контроль за рациональным использованием материалов в строительстве очень важен, поскольку экономия производственных запасов существенно снижает себестоимость, а значит и увеличивает прибыль от производства и продажи продукции, работ, услуг.

Список литературы

1. *Аверьянов М.А.* Бухгалтерский учет. – М.: Колос, 2017. – 300 с.
2. *Борисов М.А.* Учет бухгалтерских операций. – М.: Арт, 2018. – 300 с.
3. *Григорьева Д.Р.* Justification of directions of research for ensuring environmental indicators of energy installations of transport purpose / Басыров Р.Р., Мухаметдинов М.М.// The ПОАВ Journal, выпуск 9, S2, 2018. – С. 61-66

05.13.06

В.В. Киселев канд. техн. наук, В.Д. Володин, А.А. ШароновПермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, ktei@pstu.ru**СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ОПУСКАНИЯ ГРУЗА
ЛЕБЕДКОЙ КРАНО-МАНИПУЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

В статье описываются система стабилизации скорости подъема и опускания груза гидравлической лебедкой крано-манипуляторной установки. Приводятся аналитические зависимости влияния массы поднимаемого груза на скорость вращения и ускорение вращения барабана гидравлической лебедки. На основе найденных зависимостей разработан подчиненный регулятор гидропривода лебедки на базе микроконтроллера. В качестве датчиков цепей обратной связи подчиненного регулятора используются датчики давления рабочей жидкости и датчик скорости вращения.

Ключевые слова: крано-манипуляторная установка, гидравлическая лебедка, стабилизация скорости, ПИД-регулятор, управляющая программа.

Введение микропроцессорной системы управления в крано-манипуляторную установку позволяет существенно расширить возможности стабилизации и регулирования различных параметров работы данного механизма. Основным таким параметром является скорость подъема и опускания груза. В работе [1] отмечался один из недостатков существующих крано-манипуляторных установок – нестабильность скорости подъема и опускания груза. При практической разработке системы управления такой установкой с лебедкой, не имеющей обратной связи, эта проблема привела к тому, что невозможно было в режиме прецизионного перемещения груза добиться одновременно медленной скорости подъема и опускания груза и возможности холостого перемещения крюка. В случае, когда удавалось формировать управляющее напряжение, необходимое для опускания груза с заданной скоростью, не удавалось добиться опускания крюка без груза. В случае, когда удавалось добиться опускания крюка без груза, груз опускался со скоростью, превышающей допустимую.

Одним из путей устранения данной проблемы является внедрение в систему регулятора, стабилизирующего скорость подъема и опускания груза, который бы учитывал массу груза на крюке. Разработке такой системы посвящена настоящая статья.

Подчиненный регулятор скорости

На сегодняшний день для решения задач управления скоростью перемещения или самим перемещением в различных приводах широко используются системы подчиненного регулирования. Структура системы подчиненного регулирования скорости вращающего гидропривода, который может быть использован для управления лебедкой, показана на рис. 1.

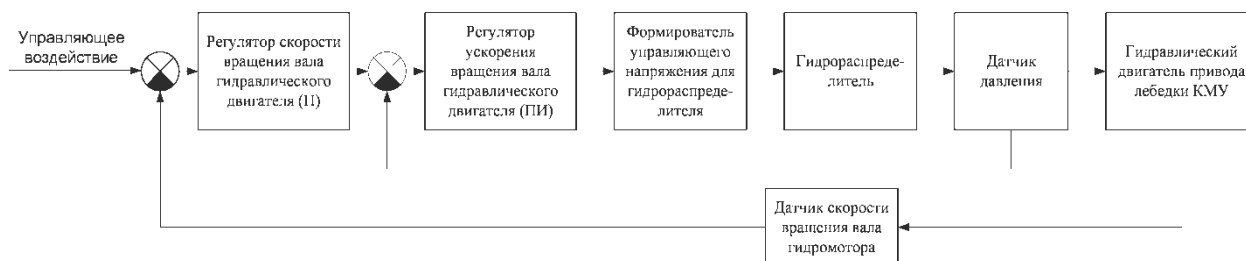


Рис. 1 - Структура подчиненного регулирования скорости гидропривода лебедки

Как видно из рисунка, в качестве исполнительного механизма системы управления используется гидрораспределитель, на вход которого подается сформированное отдельным блоком управляющее напряжение, определяющее скорость и направление потока рабочей жидкости.

В качестве датчика обратной связи в контуре регулирования ускорения используется датчик давления [2], в качестве же датчика скорости может выступать, как инкрементный энкодер, так и СКВТ (синусно-косинусный вращающийся трансформатор) или сельсин.

Приведенная структура отражает основные компоненты системы управления, однако, для синтеза регуляторов контуров данной системы необходимо получить аналитические зависимости, отражающие изменение параметров обратной связи в зависимости, не только от параметров нагрузки регулятора – гидравлического двигателя привода лебедки, но и от массы поднимаемого или опускаемого груза. Нахождение таких математических зависимостей будет рассмотрено ниже.

Угловая скорость и ускорение при подъеме и опускании груза

На параметры обратной связи регулятора: скорость вращения лебедки и ее ускорение оказывают влияние не только конструкция привода и давление рабочей жидкости, но и механическая нагрузка, обусловленная силой тяжести, действующей на поднимаемый груз.

Момент, возникающий под действием силы тяжести равен:

$$M_z = Rmg \quad (1)$$

где M_z – момент, вызванный действием силы тяжести, R – радиус барабана лебедки, m – масса груза.

Суммарный крутящий момент, действующий на барабан лебедки, можно описать следующим выражением:

$$M = M_n \mp M_z \quad (2)$$

где M – суммарный момент, действующий на барабан лебедки, M_n – крутящий момент, создаваемый гидроприводом лебедки.

В работе [2] предполагалось, что для привода колонны используется пластинчатый гидромотор, однако, для гидромоторов существует более общая формула, которая может быть использована для расчетов:

$$M_n = \frac{\Delta P q}{2\pi} \quad (3)$$

где ΔP – разность давлений на входе и выходе двигателя, q – объем гидродвигателя.

Исходя из выражений (2) и (3) угловое ускорение может быть выражено функцией (4)

$$\varepsilon = \frac{\Delta P q}{2\pi I} \pm \frac{Rmg}{I} \quad (4)$$

где ε – угловое ускорение вращения лебедки, I – момент инерции.

Для получения функции угловой скорости можно воспользоваться следующей функцией:

$$\omega = \frac{N\eta}{M} \quad (5)$$

где N – мощность гидромотора, η – КПД механизма, M – крутящий момент.

После подстановки значений крутящего момента из функций (2) и (3), получатся выражения (6):

$$\omega = \frac{2\pi N\eta}{\Delta P q \mp 2\pi Rmg} \quad (6)$$

Полученные математические зависимости использованы далее при разработке системы управления гидравлической лебедкой, описанной ниже.

Система управления гидравлической лебедкой

На основе описанных выше аналитических зависимостей был разработан аппаратно-программный комплекс управления гидравлической лебедкой. Структура аппаратной части показана на рис. 2.

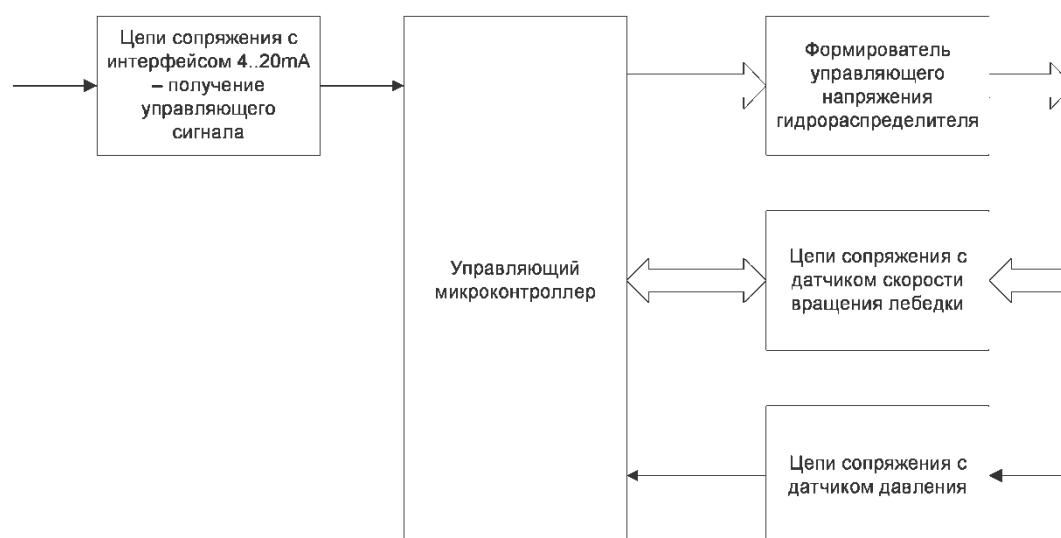


Рис. 2 - Структура аппаратной части системы стабилизации скорости подъема и опускания груза

Основой аппаратной части является микроконтроллер, осуществляющий управление лебедкой согласно управляющей программы, реализующей алгоритм регулятора, созданного на основе полученных аналитических зависимостей. Значение скорости подъема или опускания груза задается с помощью аналогового органа управления, подключаемого к устройству по интерфейсу аналоговой «токовой петли» 4..20mA.

Такой же интерфейс используется для сопряжения с датчиком давления, применяемого в цепи обратной связи контура регулирования ускорения. В качестве датчика скорости вращения барабана лебедки может быть применен инкрементный энкодер или СКВТ, снабженный специализированной микросхемой, например, 1310НМ025 компании Миландр, описанной в работе [3].

Программа, реализующая алгоритм ПИД-регулятора на основе полученных данных на основе данных о скорости вращения барабана лебедки и ускорении вычисляет выходное управляющее воздействие, которое подается на цифровой потенциометр формирователя управляющего напряжения гидрораспределителя, описанного в работе [4].

Разработанная программа позволяет с помощью механизма регулятора реализовать режим прецизионного перемещения крюка вне зависимости от массы подвешенного груза. При этом, скорость подъема и опускания будет одинаковой, чего невозможно было добиться без внедрения регулятора.

Список литературы

1. Киселев В.В., Володин В.Д., Шаронов А.А. Пути модернизации системы управления краноманипуляторной установкой роботизированного перегрузочного комплекса / Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления №23 2017 С. 103-118
2. Киселев В.В., Володин В.Д., Шаронов А.А. Система управления гидравлическим сервоприводом с датчиком давления в контуре регулирования углового ускорения / Научно-технический вестник Поволжья №7 2018 С. 115-117
3. Лужбинин А., Хамизов Р., Ануфриев В. 16-разрядный преобразователь сигналов датчиков перемещения / Электронные компоненты №4 2017 С.68-70
4. Шаронов А.А., Володин В.Д. Сопряжение микроконтроллера K1986BE91T с цифровыми потенциометрами серии 1315ПТ / Современная электроника №5 2016 С. 49-49

05.13.06

С.О. Маслов, П.В. Стрелков, А.В. Жданов канд. техн. наук

Владимирский Государственный Университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Владимир

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В статье рассмотрен процесс формирования виртуальной инструкции с использованием технологий дополненной реальности. На основании полученных данных создан алгоритм создания виртуальной инструкции для обслуживания и ремонта любого оборудования. Приведены примеры использования алгоритма для обрабатывающего центра и электродвигателя

Ключевые слова: дополненная реальность, виртуальная реальность, AR, VR, инструкция, цифровая экономика, индустрия 4.0.

Технологии AR (англ. augmented reality – дополненная реальность), позволяющие увидеть и/или услышать виртуальную, цифровую информацию в настоящем времени в реальном, физическом мире и VR (англ. virtual reality – виртуальная реальность), целиком погружающие пользователя в цифровую среду [1], приобрели стойкое внимание со стороны ведущих индустриальных предприятий [2]. Проанализировав рынки использования и цикл прогнозируемого внедрения технологий AR и VR [3], нами выявлена необходимость разработки циклов и алгоритмов создания продуктов, которые будут востребованы в обозримом будущем на производстве. Ранее рассмотрены возможности применения AR технологий в обучении и разработке механизмов и модулей [4]. Целью данной работы является построение алгоритма создания виртуальной инструкции для обслуживания и ремонта оборудования с применением технологий AR, на примере виртуальной инструкции для обрабатывающего центра.

На рис. 1. изображен предлагаемый алгоритм разработки виртуальной инструкции. Создание виртуальной инструкции по эксплуатации и работе на оборудовании начинается с теоретической подготовки алгоритмов действий, которые необходимо выполнить на устройстве. В зависимости от алгоритмов, в инструкцию включаются те или иные задействованные в данном процессе элементы оборудования.

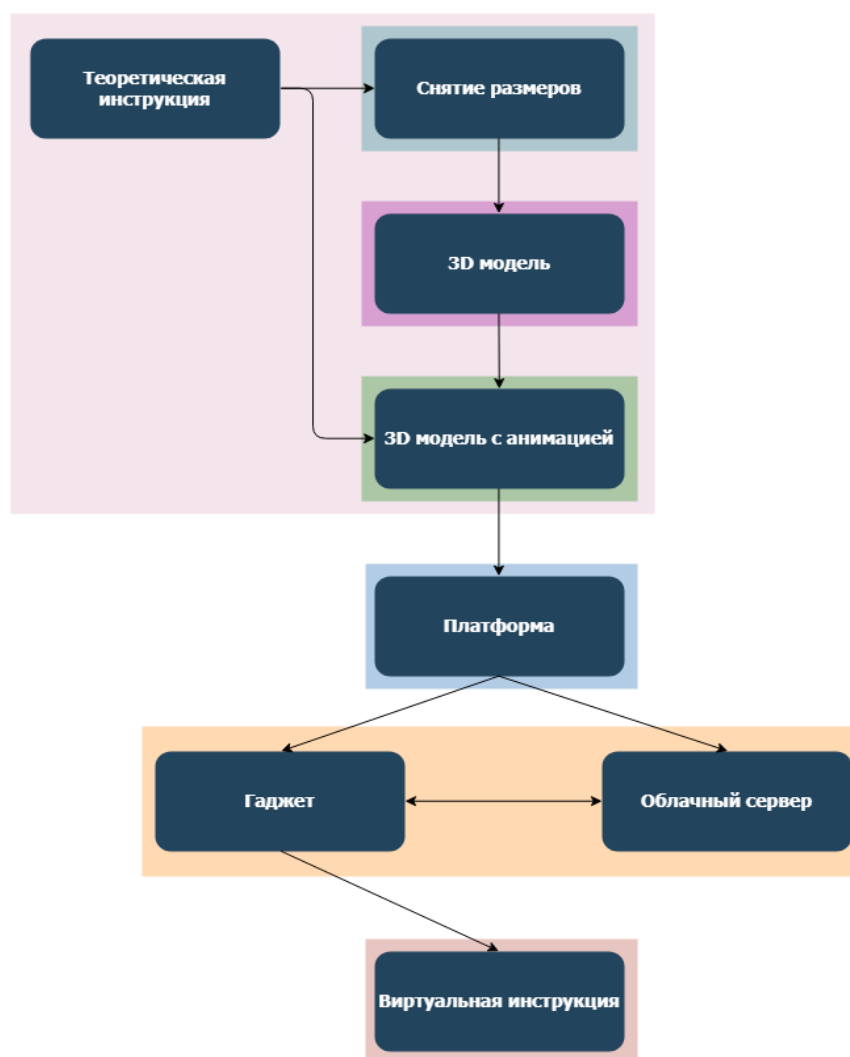


Рис. 1. Цикл создания виртуальной инструкции оборудования

Для облегчения и ускорения работы, снятие размеров и прорисовка в 3D производится только с элементами, задействованными в алгоритме. После прорисовки создается анимация последовательности действий на оборудовании, выполнение которой приведет к требуемому результату инструкции (замена инструмента, расходных частей, устранение ошибок, поломок и т.п.).

Анимацию последовательности действий загружают на платформу, создающую виртуальную копию объекта, например, Vuforia Studio [7]. На платформе в анимацию встраивают элементы ориентирования (метки, силуэты – рис.2, а) для правильного наложения виртуальной анимации на физический объект. Создается необходимый интерфейс для гаджета. Цифровой двойник трехмерной модели с анимацией, загружают на облачный сервер. На гаджете запускают программу, связанную с облачным сервером и платформой. При наведении гаджета на физический объект по элементам ориентирования с сервера загружается и накладывается цифровая копия объекта (рис.2, б) с анимацией.

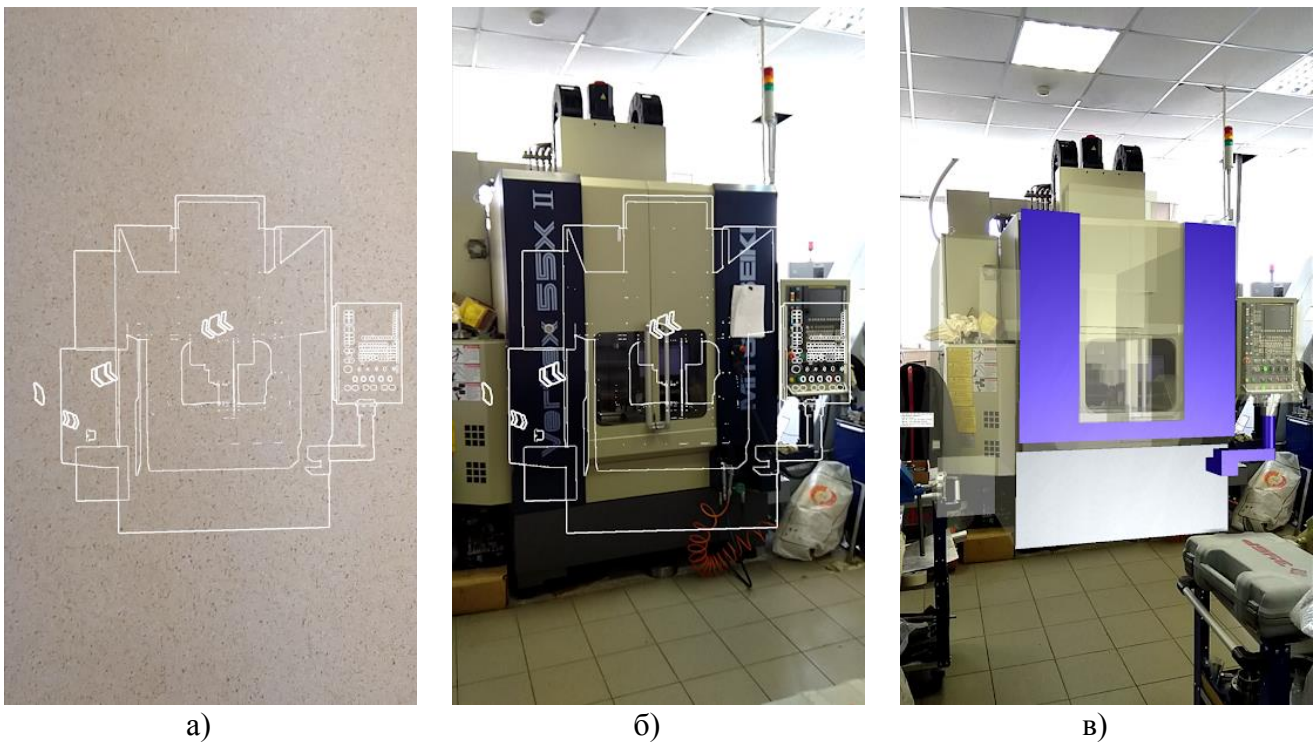


Рис. 2. Наложение цифровой модели на физический объект:
а) элемент ориентирования (силуэт объекта) б) наложение силуэта на объект
в) совмещение объекта и модели (Vuforia Studio)

Также возможно полное совмещение объекта и модели (рис.2, в). Далее совершаются требуемые действия на физическом объекте, заданные на теоретическом этапе по виртуальной анимации процесса, например, процесс замены инструмента в магазине, обслуживания шпинделя и т.д.

Разработанный алгоритм успешно использовался для разработки виртуальной инструкции по обслуживанию электродвигателей (рис.3). В рамках данной работы предложена инструкция по разборке/сборке двигателя и регламентных работ по поиску возможных неисправностей и их устранения с использованием гаджета, и дополненной реальности.



а)



б)

Рис. 3. Виртуальная инструкция по обслуживанию электродвигателя

Технологии AR и VR являются компонентом Индустрии 4.0 [5] и представляются перспективным вектором развития. В союзе с концепцией интернета вещей AR-технологии позволяют оператору видеть необходимые параметры и взаимодействовать с оборудованием в реальном времени [6].

Результатом работы является алгоритм создания руководств по эксплуатации, инструкции по применению, рекомендации при работе, инструкций для проведения обслуживания, ремонтных работ, и т.д. с использованием технологии дополненной реальности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 17-20-03084офи_м_РЖД и 9.11716.2018/11.12.

Список литературы

1. Яковлев, Б.С., Пустов, С.И. История, особенности и перспективы технологии дополненной реальности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. №3.
2. Компоненты Индустрии 4.0: AR/VR-технологии // материалы круглого стола, Рациональное управление предприятием №1, Санкт-Петербург, 2018 г. - 40-61 с.
3. Иванова, А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск-менеджмент, 2018. №3 (108).
4. Кузнецников Е.О., Маслов С.О., Жданов А.В. Применение дополненной реальности при разработке узлов и деталей машин // Научно-технический вестник Поволжья, №7-2018, с.36-39
5. Сандрин Кергроуч Индустрия 4.0: новые вызовы и возможности для рынка труда // Форсайт. 2017. №4.
6. Маслов С.О. Сокращение простоев оборудования на основе концепции интернет вещей // Синергия наук №30, 2018, с.625-630
7. Vuforia View Device and Operating System Support // 2019 PTC Inc.

05.13.06

М.В. Овечкин канд. техн. наук

Оренбургский государственный университет,
Аэрокосмический институт, кафедра систем автоматизации производства,
Оренбург, maxov-1@mail.ru

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В работе представлена структура искусственной нейронной сети программного модуля автоматизированной системы контроля сплошности изделий на основе рентгенографического исследования. Целью работы является формирование программного обеспечения на основе нейросетевого подхода к контролю изделий. Представлены формы программного модуля, основанного на искусственной нейронной сети предложенной структуры.

Ключевые слова: автоматизация контроля, сплошность изделий, искусственная нейронная сеть, радиография.

Системный анализ автоматизированных систем контроля сварных соединений методами коротковолнового электромагнитного излучения [1] показывает, что отсутствуют завершённые программно-воплощённые методики, позволяющие провести автоматизированное распознавание параметров точечных сварных соединений по рентгенограммам изделий. Имеются лишь некоторые, специализированные для отдельных областей исследований, программные продукты, включающие в свой состав модули, частично применимые в области распознавания рентгенограмм сварных соединений, но не позволяющие произвести полноценную автоматизацию контроля соединения [6]. Это позволило сделать вывод о необходимости разработки собственных программно-реализуемых методик автоматизации неразрушающего контроля сварных соединений на основе коротковолнового электромагнитного излучения.

Структура искусственной нейронной сети программного модуля автоматизированной системы контроля сплошности изделий на примере рентгенографического исследования представлена на рисунке 1.

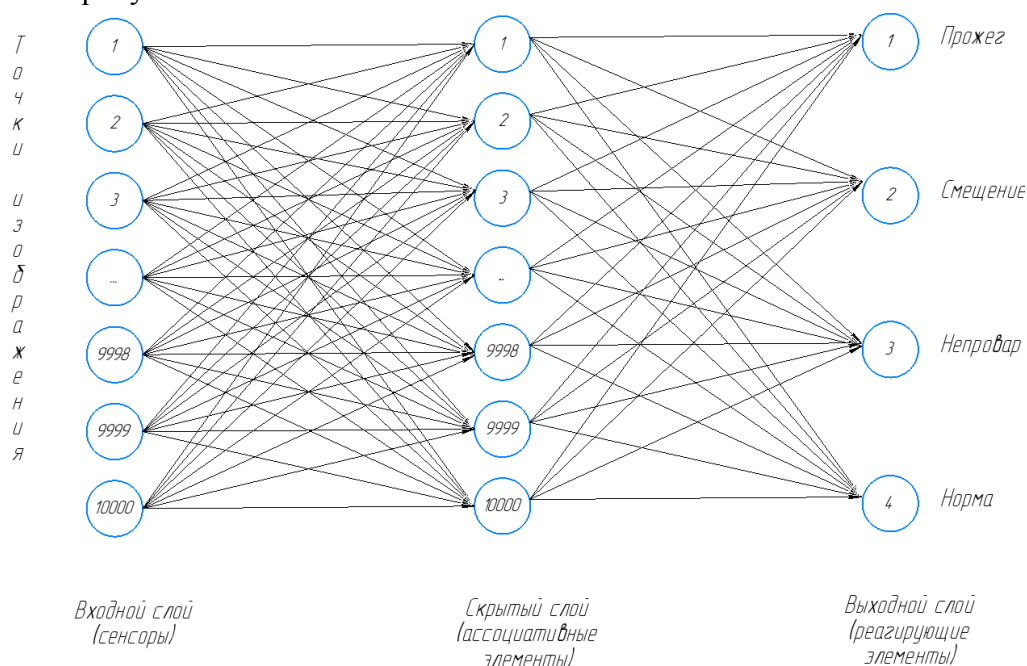


Рис. 1 – Структура нейронной сети

На входе в искусственную нейронную сеть – данные (точки) оцифрованной рентгенограммы сварного соединения, сплошность которого необходимо проконтролировать. В ходе проведения экспериментов установлено, что количество точек-пикселей для области, исследуемой на наличие одного дефекта не должно быть менее 10000 штук. Скрытый слой также состоит из 10000 нейронов и позволяет на основе метода обратного распространения ошибки обучить систему на основе весов связей элементов. На сумматорах выходного слоя формируется численная вероятность принадлежности входных данных к одному из классов типа исследуемой области: «Прожег», «Смещение», «Непровар», «Норма».

Главная форма программного модуля, основанного на искусственной нейронной сети предложенной структуры с загруженными обучающими данными представлена на рисунке 2.

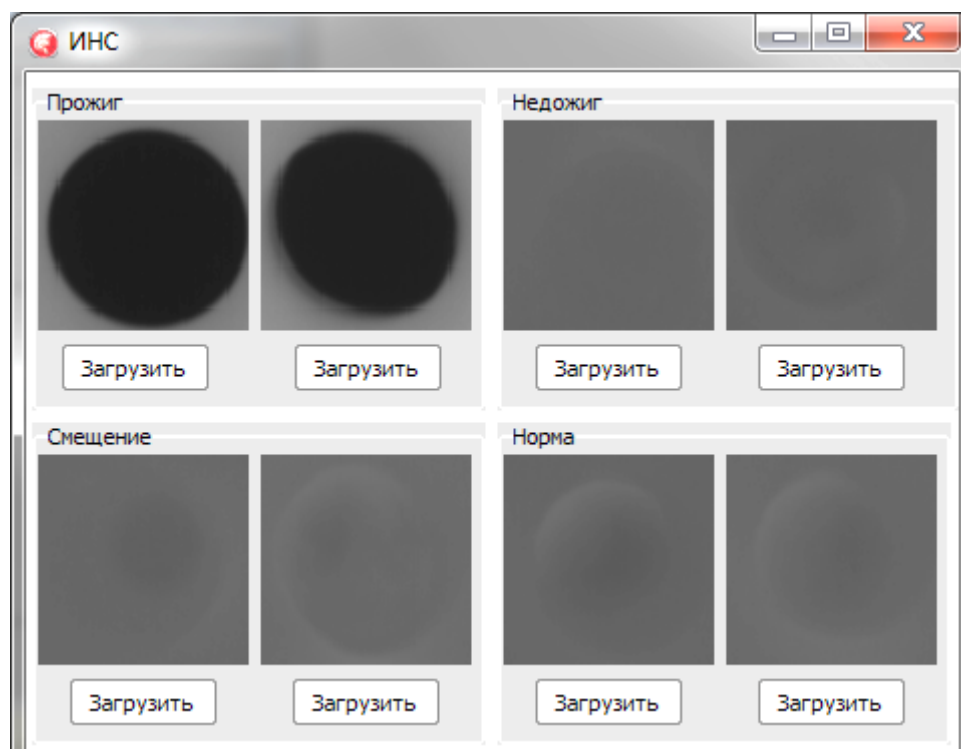


Рис. 2 – Главная форма модуля структуры с загруженными обучающими данными
Алгоритм обучения состоит из следующих шагов:

- 1) устанавливаем сроки обучения – 100 циклов;
- 2) осуществляем подачу обучающей выборки на входы сети
- 3) проверяем сумматоры на выходных нейронах:

– если выходной нейрон ошибочно посчитал наиболее вероятным классом входное изображение, не относящееся к данному классу, то необходимо уменьшить веса всех сработавших нейронов среднего слоя;

– если выходной нейрон «не признал» изображение, относящееся к его классу, то необходимо увеличить веса всех сработавших нейронов среднего слоя.

Изменение весов следует производить по принципу обратного распространения ошибки.

Модели весовых матриц, визуализированные в виде изображений представлены на рисунке 3. Красным цветом отмечены веса с наибольшей степенью значимости, синим – с наименьшей.

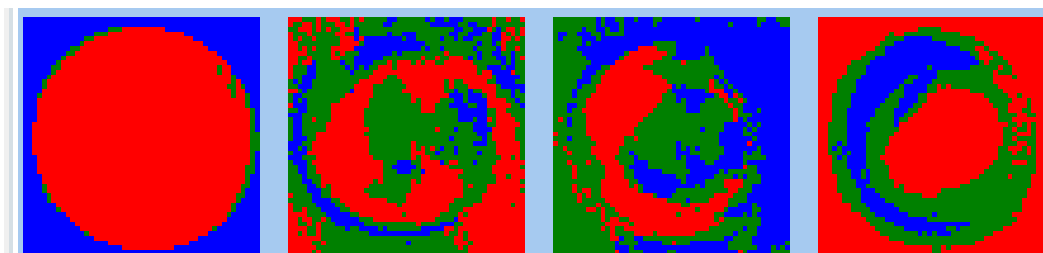


Рис. 3 – Визуализация моделей весовых матриц. Слева направо: «Прожег», «Смещение», «Непровар», «Норма»

На рисунке 4 представлен анализ загруженного изображения с дефектом «Смещение», отсутствующим в обучающей выборке.

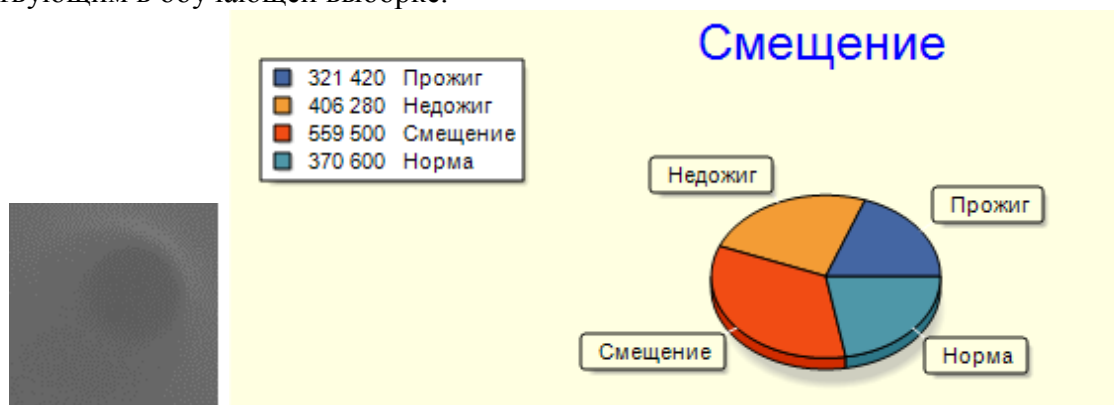


Рис. 4 - Анализ загруженного изображения с дефектом «Смещение». Верное распознавание

Таким образом, на основании представленных и экспериментальных данных, можно сделать вывод о корректности сети представленной структуры. Это позволяет использовать данный модуль как программное обеспечение системы контроля сплошности изделий на основе рентгенографии сварных соединений и искусственной нейронной сети на производствах, использующих методы коротковолнового электромагнитного излучения в качестве основных методов проверки и контроля.

Статья подготовлена в рамках проекта по гранту президента № МК – 5451.2018.8.

Список литературы

1. Овечкин, М.В. Системный анализ исследований в области контроля сварных соединений методами коротковолнового электромагнитного излучения / М.В. Овечкин, Ю.И. Овечкина // Научные перспективы XXI века: материалы международной научно-практической конференции – Прага: «Мир науки», 2018. – С. – 82 – 85.
2. Овечкин, М.В. Системный анализ автоматизированных систем контроля сварных соединений методами коротковолнового электромагнитного излучения / М.В. Овечкин, А.С. Русяев, Ю.И. Овечкина // Научно-технический прогресс: социальные, технические и общественные факторы: материалы международной научно-практической конференции – Москва: «Импульс», 2018. – С. – 390 – 393.
3. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
4. Потапов, А.А. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов, А.А. Пахомов, С.А. Никитин, Ю.В. Гуляев / М.: Физматлит, 2008. — 496 с.
5. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: [пер. с польск.] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 452 с.
6. Калан, Р. Основные концепции нейронных сетей: [пер. с англ.] / Р. Каллан. - М.: Вильямс, 2001. - 290 с.

05.13.06

**В.Ф. Пегашкин д-р техн. наук, Г.А. Осипенкова канд. техн. наук,
М.С Кузнецов канд. техн. наук**

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Нижний Тагил, v.f.pegashkin@urfu.ru

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

Рассмотрен процесс отделочной кавитационной обработки поверхностей деталей из цветных металлов в различных средах и ее влияния на шероховатость поверхности. Определена математическая модель высоты микронеровностей обработанной поверхности в зависимости от параметров обработки.

Ключевые слова: *кавитационная обработка поверхности, шероховатости поверхности, ультразвуковая обработка.*

Шероховатость контактирующих поверхностей деталей машин напрямую связана с такими эксплуатационными характеристиками как износостойкость, коэффициент трения, усталостная прочность, прочность посадок и коррозионная стойкость. Поэтому актуальной задачей, в процессе получения деталей машин, является создание поверхностного слоя с оптимальной шероховатостью.

Финишная обработка изделий и деталей со сложной или фасонной обрабатываемой поверхностью при условии малых габаритных размеров обрабатываемого изделия и мелкосерийного производства в современном машиностроении — процесс трудоемкий и затратный. Необходимо решить ряд проблем для оптимизации самого процесса, сокращения времени, затрачиваемого на обработку и сокращения общих затрат на обработку.

Традиционные методы получения малой шероховатости поверхности деталей из цветных металлов – шлифование, полирование, притирка – малоприменимы вследствие быстрого засаливания обрабатывающего инструмента (шлифовальных кругов).

При финишной обработке мелкосерийных малогабаритных изделий со сложным профилем обрабатываемой поверхности существующий При отделочной обработке применяют различные виды воздействия на обрабатываемую поверхность: механическое (обработка резанием и давлением) [1], электрохимическое и электрофизическое.

Распространенные методы отделочной обработки деталей из цветных металлов – галтовка [2], сочетание механического и анодного воздействия на поверхность [3, 4], лазерная обработка цветных металлов и сплавов [5], безабразивная ультразвуковая финишная обработка поверхности металлов [6].

В предлагаемой работе рассмотрены исследования влияния кавитационной обработки на шероховатость поверхности цветных металлов.

В качестве объекта исследования использовались образцы из медного марки М1 и алюминиевого сплава АД1. Благодаря своим свойствам (высокой электрической проводимости, пластичности, коррозионной стойкости) сплавы широко используется в электротехнике, радиотехнике, приборостроении и различных отраслях машиностроения.

Схема отделочной ультразвуковой кавитационной обработка представлена на рис. 1. Ультразвуковые продольные колебания с частотой 18 кГц и амплитудой 12 мкм, создаваемые преобразователем, поступают на концентратор 5. Концентратор, являясь элементом колебательной системы, обеспечивает необходимую амплитуду колебаний и передает колебания обрабатываемой детали 3. Ультразвуковые продольные колебания создают процесс кавитации в среде 2, вследствие чего деталь и среда совершают сложное колебательное движение. В результате чего возникают кавитационные эффекты.

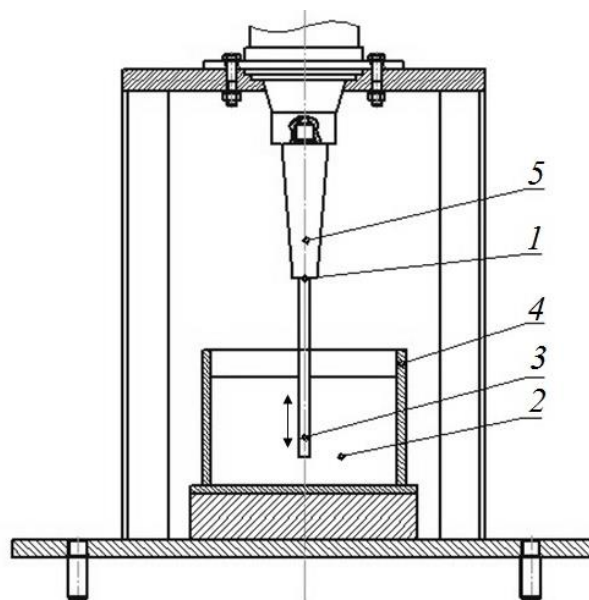


Рис. 1. Схема воздействия ультразвуковых продольных колебаний на поверхность металла в режиме кавитации: 1 – отверстие в концентраторе; 2 – среда; 3 – деталь; 4 – ванна; 5 – концентратор

В качестве режимов обработки (факторов эксперимента) использовали: амплитуду колебаний детали ($A = 20 - 40$ мкм), время обработки ($t = 3 - 15$ мин), температуру среды ($T = 20 - 60$ °C), тип среды ($C = 1$ для среды «ПАВ», 2 для среды «силиконовое масло»), исходная шероховатость (Ra , мкм).

Конструкция установки включает в себя генератор ультразвуковой УЗГЗ-4 (резонансная частота – $18 \pm 1,2$ кГц), преобразователь магнитострикционный ПМС-15А-18.

Для оценки параметров шероховатости поверхностного слоя использовался профилограф-профилометр модели TR 200. Измерения проводились по стандартной методике с использованием паспортных данных прибора.

На основе регрессионного анализа экспериментальных данных (рис. 2, 3) была получена математическая модель зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки:

- для образцов из алюминиевого сплава (АД1)

$$Ra = 1,51 \frac{t^{0,05} C^{1,326}}{A^{0,045} Ra_{исх}^{0,35}},$$

- для образцов из медного сплава (М1)

$$Ra = 1,76 \frac{t^{0,053} C^{0,479}}{A^{0,013} T^{0,12} Ra_{исх}^{0,4}}.$$

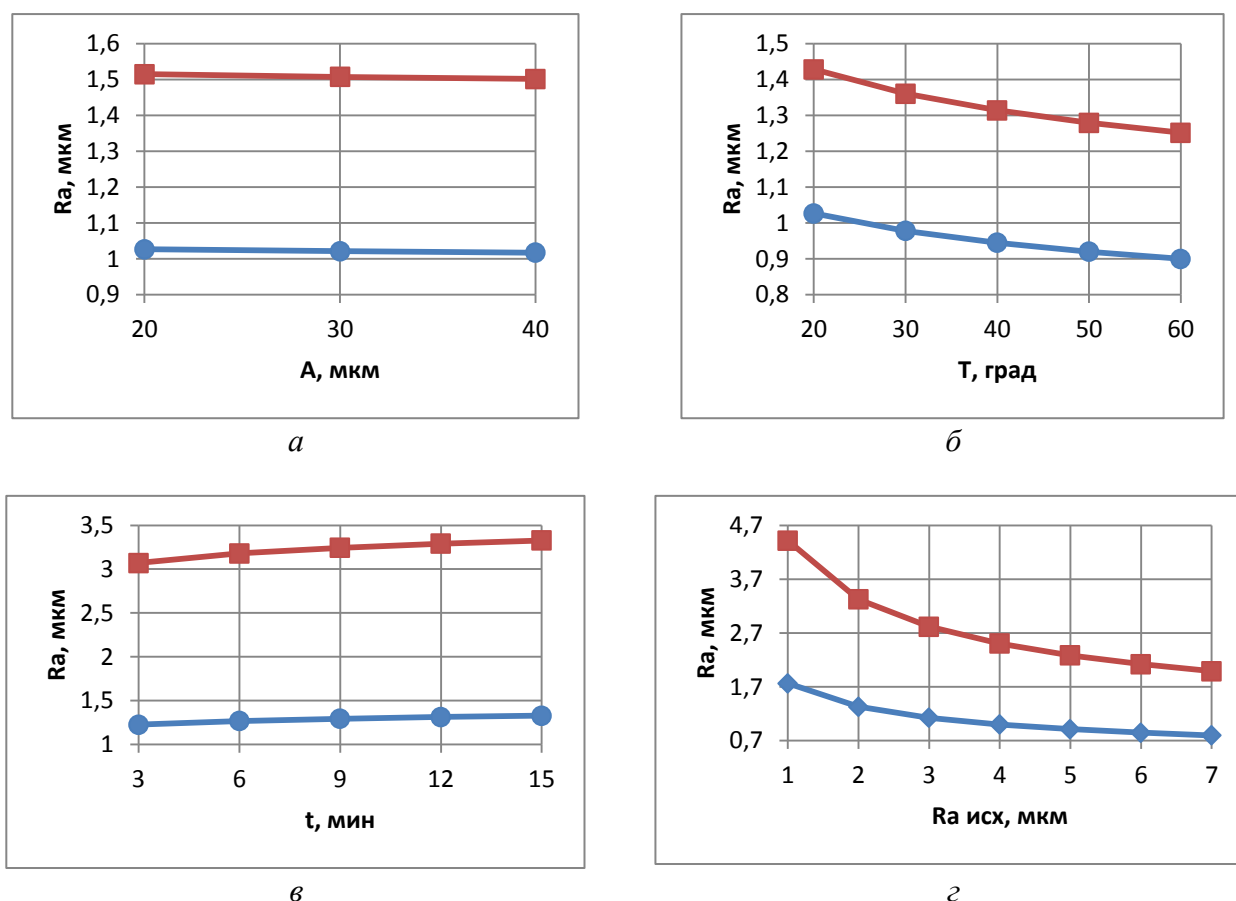


Рис. 2. Графики зависимостей шероховатости поверхностей детали из М1 от
 а - амплитуды ультразвуковых колебаний, б - температуры среды,
 в - времени воздействия, г - исходной шероховатости образцов
 при режимах $A = 20$ мкм; $T = 20^\circ$; $t = 15$ мин; $Ra_{исх} = 2$ мкм;
 • – среда ПАВ, ■ – среда силиконовое масло

Из проведенного анализа можно заключить, что шероховатость поверхности после ультразвуковой кавитационной обработки улучшается в среднем на 55% (рис. 3).

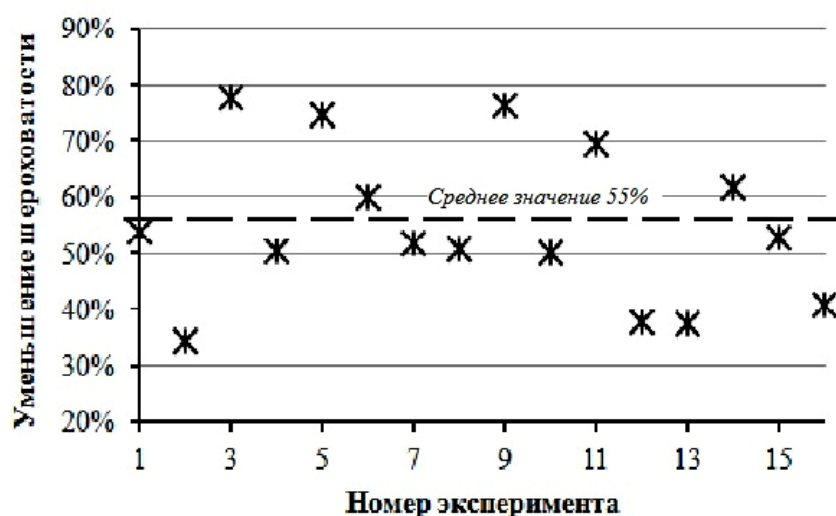


Рис. 3. Изменение шероховатости поверхности при различных сочетаниях режимов обработки

Наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывает исходная шероховатость образцов, причем с увеличением исходной шероховатости получаемая шероховатость поверхности уменьшается. Это объясняется особенностью кавитационного разрушения. Кавитационные полости прикрепляются в первую очередь к наиболее выступающим частям поверхности и при их схлопывании (коллапсе) происходит разрушение микронеровностей.

Изменение амплитуды ультразвуковых колебаний оказывает не значительное влияние на получаемую шероховатость поверхности.

Список литературы

1. Кухаренко, О.В. Получение и применение алмазного инструмента для механической обработки деталей / О.В. Кухаренко, Е.А. Кудряшов, Е.И. Яцун // Поколение будущего: взгляд молодых ученых: материалы международной молодежной научной конференции. – Курск: «Университетская книга», 2012. – С. 83-88.
2. Чернов, Л.К. Применение магнитной галтовки для отделочной обработки деталей / Л.К. Чернов, В.А.Полетаев // Физика, химия и механика трибосистем. – №12. – 2015. – С. 54-60.
3. Куликов, М.Ю. Совершенствование способа чистовой анодно-механической обработки цветных металлов и их сплавов / М.Ю. Куликов, В.Е. Иноземцев, Д.А. Нечаев и др. // Наукоемкие технологии в машиностроении. – №11 (41). – 2014. – С. 19-22.
4. Евсеев, Д.Г. Прогрессивные способы финишной обработки деталей подвижного состава / Д.Г. Евсеев, М.Ю. Куликов, В.Е. Иноземцев // Мир транспорта. – №5 (60). – 2015. – С. 40-49.
5. Парамошкина, Д.И. Особенности обработки цветных металлов и сплавов методом лазерной резки / Д.И. Парамошкина // Наука. Технологии. Инновации: сборник научных трудов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – С. 323-325.
6. Санжаровская, М.И. Безабразивная ультразвуковая финишная обработка поверхности металлов / М.И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – №4. – 2008. – С. 1184.

05.13.06

В.Ф. Пегашкин д-р техн. наук, Е.В. Пегашкина, М.С. Кузнецов канд. техн. наукУральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Нижний Тагил, v.f.pegashkin@urfu.ru**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПРОДОЛЬНЫХ ПАЗОВ
НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЯХ**

Рассмотрен процесс обработки продольных пазов на деталях цилиндрической формы методом зуботочения при помощи обкаточных многолезвийных резцов. Определены условия резания и ограничивающие параметры, позволяющие максимально повысить производительность обработки.

Ключевые слова: обработка продольных пазов, зуботочение, обкаточные многолезвийные инструменты.

Обработку продольных пазов на деталях цилиндрической формы обычно производится червячными фрезами на зубофрезерных станках с невысокой производительностью. Известен способ обработки деталей типа «зубчатое колесо» или «шлицевый вал» при помощи обкаточных резцов [1-3], позволяющих повысить производительность в несколько раз. На основе этого метода была предложена схема обработки, приведенная на рис.1.

Многозубый режущий инструмент расположен под углом β к оси заготовки. Заготовка и инструмент находятся в зацеплении так, что каждый зуб инструмента попадает в соответствующий ему нарез-канавку.

Определению профиля инструмента по заданному профилю зубчатого колеса посвящены работы ряда исследователей (например [4, 5]). В работах при решении задач профилирования задний угол при вершине обкаточного резца задается конструктивно, что может привести к негативным последствиям.

Окружная скорость инструмента V_u имеет две составляющие: скорость обкаточного движения $V_{об}$, равную окружной скорости вращения заготовки и скорость, с которой зуб совершает перемещение вдоль канавки - скорость резания V_p .

Величину скорости резания при обработке канавок параллельных оси детали можно определить по формуле:

$$V_p = \frac{\pi d_u n_u}{1000} \sin \beta,$$

где d_u – диаметр средней окружности инструмента; n_u – скорость вращения инструмента.

Производительность процесса во многом определяется основным временем обработки

$$\tau_o = \frac{l}{S n_d},$$

где l – длина резания; S – подача инструмента на оборот детали; n_d – скорость вращения детали.

В свою очередь

$$n_d = \frac{1000 V_{об}}{2\pi r_d},$$

где $V_{об} = V_p \operatorname{ctg} \beta$; r_d – радиус детали.

Из соотношений

$$\frac{tz_i}{\pi d_i} = \cos \beta \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \beta = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \beta} - 1},$$

где t – окружной шаг нарезов детали; z_i – число зубьев инструмента, получим формулу

$$\tau_0 = \frac{l\pi r_d}{500SV_p} \sqrt{\frac{\pi d_u}{tz_u}}. \quad (1)$$

Для сравнения аналогично определим время обработки методом фрезерования [6]

$$\tau'_0 = \frac{l}{S'} \times \frac{2\pi r_d^2 d_u}{1000V_p t} \quad (2)$$

Введем коэффициент повышения производительности равный отношению

$$K = \frac{\tau'_0}{\tau_0} \quad (3)$$

Подставляя (1) и (2) в (3), получаем

$$K = \frac{S}{S'} \cdot \frac{\pi d_u}{t} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (4)$$

На рис. 2 представлен график зависимости коэффициента K от угла β . При этом принималось $S = 0,9$ мм/об [3], $S' = 5$ мм/об – по заводским нормативам, скорости резания принимались равными в обоих случаях. Из графика видно, что при $\beta < 60^\circ$ производительность при обработке обкаточным резцом повышается более чем в 5 раза по сравнению с фрезерованием червячными фрезами.

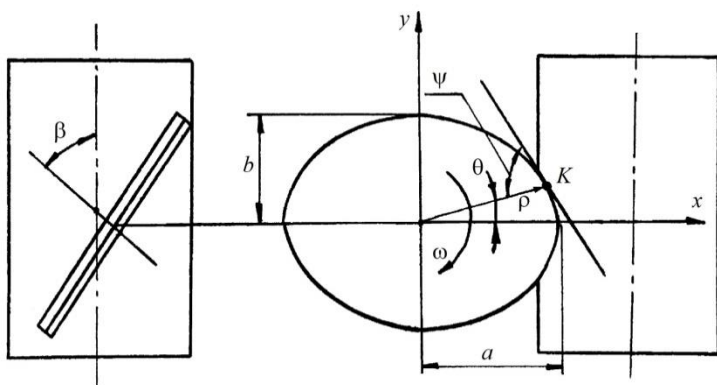


Рис. 1. Схема обработки

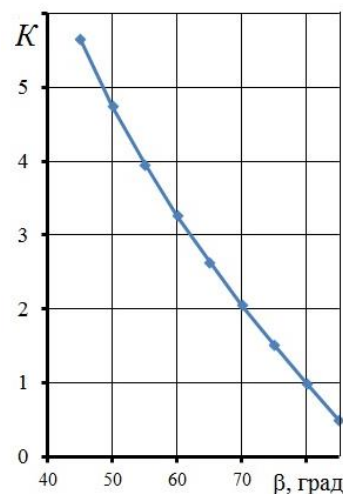


Рис. 2. Зависимость K от β

На условия работы инструмента существенное влияние оказывают углы резания, которые отличаются от углов заточки зубьев инструмента и за время контакта зуба о заготовкой изменяются в значительных пределах.

Углы резания можно представить зависимостями

$$\gamma = \gamma_3 \pm \delta, \quad (5)$$

$$\alpha = \alpha_3 \pm \delta, \quad (6)$$

где γ_3 и α_3 – передний и задний углы заточки инструмента, δ – величина изменения углов резания в процессе резания.

Угол δ определяет положение плоскости резания относительно вектора скорости главного движения [7]. Величина δ является функцией угла ψ – угла между радиус-вектором ρ до некоторой точки K траектории вершины режущего зуба инструмента и касательной к траектории в этой точке (рис. 1)

$$\delta = 90 - \psi. \quad (7)$$

Из дифференциальной геометрии известно соотношение

$$\operatorname{tg} \psi = \rho \frac{d\theta}{d\rho}. \quad (8)$$

Введем систему координат с центром в точке O (рис. 1): ось ординат совпадает с большой осью эллипса, ось абсцисс – с малой. Представим производную угла θ в виде отношения

$$\frac{d\theta}{d\rho} = \frac{\frac{d\theta(x)}{dx}}{\frac{d\rho(x)}{dx}}. \quad (9)$$

Зададим $\operatorname{tg}\theta = \frac{y}{x}$, $y = b\sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2}$, $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$,

где a и b – большая и малая полуоси эллипса.

Учитывая, что

$$\frac{d \operatorname{tg}\theta}{dx} = \frac{1}{\cos^2\theta} \cdot \frac{d\theta}{dx}$$

и проведя преобразования, получим

$$\frac{d\theta}{dx} = -\frac{b \cdot \cos^2\theta}{x^3 \sqrt{x^{-2} - a^{-2}}}. \quad (10)$$

В свою очередь

$$\frac{d\rho}{dx} = \frac{x \left[1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2 \right]}{\sqrt{x^2 + b^2 - \left(\frac{bx}{a}\right)^2}}. \quad (11)$$

Подставляя (10) и (11) в (9), и далее в (8), учитывая, что

$$a = r_u, \quad b = r_u \sin \beta,$$

где r_u – радиус инструмента, получим

$$\operatorname{tg}\psi = \rho \frac{r_u \sin \beta \cos^2\theta \sqrt{(r_u \sin \beta)^2 + (1 - \sin^2\beta)x^2}}{x^4 \cos^2\beta \sqrt{x^{-2} - r_u^{-2}}}, \quad (12)$$

где $x = \rho \cos\theta$.

Величину радиус-вектора точки можно определить на основании уравнения эллипса

$$\rho^2 = x^2 + y^2, \quad \left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1.$$

Выразив величины a и b через r_u и проведя преобразования, получим:

$$\rho = r_u \sqrt{1 - \frac{\cos^2\beta}{1 + \operatorname{ctg}\theta \sin^2\beta}}. \quad (13)$$

При расчете углов резания в процессе резания удобнее пользоваться не углом поворота радиус-вектора θ , а углом поворота инструмента φ . Из проекции угла θ на плоскость, нормальную к оси инструмента, получаем:

$$\theta = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi \sin\beta). \quad (14)$$

Зависимости (5), (6), (7), (12), (13) и (14) однозначно определяют изменение углов резания α и γ в процессе резания. Анализ этих зависимостей показал, что наибольшее значение $\delta_{\max}$ имеет в момент входа зуба инструмента в контакт с деталью и в момент выхода из контакта.

Величину δ необходимо учитывать при проектировании инструмента. В случае неправильного задания углов заточки действительный задний угол в процессе резания может приобретать отрицательные значения, то есть режущий зуб инструмента задней поверхностью будет внедряться в материал заготовки и процесс резания нарушится. Аналогично большой отрицательный передний угол, возникающий в процессе резания увеличивает нагрузку на зуб инструмента и может привести к его разрушению.

Список литературы

1. Цвис, Ю.В. Обработка зубчатых колес по методу зуботочения с обкаткой / Ю.В. Цвис. – М.: Машгиз. 1954. – 26 с.
2. Кирютин, А.С. Зуботочение обкаточным резцом как перспектива развития зубообработки / А.С. Кирютин // Молодой ученый. – №6 (86). – 2015. –С. 172-175.
3. Калашников, А.С. Современные тенденции развития технологии обкатного зуботочения / А.С. Калашников, Ю.А. Моргунов, П.А. Калашников // Известия Московского государственного технического университета МАМИ.– Т. 2. – № 2 (16). – 2013. –С. 248-250.
4. Кирютин, А.С. Профилирование специального зуборезного инструмента методом трехмерного моделирования / А.С. Кирютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – № 8-1. – 2016.– С. 47-51.
5. Балков, В.П. Современные технологические подходы при изготовлении цилиндрических зубчатых колес в условиях мелкосерийного производства и особенности расчета и проектирования зуборезного инструмента / В.П. Балков, Л.И. Каменецкий, А.С. Кирютин и др. // Металлообработка. – № 4 (88). – 2015.– С. 2-6.
6. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. Малова А.М. – Т.2. – М.: Машиностроение. 1972. – 543 с.
7. Сахаров, Г.Н. Обкаточные инструменты / Г.Н. Сахаров. – М.: Машиностроение. 1983. – 232 с.

05.13.06

**Д.П. Салова канд. техн. наук, Т.Г. Виноградова канд. техн. наук, И.С. Голушов,
И.О. Бычков, Д.В. Васильев, М.В. Гордеев, С.Н. Кадушкин, А.Г. Михайлов,
П.М. Салов д-р техн. наук, Е.В. Волина, Г.Г. Фёдорова**

Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета,
кафедра транспортно-технологических машин,
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
машиностроительный факультет,
кафедра «Технология машиностроения»
Чебоксары, tavin2008@mail.ru, salov-pm@ yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ С ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

В работе рассмотрена специфика процесса внутреннего шлифования. Аналитически определен перебеж круга с учетом теплонапряженности процесса и условий нагружения. Дана методика управления перебегом.

Ключевые слова: *ограничение жёсткости, форма, стабильность, перебеж, теплонапряженность.*

В условиях автоматизированного производства устранение нестабильности процесса шлифования во времени имеет принципиальное значение. При анализе причин нестабильности процесса необходимо сопоставление входных параметров технологической системы с выходными и их взаимосвязь в зоне контакта круга и изделия [1].

Входные параметры дополняются случайными параметрами. Выходными параметрами являются выполняемые требования к детали.

Параметры процесса: нормальная и тангенциальная силы, режущая сила, мощность резания, скорость износа круга, характеристики детали.

Основными характеристиками являются: точность формы, шероховатость обрабатываемой поверхности, показатели волнистости, отсутствие прижога, остаточных напряжений большого уровня.

Важнейшим параметром является режущая способность круга, уменьшение которой при шлифовании с управляемой подачей вызывает увеличение сил, деформаций в технологической системе (ТС), приводит к возникновению прижога [1-3].

Процесс внутреннего шлифования с продольной подачей является трудно управляемым [1-5]. Работа выполняется кругами диаметрами - $(0,6 \div 0,9)$ от диаметра отверстия, из-за чего диаметры оправок должны быть меньше минимально возможного для изношенного круга.

Правка круга на податливой оправке приводит к вибрациям, а при правке алмазным карандашом – к его разрушению [1].

Правка методом шлифования может привести к волнистости на рабочем круге. Еще одной значительной проблемой является обеспечение требуемой цилиндричности отверстия, чего достигают правильным назначением величины перебега [2-5].

Все эти обозначенные вопросы в той или иной мере решены в работах [1-5], однако нуждаются в уточнении. В работе [4] при определении перебега использована «функциональная связь между направлениями и скоростями деформаций с учетом температуры деформации», разработанная С.Н. Корчаком [6], уточняющая ранее выведенные зависимости. Величина перебега K выражается долей высоты (ширины) круга B .

Для чистового шлифования и при выхаживании $K=(0,30 \div 0,42) B$, при предварительном – $K=(0,22 \div 0,36) \cdot B$. Из-за большей податливости конца оправки при выходе круга из отверстия перебеж больше, чем внутри отверстия.

Формулы показывают хорошую сходимость результатов с практикой при шлифовании «с просветом» m , где просвет – это расстояние «между крайними положениями круга внутри отверстия» [7].

При относительно коротких деталях, когда $m < 0$, работа происходит с перекрытием. Это равносильно дополнительному простоя в момент реверса P и уменьшению перебега K . В формулах P должна увеличиваться на величину $\frac{m_n}{B}$, где m_n – величина перекрытия.

Расчетные формулы для определения перебега имеют вид (1) и (2):

При шлифовании глубоких отверстий при равномерной нагрузке

$$\left. \begin{aligned} \frac{P}{2} + \frac{m_n}{2B} &= (1-K) \cdot \ln(1-K) - K \frac{P_A(M)}{P_B(M)}, & \text{при } \alpha=1 \\ \frac{P}{2} + \frac{m_n}{2B} &= (1-K)^\alpha \frac{1}{(1-\alpha)} \left[1 - (1-K)^{1-\alpha} \right] - \frac{P_A(M)}{P_B(M)}, & \text{при } \alpha \neq 1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где α – показатель степени в зависимости, связывающей съём металла с удельной нагрузкой, $\alpha = 0,4 - 1,8$ [3 - 6, 8 - 11];

$\frac{P_A(M)}{P_B(M)}$ – отношение, показывающее разницу в теплonaпряженностях в срединной части круга $P_A(M)$ и по торцу отверстия $P_B(M)$, $\frac{P_A(M)}{P_B(M)} = 0,77 - 0,91$ [4].

При шлифовании глубоких отверстий с распределением нагрузки по треугольному закону

$$\left. \begin{aligned} \frac{2^{\alpha+1}}{\alpha+1} (1 - 2^{\alpha+1} + (2 - K_B)^{\alpha+1}) &= P_{\text{вн.}} \frac{P_A(M)}{P_B(M)} \left(\frac{K_B^2}{1 - K_B} + 1 \right)^\alpha - 2^\alpha, \\ \frac{2^\alpha}{\alpha+1} (2 - 2^{\alpha+1} + (2 - K_H)^{\alpha+1}) &= P_{\text{нар.}} \frac{P_A(M)}{P_H(M)} \left(\frac{K_H^2}{1 - K_H} + 0,5 \right)^\alpha, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где K_H и K_B – перебеги наружу (из отверстия) и внутри отверстия;

$P_{\text{нар}}$ и $P_{\text{вн}}$ – задержки в зоне реверса наружу и внутри отверстия с учетом выдержки $\frac{m_n}{B}$.

Полученные формулы подтверждены нами экспериментально [4, 5], а также в работах [1, 8 - 11]. Они справедливы для начального периода работы, когда существенно не сказывается износ круга за счет естественного износа, а также в режиме затупления.

При длительной работе круга в режиме полного самозатачивания его форма постепенно трансформируется в форму естественного износа [3 - 5]. Из-за краевого эффекта она становится бочкообразной. Для поддержания стабильности процесса и цилиндричности на заготовке необходимо увеличивать величину перебега.

В работе [5] дана методика пошагового увеличения перебега для эльборовых, электрокорундовых и алмазных кругов.

Используя ее получаем для первого шага величину перебега за дополнительное время работы T_1 после приработки круга за время t_1 :

$$K_1 = K_{H_1} + (K_{B_1} - K_{H_1}) \cdot \left(\frac{t_1}{T_1} \right)^{m/n},$$

где m и n – коэффициенты, зависящие от характеристик кругов, исходной шероховатости (R_z), продольной подачи, соотношения между длиной отверстия и высотой круга [5].

Величины K_{H_1} , K_{B_1} необходимо определять по зависимостям (1) и (2). За второй шаг величина K_2 рассчитывается при уточненных величинах K_{H_2} , K_{B_2} , t_1 и T_1 , т.е. $K_2 = K_{H_2} + (K_{B_2} - K_{H_2}) \cdot \left(\frac{t_1 + T_1}{T_1 + T_2} \right)^{m/n}$. Методики определения коэффициентов m и n даны в работах [4, 5].

Система управления внедрена на одном из предприятий г. Самара при эльборовом шлифовании цилиндров из сталей 30ХГСН2А, 40ХГСН3ВА и др. с глубиной отверстий до 500 мм, станок с ЧПУ «Wotan». При общей длительности обработки от 10 до 42 мин (зависит от требуемой шероховатости и припуска), допуска на нецилиндричность, условий правки время операции снижено на 12 – 24%, износ эльборовых кругов уменьшился на 17 – 21%.

Экономия получена за счет сокращения числа правок.

Для условия внедрения, когда исходная шероховатость была $R_z = 10 - 40$ мкм, коэффициенты были равны:

для зернистости эльбора 125/100 $n = 1,3 - 2,2$; $m = 0,8 - 1,0$;

для зернистости эльбора 100/180 $n = 1,7 - 2,8$; $m = 0,9 - 1,0$;

для зернистости эльбора 80/63 $n = 2,8 - 4,0$; $m = 1,0$.

По данным [4, 5] для алмазных кругов при обработке высокопрочных сталей $n = 1,5 - 3,0$; $m = 0,9$; для электрокорундовых $n = 2,0 - 5,2$; $m = 1,2 - 1,4$. С уменьшением производительности процесса и шероховатости поверхности процесса и шероховатости поверхности темп изменения перебега уменьшается, коэффициент n тоже уменьшается.

Опыт внедрения системы управления показал, что целесообразно увеличивать перебеги с опережением, т.е. до уровня, когда в отверстии будет выбрана бочкообразность и появилась корсетность. Возможность аналитического управления перебегами с опережением доказана в работах [4, 5]. В общем виде приведен пример реализации. Описание его весьма сложно для восприятия и объемно. Необходима формализация метода.

Стабилизация процесса невозможна без поддержания или управления силами резания, а также отношением технологических сил резания P_y и P_z . Нами установлено, что наиболее простым и надежным методом определения сил резания является комбинация тарировки технологической системы с измерением мощности резания.

Список литературы

1. Захаров, О.В. Бесцентровое шлифование конических поверхностей на станках с продольной подачей / О.В. Захаров // Автоматизация и современные технологии, 2006. - № 7. - С. 14-16.
2. Никифоров, И.П. Компьютерное моделирование процесса внутреннего шлифования / И.П. Никифоров // Научно-технические ведомости. - СПбГТУ. - 2006. - № 1. - С. 107-115.
3. Колтунов, И.И. Построение математической модели исследования технологических погрешностей при шлифовании кольца подшипника / И.И. Колтунов. - Известия ТРТУ. - 2006. - Т. 58. - № 3. - С. 251-256.
4. Салов, П.М. Управление перебегами круга при внутреннем шлифовании / П.М. Салов, Т.Г. Виноградова, Д.П. Салова // Высокие технологии в машиностроении: Всероссийск. научно-техн. конфер. - Самара: Сам.ГТУ, 2009. - С. 61-63.
5. Салов, П.М. Рациональное использование рабочей поверхности абразивных кругов / П.М. Салов, Д.П. Салова. - Чебоксары: Чебоксар.политехн. ин-т (филиал) МГОУ, 2010. - 332 с.
6. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. - М.: Машиностроение, 1974. - 280 с.
7. Ящерицын, П.И. Шлифование металлов / П.И. Ящерицын, Е.А. Жалнерович. - Минск: Беларусь, 1970. - 464 с.
8. Носенко, В.А. Технология шлифования металлов: монография / В.А. Носенко, С.В. Носенко. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 616 с.
9. Зубарев, Ю.М. Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов: учебное пособие / Ю.М. Зубарев, А.В. Приёмывшев. - СПб.: Издат. Лань, 2010. - 301 с.
10. Козлов, А.М. Повышение качества и точности цилиндрических деталей при шлифовании / А.М. Козлов. - Липецк: ЛГТУ, 2004. - 181 с.
11. Кремень, З.И. Технология шлифования в машиностроении / З.И. Кремень, В.Г. Юрьев, А.Ф. Бабошкин: под общ.ред. З.И. Кремня. - СПб.: Политехника, 2007. - 424 с.

05.13.06

Д.П. Салова канд. техн. наук, Т.Г. Виноградова канд. техн. наук, М.Г. Максимов,
Д.С. Кудров, К.Н. Хмелев, И.В. Шариков, Е.С. Агафонов, А.С. Зворыгин,
Д.Ю. Севостьянов, П.М. Салов д-р техн. наук

Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета,
кафедра транспортно-технологических машин,
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
машиностроительный факультет,
кафедра «Технология машиностроения»,
Чебоксары, tavin2008@mail.ru, salov-pm@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В работе анализируется процесс, при котором из-за относительно большой длины контакта круга с заготовкой возникают значительные деформации. Предлагаются мероприятия по уменьшению негативного влияния искажения профиля круга.

Ключевые слова: кольца, врезное шлифование, малый диаметр круга, повышенный износ, высокие частоты вращения, малая жесткость оправок, искажение профиля, конусообразные круги.

Внутреннее врезное шлифование при ограниченной жесткости технологической системы привода главного движения (ТСПГД) широко используется при изготовлении подшипников, деталей гидроаппаратуры, фасонных поверхностей деталей.

Вопросы обеспечения эффективной обработки наружных поверхностей достаточно хорошо проработаны в работах [1 - 4]. Обработке внутренних поверхностей уделяется существенно меньше внимания. При этом следует выделить работы [5, 6].

Относительно небольшой диаметр круга при внутреннем шлифовании предполагает его быстрый износ. Частично этот вопрос решается применением кругов с зернами из сверхтвердых материалов [5-7].

Наименьшие диаметры кругов используются при внутреннем шлифовании фасонных канавок [8-9].

Большие проблемы вызывает правка кругов. Цикл обработки удлиняется из-за необходимости введения времени на выхаживание [7, 10, 11].

Расчеты показывают, что себестоимость внутреннего шлифования цилиндрических отверстий в кольцах диаметром от 6 до 50 мм в 8-3 раза больше, чем наружных диаметром от 10 до 50 мм. Себестоимость обработки фасонных внутренних канавок больше себестоимости обработки внутренних цилиндрических отверстий тех же колец в 4-3 раза.

Для повышения эффективности процесса врезного внутреннего шлифования нами выполнены следующие работы.

Определялась жесткость применяемого станков 3K227B и Si-50. Определялся прогиб и угол поворота торца круга диаметром $D = 30$ мм, высотой $T = 30$ мм при общей длине консольной оправки $l = 40$ мм. Заготовки крепились в жестком спецпатроне. Шлифовались стали 30ХГСН2А (HRC 42...45); 45 (HRC 36...40); ст.45 (HRC 23...26); ШХ15 (HRC 60...62); 40ХГСН3ВА (HRC 48...52); 4ХЗВНФА (HRC 50...55); P18 (HRC 60...62); титановые сплавы BT9 и BT22 (в состоянии поставки). Измерялись все параметры, необходимые для определения податливости: мощность резания, усилия P_z и P_y , удельный расход эльбора, износ круга, коэффициенты шлифования, удельная производительность, шероховатость, отношение P_y/P_z .

Показатели исследований даны в работах [5, 10, 11], а методика измерений сил резания и податливости рассмотрена в работах [7, 11].

Приработанный круг имеет форму усеченного конуса. Из анализа зависимостей прогибов y и углов поворота θ от действия технологической силы P_y следует что в некотором рабочем диапазоне их можно аппроксимировать линейными зависимостями. Предложено внести понятие о приведенной длине оправки $l_{пр}$. Это такая величина, при которой прогиб оправки y и угол ее поворота θ можно рассчитывать по формулам:

$$y = \frac{P_y \cdot l_{пр}^3}{a \cdot E \cdot J}; \quad \theta = \frac{P_y \cdot l_{пр}^2}{b \cdot E \cdot J},$$

где a и b – коэффициенты, определяемые по результатам экспериментов; $E \cdot J$ – жесткость оправки.

Между деформацией и нагрузкой P_y , а также между деформацией конца оправки и углом поворота устанавливается линейная связь:

$$\theta = c \cdot y(\text{радиан})$$

При цикле обработки, обеспечивающем работу конусообразного круга всей поверхностью, минимальная величина θ составит [7]:

$$\theta_{min} = \frac{R_{Zн} + R_{Zк} + t_{Фн} + t_{Фк}}{T},$$

где $R_{Zн}$ и $R_{Zк}$ – шероховатости поверхностей при шлифовании с начальным и конечным натягами; $t_{Фн}$, $t_{Фк}$ – радиальные съемы материала за ход стола при начальном и конечном натягах.

Экспериментально установлено: для станка 3К227В $c = 5,8 \cdot 10^{-6}$ рад/мкм, для Si – 50 $c = 6,2 \cdot 10^{-6}$ рад/мкм.

Величину y находили как разницу между суммарной подачей за эксперимент и суммарным уменьшением радиусов заготовки (съем) и круга (износ).

Угол конусности круга принимался равным θ_{min} .

Для повышения эффективности для станка 3К227В определялся оптимальный диапазон времени, через который следует повышать частоту вращения электрокорундового круга. Использовалась целевая функция, которая учитывает направленность векторов эффективности по времени [11].

Для высокоскоростной обработки модернизирован станок 3К227В, позволяющий работать упрочненными кругами до 100 м/с. Обычно круги упрочняют, вклеивая стальные втулки, или наклеивают на торцы стальные шайбы. Нами предложен более радикальный метод: круги наклеивались на оправки совместно с тонкими стальными шайбами. В эпоксидный клей в качестве наполнителя вводится абразивный порошок, а в качестве разрушителя клея – мочевины. После полного износа круга необходимо нагревать оправку с кругом до 200-250°C, выдержать 30 - 40 минут и быстро охладить. На оправке остаются легко удаляемые продукты. Клей разрушается выделяющимся азотом.

Все упрочненные электрокорундовые круги ПП 30х30х10 на керамической связке К43 не разрушились при работе.

Некоторые кольца и втулки шлифуются с осцилляцией кругами высотой большей их длины. Неправильно выбранный ход осцилляции приводит к искажению цилиндричности отверстия.

Нами, используя общий подход по определению перебега круга при шлифовании с продольной подачей [7, 11], получены расчетные формулы по определению величины выхода круга за края отверстия K , по которой определяется величина хода при осцилляции.

Величина K , выраженная в долях от высоты (ширины) круга T , определяется из формул

$$\frac{P}{2} + \frac{m_n}{T} = (1 - K)(1 + l_n(1 - K)); \quad \text{при } \alpha=1$$

$$\frac{P}{2} + \frac{m_n}{T} = (1 - K)^\alpha \left\{ \frac{1}{(1-\alpha)} [1 - (1 - K)^{1-\alpha}] \right\}, \quad \text{при } \alpha \neq 1,$$

где P – расстояние, выраженное долей высоты круга, которое прошел бы круг, при отсутствии задержки при осцилляции (безразмерная величина);

$\frac{m_n}{T}$ – безразмерное расстояние, выраженное долей высоты круга, которое прошел бы круг, не будь внутреннего перекрытия между кругом и заготовкой (дополнительная условная задержка круга на участке перекрытия длиной m_n); α – показатель степени в зависимостях, связывающих съем материала с удельной силой прижатия [7, 11].

Корректность зависимостей подтверждена при шлифовании колец высотой 6 мм, кругом высотой 8 мм и 2,3 мм (высота колец) – 5 мм (высота круга).

Отрабатывались условия правки кругов. Установлено, что наиболее приемлемым методом правки является обкатка, при которой относительная скорость проскальзывания составляет 3-6 м/с, а усилия отжатия между кругами обеспечивают требуемую конусность на рабочем круге.

Выводы по работе:

1. В условиях малой жесткости технологической системы рекомендуется шлифовать конусообразными кругами.
2. Отдельные рекомендации, касающиеся шлифования с продольной подачей, вполне применимы для врезного шлифования.

Список литературы

1. *Филин, А.Н.* Прогрессивные технологические процессы шлифования фасонных поверхностей деталей / А.Н. Филин, Н.В. Носов, В.Г. Рахчеев. – Самара: Самар. Гос. техн. ун-т, 1994. – 58 с.
2. *Самарин, Ю.П.* Технологическое обеспечение точности сложнопрофильных поверхностей прецизионных деталей при абразивной обработке / Ю.П. Самарин, А.Н. Филин, В.Г. Рахчеев. – М.: Машиностроение, 1999. – 300 с.
3. *Захаров, О.В.* Проектирование формообразующих систем бесцентровых суперфинишных станков / О.В. Захаров, В.В. Погораздов. – Саратов: СГТУ, 2004. – 140 с.
4. *Захаров, О.В.* Бесцентровое шлифование конических поверхностей на станках с продольной подачей / О.В. Захаров // Автоматизация и современные технологии. – 2006. № 7. С. 14 – 16.
5. *Никифоров, И.П.* Компьютерное моделирование процесса внутреннего шлифования / И.П. Никифоров // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2006. - №1. – С. 107 – 115.
6. *Колтунов, И.И.* Построение математической модели исследования технологических погрешностей при шлифовании кольца подшипника / И.И. Колтунов // Известия ТРТУ. – 2006. – Т. 58. - №3 – С. 251 – 256.
7. *Виноградова, Т.Г.* Повышение эффективности шлифования глубоких отверстий путем управления перебегом и формой круга при учете теплонапряженности процесса: дис... канд. техн. наук: 05.02.08: защищена 23.12.2013 / Виноградова Татьяна Геннадьевна. – Самара, 2013. – 170 с.
8. *Черкашин, В.И.* Профильно шлифование / В.И. Черкашин. – М.: Машиностроение, 1971. – 72 с.
9. *Ящерицын, П.И.* Шлифование металлов / П.И. Ящерицын, Е.А. Жалнерович. – Минск: Беларусь, 1970. – 464 с.
10. *Салова, Д.П.* Моделирование профиля рабочей поверхности шлифовального круга с использованием принципов естественной прирабатываемости: Дис... канд. техн. наук: 05.03.01 / Самарский гос. техн. ун-т, Чувашский гос. ун-т. – Самара, 2007. – 231 с.
11. *Салов, П.М.* Рациональное использование рабочей поверхности абразивных кругов / П.М. Салов, Д.П. Салова. – Чебоксары: Чебоксарский политехн. ин-т (филиал) МГОУ, 2010. – 332 с.

05.13.06

¹Д.П. Салова канд. техн. наук, ²А.Ф. Денисенко д-р техн. наук, ³Е.Г. Григорьев,
³П.М. Салов д-р техн. наук, ⁴Т.Г. Виноградова канд. техн. наук, ⁴О.В. Кашицын,
³Г.Ю. Алексеев, ³С.И. Сергеев, ³В.В. Суслов, ³Д.А. Коновалов

¹ОАО «Электроприбор»,

²Самарский государственный технический университет,

³Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,

машиностроительный факультет, кафедра «Технология машиностроения»,

⁴Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета,

кафедра транспортно-технологических машин,

Чебоксары, salov-pm@yandex.ru, tavin2008@mail.ru

ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В данной работе анализируются погрешности станка и значительное внимание уделяется взаимосвязям между геометрическими отклонениями кругов с усилиями, сопровождающими процессы правки.

Ключевые слова: правка, ограниченная жесткость, усилия, правящие системы.

Достоинством правки однокристалльным алмазом является малые усилия резания. При точении возможны ситуации, когда круг приобретает формы, показанные на рис.1 [1] и рис.2 [2]. На рис.1 круг правился алмазным карандашом. Искажения возникли из-за малой жесткости.

На рис.2 круг правился алмазной иглой с углом заточки 90°, обеспечивающей минимальные по сравнению с остальными методами радиального усилия P_{yn} .

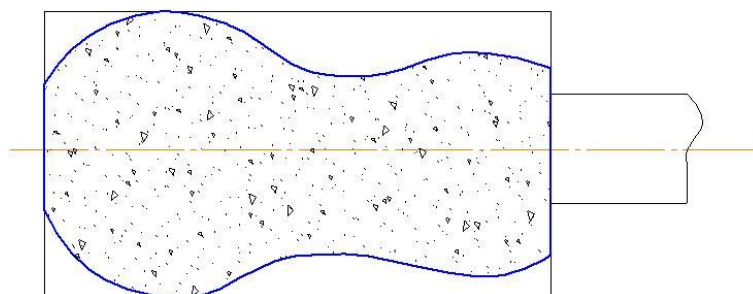


Рис. 1 Искажение профиля цилиндрического круга вследствие деформации правящей системы внутришлифовального станка [1]

Образование на круге конусности с меньшим диаметром на конце консоли авторы [2, 3] объясняют угловой прецессией.

Прецессия сказывается при малых усилиях P_{yn} . Увеличение P_{yn} за счет увеличения ширины контакта на алмазном карандаше СЗ до $\approx 125-200$ мкм при продольной подаче $S_{np}=100$ мкм/об.кр. обеспечивает на круге требуемую конусность. Максимальный диаметр круга, формируемый правкой, можно определить по зависимостям:

$$D_{max} = D_{min} + 2 \left(\sqrt{\sigma_{BPzn}^2 + (C_0 - \sigma_{BPyn})^2} - \sqrt{\sigma_{HPzn}^2 + (C_0 - \sigma_{HPyn})^2} \right),$$

где D_{min} – минимальный контактный диаметр круга; σ_{BPzn} , σ_{HPzn} – линейные деформации от силы правки P_{zn} внутреннего и наружного торцов круга; σ_{BPyn} , σ_{HPyn} – линейные деформации от силы правки P_{yn} ; C_0 – смещение оси центров торцов круга. $C_0 = \frac{d}{2} - \frac{D_{min}}{2} - \sigma_{BPyn}$, где d – диаметр отверстия.

При диаметре опоры $D_0=30$ мм величину радиального зазора (просвета) по рекомендации [17, 18] выбрали равным $C=6$ мкм; количество отверстий для подува $m=3$, их диаметр $d_n=0,45$.

Время на балансировку снижается на 25-28 % по сравнению с параллельными стендами.

Еще одной сложностью при использовании методов шлифования для правки является соотношение диаметров кругов. Если развертка круга малого диаметра целое число раз накладывается на развертку круга большого диаметра при работе, то возможно возникновение резонансных колебаний.

Для правки алмазными роликами и абразивными кругами методом обкатки и с относительно большими усилиями разработано и изготовлено универсальное приспособление, аналогичное упомянутому.

Роторы перед установкой в приспособление балансировались.

Вывод по работе.

Точность профилирования шлифовального круга правкой можно существенно повысить за счет:

- новых условий правки кругов, профиль которых рассчитан с учетом дисбаланса технологической системы.
- совершенствуя конструкции и повышая точность изготовления устройств для правки.

Список литературы

1. *Ящерицын, П.И.* Шлифование металлов / П.И. Ящерицын, Е.А. Жалнерович. – Минск: Беларусь, 1970. – 464 с.
2. *Виноградова, Т.Г.* Повышение эффективности шлифования глубоких отверстий путем управления перебегом и формой круга при учете теплонапряженности процесса: дис... канд. техн. наук: 05.02.08: защищена 23.12.2013 / Виноградова Татьяна Геннадьевна. – Самара, 2013. – 170 с.
3. *Grechnikov, F.V.* Iterative algorithm for radius stylus compensation of touch sensor when measured on cmms of complex surfaces/Grechnikov F.V., Popov I.P., Kochetkov A.V., Zakharov O.V.// В сборнике: труды XIV международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП – 2018) 14 -th international scientific-technical conference: in 8 volumes. 2018. С. 237-241.
4. *Grechnikov, F.V.* Selection of methods for filtering the signal when measuring at coordinate measuring machine/ Grechnikov F.V., Kochetkov A.V., Zakharov O.V.// В сборнике: труды XIV международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП – 2018) 14 -th international scientific-technical conference: in 8 volumes. 2018. С. 231-236.
5. *Korolev, A.A.* Optimization of control points number at coordinate measurements based on the monte-carlo method/ Korolev A.A., Zakharov O.V., Kochetkov A.V.// В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 2018. С. 012061.
6. *Follinger, H.* Problemgerechtes Abrichten konventionelles Schleifscheiben/ Industrial Diamond Revue, 1985. V.19. №2. S.72-77.
7. *Салов, П.М.* Рациональное использование рабочей поверхности абразивных кругов / П.М. Салов, Д.П. Салова. – Чебоксары: Чебоксар.политехн. ин-т (филиал) МГОУ, 2010.–332 с.
8. *Малышев, В.И.* Контактные температуры при алмазной правке шлифовальных кругов/ В.И. Малышев, Ю.М. Янюшкин// Сверхтвердые материалы.- 1986.- №5.- С. 48-54.
9. *Романов, В.Ф.* Технология алмазной правки шлифовальных кругов/ В.Ф. Романов, В.В. Авакян.- М.: Машиностроение, 1980.- 118 с.
10. *Пилинский, В.И.* Производительность, качество и эффективность скоростного шлифования/ В.И. Пилинский, И.П. Донец.- М.: машиностроение, 1986.- 80 с.

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

05.13.11

Е.Ю. Галимова

Высшая школа печати и медиатехнологий Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна,
институт полиграфических технологий и оборудования,
кафедра информационных и управляющих систем,
Санкт-Петербург, galim81@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ, УЧИТЫВАЕМЫЕ В МЕТОДИКЕ ВЫБОРА СПОСОБА ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА И ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Представлена методика выбора способа тестирования веб-приложения, учитывающая его особенности и качественные характеристики. Предложен подход к оценке времени приёмоного тестирования.

Ключевые слова: *тестирование веб-приложения, ручное тестирование, автоматизированное тестирование, смешанное тестирование.*

В настоящее время клиент-серверные системы основываются на трехуровневой архитектуре (рис.1), где клиент является "тонким". "Тонкий" клиент выполняет роль системы представления информации, которая поступает с веб-сервера. Такой клиент реализуется с помощью веб-браузера и html-документа, загружаемого с веб-сервера. Обработка данных осуществляется на стороне веб-сервера. Обычно для этого используется связка Apache + PHP. Веб-сервер в свою очередь получает данные от сервера базы данных. На сервере базы данных установлена подсистема хранения. Подсистема хранения организует конкурентный доступ к данным.



Рис.1 Архитектура веб-приложения

В данной статье предлагается методика тестирования веб-приложения. Разработан и представлен ниже опросный лист для программистов, вопросы которого охватывают качественные характеристики программного продукта:

1. *Много ли в веб-приложении функционала, позволяющего выполнять однотипные действия?* Если в приложении много, например, форм ввода логина и пароля, удобно автоматизировать попытки логина пользователей с разными комбинациями прав доступа (имеющих полный доступ; права администратора; разные комбинации частичного доступа к функционалу).

2. *Предполагается частый выпуск новых версий?* Например, при использовании подхода «непрерывное развёртывание программного обеспечения» [1] или Agile-методологии [2] сборки могут выходить ежедневно, поэтому автоматизация целесообразна в первую очередь для приёмочного тестирования.

3. *В веб-приложении много полей для ввода данных?* При подтверждении данного факта рекомендуется автоматизация проверок на длину полей ввода, на область допустимых значений для вводимых данных. Проверка граничных значений особенно актуальна для математических функций [3].

4. *Важна высокая производительность веб-приложения?* Для тестирования производительности проводятся автоматизированные испытания на одновременный доступ большого числа пользователей. Информация о доступах записывается и затем анализируется для оценки уровней нагрузки, истощающих системные ресурсы [4].

5. *Много ли конфигураций программно-аппаратных средств у потенциальных пользователей?* В таком случае рекомендуются автоматические наборы тестовых проверок основного функционала на различных браузерах, операционных системах и промежуточном программном обеспечении.

6. *Предполагается ли использование веб-приложения в условиях максимальных нагрузок?* Нагрузочное тестирование обычно проводится с использованием автоматических тестов для измерения времени, необходимого для выполнения нескольких задач и/или функций в заранее определённых условиях. Эти предопределённые условия включают минимальную конфигурацию и максимальные уровни активности запущенного приложения [4].

7. *В приложении много гипертекстовых ссылок?* Компоненты веб-приложения обычно доступны с помощью механизмов навигации, реализуемых гипертекстовыми ссылками. Необходимо разработать автоматические тестовые наборы на проверку целостности ссылки. Такая проверка поможет выявить недоступные и неработающие ссылки.

8. *Будет проводиться анализ покрытия кода?* Для автоматизированного измерения метрик покрытия кода можно использовать инструмент PHPUnit, который поддерживает следующие метрики: покрытие строки, покрытие функции и метода; покрытие класса и трейта).

9. *Планируется дымовое тестирование?* Дымовое тестирование проводится для проверки базового функционала, который не сильно изменяется, а чаще дополняется, при выходе новых версий. Автоматизация дымового тестирования помогает сэкономить человеческие и временные ресурсы. Тестовые проверки лучше разрабатывать на языке, на котором написано приложение, что сэкономит время для интеграции тестов [5].

10. *Во время использования веб-приложения необходимо выполнять ряд ручных операций?* Для такой реализации рекомендуется ручное исследовательское тестирование, разработка специфических тестовых проверок для функционала, требующего выполнения части операций вручную.

11. *Планируется ли проверка удобства использования веб-приложения?* Проводим ручное тестирование пользовательского интерфейса, проверяем эргономичность и дружелюбность интерфейса.

12. *Область применения веб-приложения лежит в поднадзорной среде?* При положительном ответе предпочтительны ручные проверки на соответствие законодательным актам, нормативным требованиям и отраслевым стандартам.

13. *Важны ли простота, быстрота и полнота восприятия отображаемых данных?* Рекомендуется произвести оценку производительности взаимодействия сторонних пользователей с системой [6].

14. *При разработке использовалось большое количество сторонних модулей, функций и так далее?* Сторонние компоненты могут быть написаны на разных языках программирования, на основе разных моделей. Это могут быть COTS (Commercial-Off-Shelf) технологии, которые являются открытыми и адаптированными на уровне международных стандартов [7].

15. *Важна ли оценка способности к восстановлению приложения после сбоев?* Данный вид тестирования рекомендуется в первую очередь для приложений, которые предназначены для круглосуточной работы. Применяется для первой итерации тестирования и для регрессионного.

16. *В веб-приложении много графических объектов?* Для тестирования графического интерфейса рекомендуется использовать фокус-группы, экспертные и эвристические оценки [6].

17. *Часто ли встречается реализация функции печати документов?* Для тестирования печати необходим ручной подход, так как требуется подключение оборудования различных типов, визуальная оценка качества полученных документов.

18. *Приложение поступило на тестирование впервые и ресурсы для проведения тестирования достаточно ограничены?* В таком случае на разработку автоматических тестовых наборов уйдут значительные временные ресурсы. Легче создать их позже, на основе ручных проверок.

19. *Функциональное тестирование приоритетно по выделяемым ресурсам?* При выполнении функционального тестирования эффективно использовать и ручные, и автоматические тестовые наборы.

20. *Это игровой контент?* Использовать чек-листы для ручных проверок, юзерстори [8], провести многократные проверки игры во всех режимах, использовать специальные инструменты для получения данных по игрокам на сервере.

21. *Будут ли обновляться входные данные перед каждой итерацией тестирования?* При обновлении входных данных перед каждой новой итерацией автоматизировать можно те тесты, для которых данные обновляются по известному тестирующему закону. Если нет алгоритма для генерации новых групп входных данных, применяется ручное тестирование.

22. *Будет ли проводиться негативное тестирование?* Часть негативных тестов будет посвящена нестандартным ситуациям, поэтому необходимо ручное исследовательское тестирование.

23. *Веб-приложение является экспертной системой?* Веб-ориентированная экспертная система [9] взаимодействует с пользователем через веб-интерфейс. Для тестирования применяется комбинация методов «белого» и «чёрного» ящика [10].

24. *При создании приложения использовались динамически генерируемые компоненты?* При их тестировании проблема состоит в том, что трудно сгенерировать и повторно запустить те же предусловия и состояния, которые уже генерировал компонент на предыдущем шаге [4].

25. *Это программно-аппаратный комплекс?* Примером программно-аппаратного комплекса с веб-интерфейсом может служить «Сервер точного времени СТВ-01Л» [11], предназначенный для формирования эталонных сигналов времени и частоты.

26. *Будет проводиться тестирование безопасности?* Тестирование проводится с использованием различных специализированных приложений (фрэймворков).

27. *Планируется изменение тестовых сценариев в процессе их выполнения?* Например, изменение сценариев нагрузочного тестирования на основе анализа получаемых данных, добавление в них модульных тестов или web-тестов производительности.

На каждый вопрос программист даёт ответ «да» или «нет». После этого файл с вопросами и ответами программистов передаётся тестирующим, которые каждому ответу присуждают свой вес. Веса обрабатываются с применением многокритериальной оптимизации. Подробно алгоритм рассмотрен в работе [13]. По результирующему значению свёртки принимается решение о выборе метода тестирования: ручное, автоматизированное, смешанное.

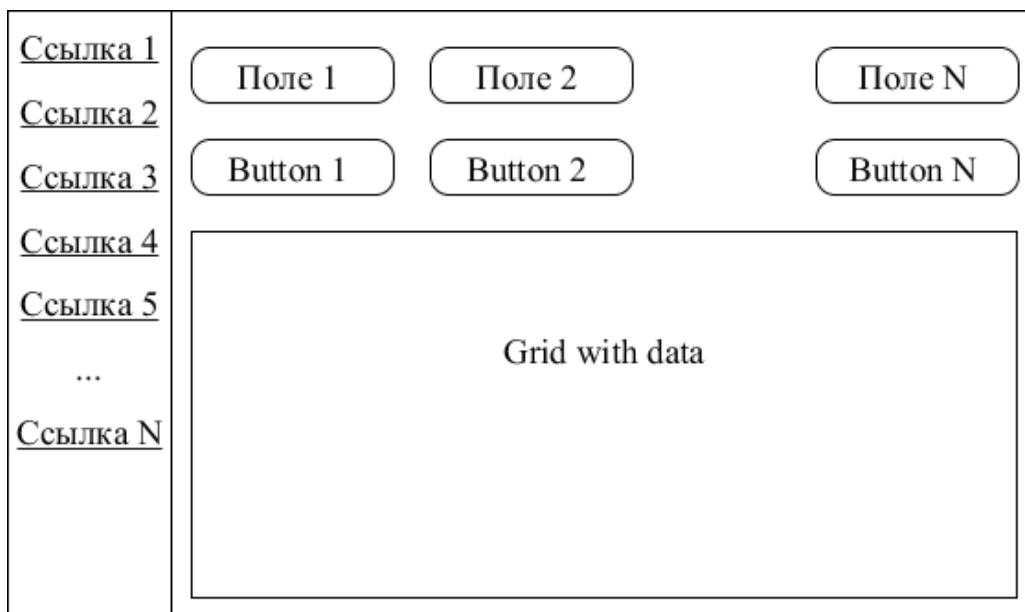


Рис. 2. Макет главной страницы веб-приложения

Для оценки времени приёмочного тестирования (T) веб-приложения (рис. 2), в процессе которого осуществляем только позитивное тестирование, предлагается следующая формула:

$$T = Q \cdot (K + N \cdot 2^M) + 1,$$

где Q – количество страниц веб-приложения, K – количество элементов на странице веб-приложения (веб-ссылки, кнопки, поля, списки, грид); N – количество групп полей, которые нужно заполнять одновременно для формирования результирующих выборок; M – количество полей в каждой группе (при условии $M = \text{constant}$). Если значения для M разные, получаем модификацию формулы:

$T = K + 2^{M_1} + 2^{M_2} + \dots + 2^{M_N} + 1$, где $M_1 \dots M_N$ – количество полей в первой, второй ... N -ной группах. Единица в обоих случаях добавляется для учёта дополнительной проверки на дефолтное состояние страницы.

Предложенный алгоритм формирования подхода к выбору метода тестирования веб-приложения может быть применен в организациях, занимающихся разработкой программного обеспечения. Отдел тестирования может являться как частью организации, так и находиться на аутсорсинге.

Список литературы

1. Джезз Хамбл, Дэвид Фарли Непрерывное развёртывание ПО: автоматизация процессов сборки, тестирования и внедрения новых версий программ. : Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. С. 32.
2. Грегори Дж., Кристин Л. Agile-тестирование. Обучающий курс для всей команды. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. С. 185.
3. Гильмуллин Т. Автоматизация и DevOps. http://forworktests.blogspot.com/2013/03/web_3.html?m=1 (дата обращения: 28.05.2019)
4. Giuseppe A. Di Lucca, Anna Rita Fasolino. Web Application Testing //Web Engineering. March 2006. PP. 219-260.
5. Автоматизация дымового тестирования в системе управления бизнес-процессами ELMA <http://getbug.ru/dymovoe-testirovanie-i-avtomatizatsiya-testovyyih-stsenariyev/> (дата обращения 28.05.2019)
6. Сергеев С. Ф. Методы тестирования и оптимизации интерфейсов информационных систем. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. С.49-56.
7. Синенко О. Применение открытых COTS-технологий в военной сфере // Военный парад, 1 (61) 2004. С. 96-97.
8. Гук Никита Инструментарий геймдизайнера: юзерстори, или как помочь игроку разобраться в новом контенте <https://dtf.ru/pixonix/38427-instrumentariy-geymdizaynera-yuzerstori-ili-kak-pomoch-igroku-razobratsya-v-novom-kontente> (дата обращения 28.05.2019)
9. Неудахин А. В. Информационная технология построения экспертной системы на основе нейросетевой модели и с распределенным вводом данных: диссертация ... канд. техн. наук. Тамбов: ТГУ, 2009. С. 165
10. Попов Э. В. и др. Статические и динамические экспертные системы. М.: Финансы и статистика, 1996. С 105.
11. Программно-аппаратный комплекс временной синхронизации «Сервер точного времени СТВ-01». <https://docplayer.ru/27356459-Programmno-apparatnyy-kompleks-vremennoy-sinhronizatsii-server-tochnogo-vremeni-stv-01.html> (дата обращения 28.05.2019)
12. Галимова Е. Ю., Коваленко А. Н. Выбор способа тестирования как решение многокритериальной задачи // «Инженерный вестник Дона», 2016, №3, <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3756>

05.13.11

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова

Саровский физико-технический институт
Национального исследовательского ядерного университета МИФИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА АППАРАТНЫХ РЕСУРСОВ

В данной работе показан анализ существующих систем автоматизированного учёта ресурсов. Представлены результаты практического сравнения двух выбранных систем. На основе личного опыта по внедрению описаны узкие места выбранных программ.

Ключевые слова: *автоматизированный учёт, администрирование, сравнительный анализ.*

В настоящее время информационные технологии находятся на самом пике развития. Любое предприятие имеет свой парк программно-аппаратных ресурсов, который время от времени нуждается в техническом обслуживании или ремонте, будь то вычислительный кластер или просто пользовательские рабочие места.

Для упрощения задач администрирования, а также для повышения скорости работы администраторов в случае непредвиденных ситуаций, необходимо вести учёт всех имеющихся на предприятии программно-аппаратных ресурсов (аппаратный состав оборудования, программный состав оборудования, лицензии, ЗИП, и т.д.).

Учёт программно-аппаратных ресурсов можно вести как вручную (внося все необходимые данные в таблицу), так и с помощью специальных программ. Учёт ресурсов вручную не требует каких-либо определённых навыков от персонала, однако, данный вариант учёта является самым долгим и неудобным как при внесении информации, так и при поиске нужной информации.

На данный момент рынок систем учёта ресурсов достаточно обширен. При первом же запросе в интернете сразу можно наткнуться на список автоматизированных систем учёта программно-аппаратных ресурсов:

- PC Control Версия 2.07A;
- КомпьюЛиб 1.7;
- HardInfo 1.0.0.0;
- КОПУС 23.02;
- БД - "Учёт компьютеров" 0.1.0;
- CompExplorer 1.5.0.0 light;
- Учет оргтехники 5.2.268 Free;
- PrintStore 1.21;
- Инвентаризация 2.0;
- AdmAssistant 1.1;
- Network Administrator 12.0.31;
- Trogon Network Inventory 2.4;
- 10-Страйк: Инвентаризация Компьютеров;
- Учет Программного Обеспечения 8.16 Free;
- ОфисМЕТРИКА 4.0;
- IT Invent 1.63;
- UltimateZip 9.0.1.51;
- Учет оборудования и ремонтов 1.37.2 .

Как не странно, большая часть данных систем основана на системе «1С-Предприятие». В целом, все предлагаемые системы являются схожими друг с другом, с одним лишь отличием, некоторые из них с открытым исходным кодом, а некоторые проприетарные.

Однако после достаточно долгих и однообразных поисков удалось найти две наиболее интересные системы автоматизированного учёта программно-аппаратных ресурсов:

- Hardware Inspector;
- GLPI.

Hardware Inspector имеет в своём функционале следующие возможности [1]:

- Детальный учёт ресурсов и лицензий;
- Учёт заявок от пользователей;
- Учёт расходных материалов;
- Наглядное дерево подразделений и рабочих мест;
- Визуализация компьютеров на поэтажных планах;
- Проведение работ по обслуживанию устройств и рабочих мест;
- Инвентаризация компьютеров;
- Аудит рабочих мест и кроссировка сети;
- Реестр документов;
- Перемещение устройств и лицензий;
- Механизмы поиска информации;
- Гибкое разграничение доступа;
- Многопользовательский доступ к базе данных;
- Возможность как ручного так и автоматизированного заполнения базы данных.

Hardware Inspector имеет очень широкий спектр возможностей, в том числе и возможность автоматизированного заполнения базы данных.

Hardware Inspector работает с отчётами таких программ как:

- AIDA64;
- ASTRA32;
- SysInfo Detector Pro;
- SysInfo Auditor.

При тестировании Hardware Inspector было выявлено, что система Hardware Inspector не умеет корректно читать отчёты AIDA64 (путает ЖД и их серийные номера, подключенные периферийные устройства по сети, распознаёт как локальные). Кроме того Hardware Inspector не является кроссплатформенной системой и поддерживает только ОС Windows.

Что касается SysInfo Detector Pro и SysInfo Auditor, данная связка пока не тестировалась.

Главным недостатком Hardware Inspector является её проприетарность. За первый год использования Hardware Inspector в связке с SysInfo Detector Pro или SysInfo Auditor придётся платить около 200 000 рублей. Дальнейшая поддержка данного ПО стоит около 15 000 р./год.

GLPI – это кроссплатформенное веб-приложение и для работы с ним необходим только доступ к серверу и браузер.

Основные возможности [2]:

- Управление заявками и обращениями пользователей;
- Инвентаризация компьютеров, сетевых устройств, периферийного оборудования, и т.д., включая их комплектующие и расходные материалы;
- Возможность автоматизации инвентаризации через интерфейс OCSInventory или FusionInventory;
- Чёткое разграничение полномочий пользователей;
- Управление лицензиями, документами и др.;
- Резервирование оборудования.
- Генератор отчетов: аппаратное обеспечение, сети, тех. поддержки и т.п., включая графики, и др.

Функциональность данной системы можно расширить при помощи набора плагинов от разработчиков GLPI или от сторонних разработчиков.

Единственным видимым минусом системы GLPI является её работа с БД MySQL. Нигде в официальных источниках не указана возможность работы системы автоматизированного

сбора ресурсов GLPI с другими БД, например, такими как PostgreSQL.

При установке GLPI на ОС Windows необходимо сначала установить приложение XAMPP [3] для управления Apache и MySQL. Запустить GLPI, включить Apache и MySQL (рисунок 1).

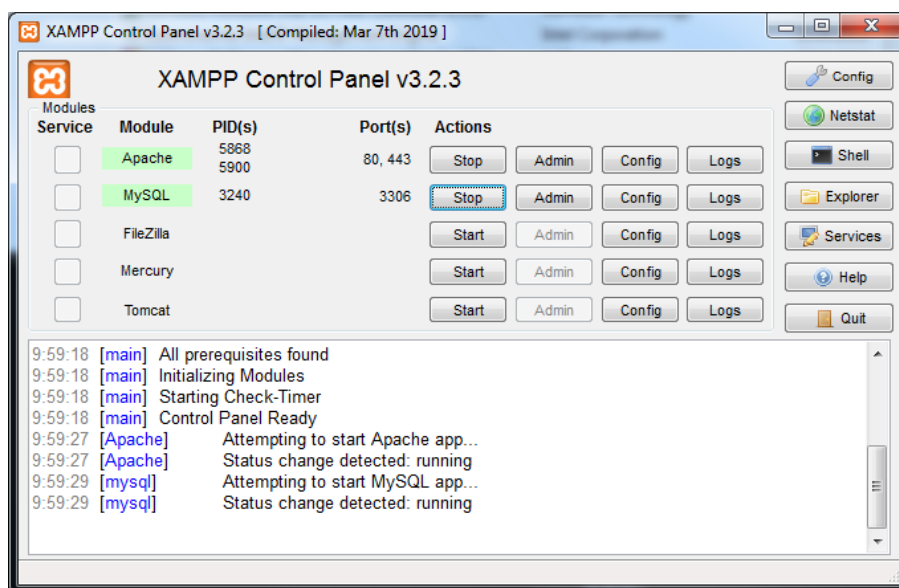


Рис. 1 – Рабочая панель XAMPP

После запуска Apache и MySQL, в папку с установленной программой XAMPP (C:\xampp\htdocs) добавить папку с установочными файлами GLPI.

При установке самой новой версии GLPI, программа требует установленных дополнительных расширений, которые можно включить в конфигурационном файле php.ini.

После установки GLPI можно добавлять заранее скачанные файлы расширения, например FusionInventory, но можно и использовать данную программу просто как базу для хранения данных, набираемых вручную (рисунок 2).

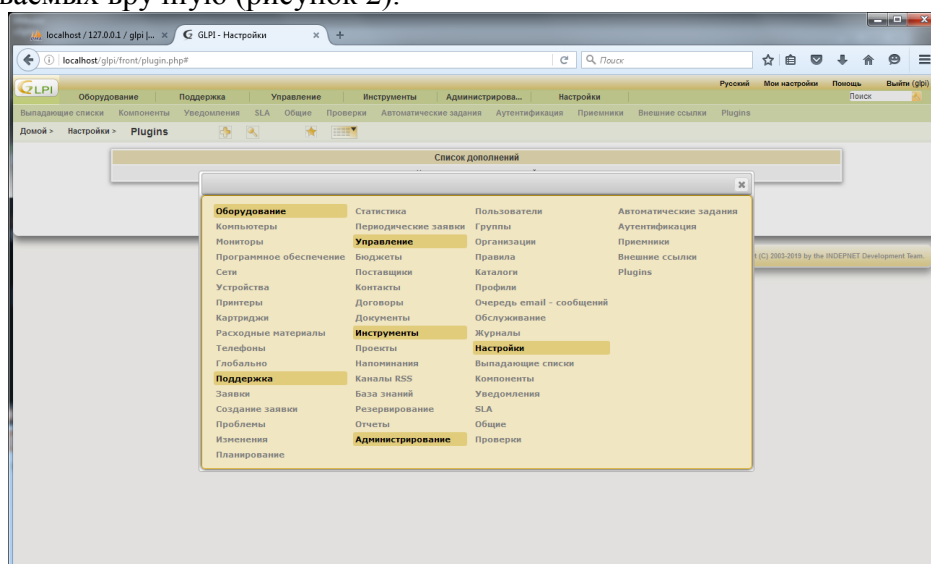


Рис. 2 – Рабочее окно GLPI

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что, если перед компанией стоит задача автоматизировать сбор информации об имеющемся оборудовании, не стоит сразу бежать и тратить несколько сотен тысяч рублей. Необходимо только чуточку усердия и побольше времени для того, чтобы найти подходящее бесплатное решение.

Список литературы

1. <http://www.hwinspector.com/> (дата обращения: 02.05.2019г.).
2. <https://glpi-project.org/> (дата обращения: 12.05.2019г.).
3. <https://xampp.ru/> (дата обращения: 13.05.2019г.).

05.13.11

З.Х. Магдиева, И.М. Орлов, М.В. Беленко

Университет ИТМО,
факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, thebeliever3@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТНОЙ РЕЧИ СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

В рамках работы было проведено исследование возможности использования систем распознавания речи людьми с дефектами речи. Обоснована необходимость поддержки распознавания речи с патологиями, а также выявлены факторы, влияющие на точность распознавания. В результате работы были обозначены способы повышения точности распознавания дефектной речи.

Ключевые слова: *распознавание речи, WER, дефектная речь, дизартрия, ASR.*

В связи со стремительным прогрессом в сфере технологий и всё ускоряющимся темпом жизни, требующим развития навыков многозадачности, становятся востребованными системы распознавания (англ. Automatic Speech Recognition – ASR) и синтеза речи, которые уже внедряются в медицинскую сферу для поддержания нормального уровня жизни пациентов с параличом и другими физическими патологиями. Кроме того, распространено использование ASR в качестве средства обеспечения безопасности, например, в области голосовой идентификации в банковском обслуживании, в противоугонных и охранных системах. Также ведутся разработки по установлению посредством ASR эмоционального и психического состояния человека, что может стать эффективным методом предотвращения вождения в состоянии опьянения.

В то же время, по данным Всемирной организации здравоохранения, только от нарушений слуха страдает более 5% всего населения, причём к 2050 г. этот показатель предположительно увеличится вдвое [1]. Невозможность полноценного слухового восприятия отрицательно сказывается на процессе формирования речи, которое, как правило, происходит посредством подражания, и её производстве из-за отсутствия должной индивидуальной оценки [2], т.е. человек не слышит, как он говорит.

Таким образом, целью данной работы является обзор существующих исследований для установления возможности использования ASR людьми с речевыми патологиями, так как дискриминирующий фактор может стать существенным препятствием на пути интеграции этих систем в различных областях. Данная тема интересовала исследователей с началом коммерциализации ASR в 1980-ых годах, однако в русскоязычном сообществе распространения пока не получила, в связи с чем рассматриваются только зарубежные работы. Точность распознавания измеряется с помощью стандартной метрики Word Error Rate (WER), которая рассчитывается по формуле:

$$WER = \frac{S + I + D}{N},$$

где S (substitutions) – количество необходимых замен, I (insertions) – вставок, D (deletions) – удалений, N – количество слов в исходном тексте.

Наиболее примечателен подход некоторых авторов к проблеме выявления эффективности ASR через их сравнение с человеческим восприятием дефектной речи. Bigham et al. [3] установили, что ASR справляется лучше людей при распознавании речи слабослышащих. Показатель WER оказался более чем в 2 раза выше для последних, 40% и 90% соответственно. Люди приблизились к показателю ASR только при выборе наиболее вероятно произнесённого предложения из 10 представленных – 33% WER. Предполагается,

что для ASR значение имеет не разборчивость речи, а её однородность, так как система сравнивает поданный сигнал со сформированными во время тренировки шаблонами и стабильность речевых характеристик в этом случае важнее. Между тем, для людей верно обратное, что и объясняет полученные результаты.

Mengistu & Rudzicz [4] пришли к противоположным выводам: люди оказались более восприимчивы к дизартричной речи в среднем на 13%, однако для одного участника ASR оказалась лучше на 5%, WER 28%. Стоит отметить, что для участника с аналогичным уровнем тяжести дизартрии ASR имеет самый низкий показатель, отличаясь от человеческого восприятия почти на 20% и на 15% от предыдущего участника. Авторы объясняют это повышенным количеством заполняющих фонем ввиду заболевания (заикания, тяжёлое дыхание и т.д.), которые, однако, практически отсутствовали в первом случае. Этот аспект объясняет противоречивость результатов различных авторов и позволяет сделать вывод о внушительном (около 15%) воздействии шума на точность ASR.

В качестве метода борьбы с негативным воздействием шума на ASR Salama et al. [5] предлагают объединить обработку аудио- и видеосигналов в одной системе, при этом отдельно выделяя зависимые (с преднастройкой на конкретного диктора), независимые (без предварительной тренировки) и адаптивные (приспосабливающиеся под диктора в процессе использования) ASR. Прирост эффективности для дикторозависимой системы в этом случае составил 2–8%, для дикторонезависимой улучшения колеблются в пределах 2–3%. Следовательно, если учесть, что уровень влияния шума составляет около 15%, нивелировать его этим способом будет проблематично.

Deng et al. [2] придерживаются другого подхода: замена акустического сигнала или сочетание традиционной ASR с интерфейсом безмолвного доступа (англ. Silent Speech Interfaces – SSI), где сенсоры крепятся на артикуляционные лицевые мышцы. Это поможет минимизировать шумовое загрязнение и даст возможность людям, потерявшим голос, использовать ASR для своих нужд. Выяснилось, что при фонации сенсорная ASR близка по точности распознавания к традиционной дикторозависимой ASR, отставание в среднем составляет 9%. Значительное ухудшение наблюдается при комбинации сенсоров и беззвучной речи – падение эффективности составляет 32% по сравнению с традиционной ASR. Авторы отмечают отсутствие звуковой обратной связи как причину, по которой участники испытывали трудности с произношением слов и быстро уставали. В свою очередь, это привело к нестабильной артикуляции. Важно отметить, что такая конфигурация всё же лучше традиционной дикторонезависимой ASR на 8%. Синтез сенсорной и традиционной ASR в среднем улучшил точность на 2% по сравнению с традиционной ASR. Локальные улучшения варьировались от 1% до 12%. Таким образом, несмотря на низкий средний показатель, интеграция сенсоров может обеспечить значительный прирост пригодности ASR для людей с дефектами речи.

Дикторозависимые ASR показывают исключительную точность (WER до 6%) [2] даже для людей с патологиями речи, но такие системы требуют тренировки посредством чтения заданных текстов. Естественно, для людей с патологиями речи это может оказаться нетривиальной задачей. Наступает усталость, которая сказывается на артикуляции. Впоследствии дикторозависимые ASR могут не “узнать” речь пользователя. Эта проблема распространяется и на другие типы ASR: диктороадаптивным системам нужно тем больше времени на адаптацию, чем более изменчива речь. В результате человек может устать, а ASR начнёт приспосабливаться под видоизменённую речь, тем самым повышая WER речи без признаков усталости. В качестве решения в этой ситуации предлагается наличие нескольких режимов работы ASR и, соответственно, акустических моделей.

Последние исследования в области распознавания дефектной речи затрагивают наиболее доступные рядовому пользователю ASR – виртуальных помощников. Ballati et al. [6; 7] установили, что наиболее приемлемым WER для страдающих дизартрией обладает Google Assistant (24,88%). WER Siri оказался недопустимо высоким – 70,89%. Microsoft Cortana показала средний результат – 39,39%. Авторы подчёркивают, что показатель правильно

распознанных предложений мог быть выше для Google Assistant на 15%, но замедленный темп речи и длительные паузы послужили для системы признаком конца обращения, так что оставшиеся слова не были обработаны. Это позволяет сделать вывод о необходимости внедрения возможности увеличить таймаут для более точного восприятия дефектной речи.

В результате аналитического обзора были сделаны выводы о необходимости улучшения шумоподавляющих механизмов, синтеза традиционных и сенсорных ASR, наличия нескольких режимов работы в зависимости от психоэмоционального состояния пользователя и увеличения продолжительности нахождения виртуальных помощников в активном состоянии для более точного распознавания дефектной речи. Результаты данной работы также могут быть полезны при анализе речевого сигнала с умышленным добавлением дефектов.

Список литературы

1. Deafness and hearing loss // WHO.INT: информ.-справочный портал. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (дата обращения 04.04.2019).
2. Deng, Y. et al. Disordered Speech Recognition Using Acoustic and sEMG Signals // Proc. of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH. – 2009. – P. 632-635.
3. Bigham, J.P. et al. On How Deaf People Might Use Speech to Control Devices // ASSETS'17. – 2017. – P. 383-384. – DOI: 10.1145/3132525.3134821.
4. Mengistu, K., Rudzicz, F. Comparing Humans and Automatic Speech Recognition Systems in Recognizing Dysarthric Speech // Advances in Artificial Intelligence. – 2011. – P. 291-300. – DOI: 10.1007/978-3-642-21043-3_36.
5. Salama, E.S., El-Khoribi, R.A., Shoman, M.E. Audio-Visual Speech Recognition for People with Speech Disorders // International Journal of Computer Applications. – 2014. – № 2 (96). – P. 51-56. DOI: 10.5120/16770-6337.
6. Ballati, F., Corno, F., De Russis, L. Assessing Virtual Assistant Capabilities with Italian Dysarthric Speech // ASSETS'18. – 2018. – P. 93-101. – DOI: 10.1145/3234695.3236354.
7. Ballati, F., Corno, F., De Russis, L. "Hey Siri, do you understand me?": Virtual Assistants and Dysarthria // Intelligent Environments. – 2018. – № 23. – P. 557-566. – DOI: 10.3233/978-1-61499-874-7-557.

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

05.13.18

¹А.И. Акимов канд. техн. наук, ²И.А. Акимов д-р техн. наук,
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),
²Оренбургский государственный педагогический университет,
физико-математический факультет,
кафедра математики и МПМ, кафедра информатики, физики и МПИФ,
Оренбург, akimovff11@mail.ru, akimov_ia@mail.ru, disideloff@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ПРИМЕРЫ ИХ РЕШЕНИЯ ТОЧНЫМИ И ПРИБЛИЖЕННЫМИ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В данной работе приводятся математические модели, точные и приближенные методы решения многослойных задач нестационарной теплопроводности в производстве композитов, изготавливаемых методом полимеризации в установках автоматического ведения технологического процесса (АВТП).

Ключевые слова: полимеризация, композиты, установка АВТП, многослойные конструкции, стеклоткани, связующие, термонапряжения, деформации.

Обзор литературы показывает, что в производстве многослойных композитов методом полимеризации, когда упругие характеристики материала в пределах каждого слоя являются постоянными возможно получить точные аналитические решения задач термоупругости для многослойных конструкций, приемлемых для соблюдения прочностных характеристик изделий.

Рассмотрим точное решение таких задач на примере задачи термоупругости для двухслойного тонкого круглого диска с центральным отверстием при осесимметричном температурном поле. Математическая постановка задачи имеет вид

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

$$\sigma_{r1}(r_1) = 0; \quad (2)$$

$$\sigma_{r1}(r_2) = \sigma_{r2}(r_2); \quad (3)$$

$$m_1(r_2) = m_2(r_2); \quad (4)$$

$$\sigma_{r2}(r_2) = 0; \quad (5)$$

где m_i – радиальное перемещение; r – координата; ν_i – коэффициент Пуассона; α_i – коэффициент линейного расширения; $u_i(r)$ – температура; σ_{ri} – напряжения в радиальном направлении.

Общий интеграл уравнения (1) имеет вид [1]

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

где C_{1i} , C_{2i} – постоянные интегрирования.

Формулы для определения радиальных и окружных напряжений имеют вид

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

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

где E – модуль Юнга (нормальной упругости).

Неизвестные постоянные C_{1i} , C_{2i} находятся из граничных условий (2), (5) (равенство нулю напряжений на границах двухслойного диска) и условий сопряжения (3), (4) (равенство напряжений и перемещений в точке контакта слоев). Подставляя (6)–(8) в (2)–(5), для определения коэффициентов C_{1i} , C_{2i} получим следующую систему алгебраических линейных уравнений

$$C_{11}P_1 - C_{21}P_2 = 0;$$

$$C_{11}P_1 + C_{21}P_2 - C_{12}P_4 + C_{22}P_5 - R_1 = 0;$$

$$C_{11}r_2 + C_{21}/r_2 - C_{12}r_2 - C_{22}/r_2 + R_2 = 0;$$

$$C_{12}P_4 - C_{22}P_6 - R_3 = 0,$$

где

$$P_1 = E_1/(1-\nu_1); P_2 = E_1/(1+\nu_1)r_1^2; P_3 = E_1/(1+\nu_1)r_2^2; R_1 = \frac{\alpha_1 E_1}{r_2^2} \cdot \int_{r_1}^{r_2} u_1(r) r dr;$$

$$P_4 = E_2/(1-\nu_2); P_5 = E_2/(1+\nu_2)r_2^2; R_2 = (1+\nu_1) \frac{\alpha_1}{r_2} \cdot \int_{r_1}^{r_2} u_1(r) r dr$$

$$R_3 = \frac{\alpha_2 E_2}{r_2^2} \cdot \int_{r_2}^{r_3} u_2(r) r dr; P_6 = E_2/(1+\nu_2)r_3^2.$$

На основе решения системы алгебраических уравнений получим коэффициенты C_{1i} , C_{2i} . Подставляя их в (6)–(8) получим напряжения и перемещения.

Если температурное поле является функцией радиального расстояния и времени $u(r, t)$, то в этом случае общая задача термоупругости в силу симметрии упрощается. Математические модели и решения таких задач приведены в работе [2].

Однако исследования термоупругих напряжений при нестационарных режимах, проведенные с помощью точных решений задач теплопроводности, в большинстве случаев приводят к сложным и громоздким аналитическим зависимостям, что иногда задерживает внедрение их в практику инженерных расчетов.

Численный эксперимент и анализ полученных результатов показали, что операции интегрирования и дифференцирования приближенных функций распределения температуры приводят к небольшим ошибкам в определении полей термоупругих напряжений. В работе [3] приводятся приближенные формулы расчета температурных напряжений в неограниченной пластине, в цилиндре и шаре.

В тех случаях, когда внешнее нестационарное температурное воздействие на тело равномерно по всей поверхности цилиндра или шара, изотермами являются цилиндрические или сферические поверхности, и поля температуры зависят только от радиуса r и времени τ . Тогда уравнение теплопроводности можно описать единой математической моделью для цилиндрической и сферической поверхностей, т.е. в виде

$$\frac{\partial u_i(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 u_i(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{m}{r} \frac{\partial u_i(r, \tau)}{\partial r} \right) + \frac{g_v(r, \tau)}{c\rho}, \quad (9)$$

где $m=1$ для цилиндрической поверхности и $m=2$ для сферической поверхности, g_v – мощность источника, c – удельная теплоемкость, ρ – плотность рассматриваемого материала.

Введем для цилиндра и шара относительный текущий радиус $\xi = r/R$ ($0 \leq \xi \leq 1$). Тогда из уравнения (9) получим

$$\frac{\partial u_i}{\partial \tau} = \frac{a}{R^2} \left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial \xi^2} + \frac{m}{\xi} \frac{\partial u_i}{\partial \xi} \right) + \frac{g_v}{c\rho}, \quad (10)$$

Вводя безразмерное время $F_0 = a\tau/R^2$ (число Фурье) получим объединенную математическую модель

$$\frac{\partial u_i}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 u_i}{\partial \xi^2} + \frac{m}{\xi} \frac{\partial u_i}{\partial \xi} + \frac{g_v(\xi, F_0)R^2}{\lambda}, \quad (11)$$

где $m=1$ для цилиндра и $m=2$ для шара, λ – теплопроводность материала, R – радиус цилиндра или шара.

Если в уравнении (11) положить $\xi = x/R$ ($-1 \leq \xi \leq 1$) и $m=0$, то получим преобразованное уравнение теплопроводности для неограниченной пластины толщиной $2R$ ($-R \leq x \leq R$)

$$\frac{\partial u_i}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + \frac{g_v(x, \tau)}{c\rho}. \quad (12)$$

Таким образом, уравнение нестационарной теплопроводности (11) объединяет три уравнения

- при $m=0$ уравнение для пластины;
- $m=1$ уравнение для цилиндра;
- $m=2$ уравнение для шара.

Это позволит нам одной математической моделью сформулировать краевую задачу нестационарной теплопроводности для трех классических тел и построить для нее единое решение.

Далее, используя объединенную математическую модель, приведем приближенные формулы расчета термических напряжений, деформаций и перемещений в неограниченной пластине толщиной $2R$ ($-R \leq x \leq R$) при известных допущениях (3) по формуле

$$\sigma_x = \frac{\beta E}{1-\nu_i} \left[\frac{1}{2} \int_{-1}^1 u_i(\xi, F_0) d\xi + \frac{3}{2} \xi \int_{-1}^1 u_i(\xi, F_0) \xi d\xi - u_i(\xi, F_0) \right]. \quad (13)$$

где $\xi = x/R$; β – коэффициент термического расширения; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости.

Введем обозначения $N_T = \beta E \int_{-1}^1 u_i(\xi, F_0) d\xi$ и $M_T = \beta E \int_{-1}^1 \xi u_i(\xi, F_0) d\xi$, тогда компонента деформации ε_x и перемещения m_x определяются через поле температуры по следующим формулам

$$\varepsilon_x = \frac{1}{2E} (N_T + 3\xi M_T); \quad m_x = \frac{x}{2E} (N_T + 3\xi M_T). \quad (14)$$

Термоупругие напряжения по радиальным и окружным направлениям для цилиндра и шара имеют вид

$$\sigma_r = \frac{m\beta E}{(m+1)(1-\nu_i)} [\tilde{u}_i(1, F_0) - \tilde{u}_i(\xi, F_0)];$$

$$\sigma_\varphi = \frac{\beta E}{(m+1)(1-\nu_i)} [m\tilde{u}_i(1, F_0) + \tilde{u}_i(\xi, F_0) - (m+1)u_i(\xi, F_0)],$$

$$\text{где } \tilde{u}_i(\xi, F_0) = \frac{m+1}{\xi^{m+1}} \int_0^\xi u_i(\xi, F_0) \xi^m d\xi, \quad 0 \leq \xi \leq 1$$

Большой интерес вызывает сравнение точных и приближенных расчетов радиальных и окружных термических напряжений внутри цилиндра или шара при остывании готового изделия, когда многослойная конструкция с постоянной температурой полимеризации

подвергается внезапному охлаждению окружающей средой (пресс-форма отключается от электрообогрева), т.к. именно в интервале охлаждения ($u_c < u_0 = 165^\circ\text{C}$ – температура полимеризации) появляются остаточные термические напряжения и деформации.

Расчеты показывают, что для $0.05 \leq F_0 \leq 0.1$ приближенные формулы дают отклонения от точных значений не более чем 10%, а для $F_0 \geq 1$ практически совпадают с точными решениями.

Список литературы

1. *Карташов Э.М.* Проблема теплового удара в области с движущейся границей на основе новых интегральных соотношений // Изв. АН, серия Энергетика. 1997, № 4, С. 122–137.
2. *Акимов И.А.* Исследование и разработка математических моделей расчетных формул теплообмена на первом этапе производства многослойных конструкций сферической формы методом полимеризации/ И.А. Акимов, В.А. Урбан// Научно-технический вестник Поволжья. – 2018, №2, С. 50-53.
3. *Цой П.В.* Методы расчета задач тепломассопереноса. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 413 с.

05.13.18

А.П. Буйнов д-р техн. наук, С.Л. Марулин, К.Н. Яковлев, А.В. Хваловский

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, byinosov@mail.ru, Ogurci-15@mail.ru, kostya_13_10@mail.ru,
antoshka456@gmail.com

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ

В статье приводится описание алгоритма построения динамических уравнений, описывающих движение колесной пары железнодорожного подвижного состава в рельсовой колее. Приводятся системы координат и их преобразование.

Ключевые слова: подвижной состав, колесо, пара, рельс, колея, движение, динамика, трансляция, уравнение, алгоритм, построение.

При выводе уравнений вращательной динамики колесной пары [1] можно было бы воспользоваться хорошо известными уравнениями Эйлера. Но, сохраняя общий алгоритм построения уравнений, рассмотрим вращательное движение колесной пары в лабораторной системе координат (рис. 1)

$$\dot{\vec{S}}^{(lab)} = \vec{K}^{(lab)}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \vec{K}_{li}^{(lab)} + \sum_{i=1}^{kr} \vec{K}_{ri}^{(lab)}, \quad (1)$$

где $\vec{S}^{(lab)}$ – момент импульса колесной пары в лабораторной системе координат; $\vec{K}^{(lab)}(t)$ – момент внешних сил, действующих на колесную пару со стороны боковых рам тележки; $\vec{K}_{li}^{(lab)}$ и $\vec{K}_{ri}^{(lab)}$ – момент сил реакции, действующих на колесную пару подвижного состава со стороны левого и правого рельса.

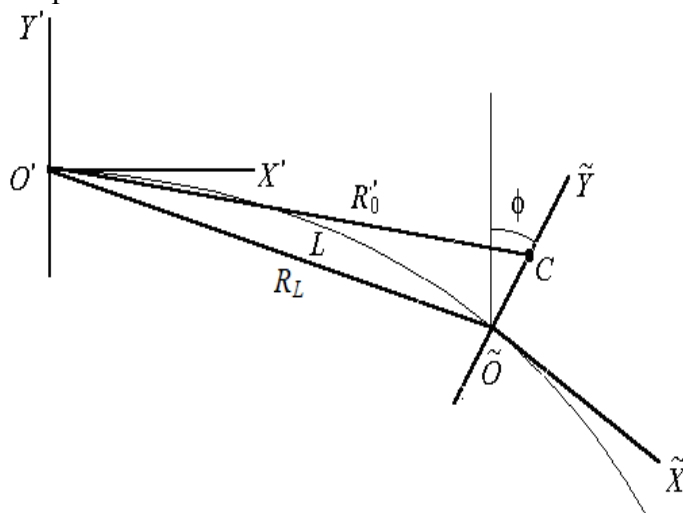


Рис. 1. Переход из лабораторной в движущуюся систему координат (*lab-move*)

Введем углы Эйлера, описывающие мгновенную ориентацию оси симметрии колесной пары $\tilde{\phi}$ и $\tilde{\gamma}$ в лабораторной системе координат. Тогда преобразование из лабораторной в систему координат, связанную с осью симметрии колесной пары (*lab-wheel*) можно представить как:

$$\vec{R}^{(lab)} = \vec{R}_0^{(lab)} + \tilde{T} \cdot \vec{R}^{(wheel)}, \quad \tilde{T} = \tilde{\Phi} \cdot \tilde{\Gamma}, \quad (2)$$

где $\vec{R}_0^{(lab)}$ – радиус-вектор центра масс колесной пары подвижного состава в лабораторной системе координат.

$$\dot{\tilde{\mathbf{S}}}^{(lab)} = \tilde{\mathbf{T}} \cdot \dot{\tilde{\mathbf{S}}}^{(wheel)} + \tilde{\mathbf{T}} \cdot \ddot{\tilde{\mathbf{S}}}^{(wheel)}. \quad (3)$$

После подстановки (3) в (1) получаем уравнение вращательного движения колесной пары в собственной системе координат

$$\dot{\tilde{\mathbf{S}}}^{(wheel)} = -\tilde{\mathbf{T}}^{-1} \cdot \ddot{\tilde{\mathbf{T}}} \cdot \tilde{\mathbf{S}}^{(wheel)} + \ddot{\mathbf{K}}^{(wheel)}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \ddot{\mathbf{K}}_{li}^{(wheel)} + \sum_{i=1}^{kr} \ddot{\mathbf{K}}_{ri}^{(wheel)}. \quad (4)$$

После достаточно простых вычислений уравнение (4) приводится к виду:

$$\begin{bmatrix} I_{\perp} \cdot \dot{\Omega}_x \\ I_{\Pi} \cdot \dot{\Omega}_y \\ I_{\perp} \cdot \dot{\Omega}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(I_{\perp} - I_{\Pi}) \cdot \Omega_z \cdot \Omega_y + I_{\perp} \cdot \Omega_z \cdot \dot{\theta} \\ (I_{\perp} - I_{\Pi}) \cdot \Omega_x \cdot \Omega_y + I_{\perp} \cdot \Omega_x \cdot \dot{\theta} \end{bmatrix} + \ddot{\mathbf{K}}^{(wheel)}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \ddot{\mathbf{K}}_{li}^{(wheel)} + \sum_{i=1}^{kr} \ddot{\mathbf{K}}_{ri}^{(wheel)}, \quad (5)$$

где I_{Π} , $I_{\perp}$ – моменты инерции колесной пары подвижного состава относительно главных осей инерции (предполагается, что колесная пара – симметрический волчок); Ω_x , Ω_y , Ω_z – угловые скорости вращения вокруг главных осей инерции; $\dot{\theta}$ – угловая частота вращения колесной пары подвижного состава вокруг оси симметрии.

При выводе уравнения (5) учтено, что выполняются следующие соотношения:

$$\Omega_x = \dot{\gamma}, \quad \Omega_y = \dot{\phi} \cdot \sin \gamma + \dot{\theta}, \quad \Omega_z = \dot{\phi} \cdot \cos \gamma. \quad (6)$$

Как и следовало ожидать, уравнения (5) являются хорошо известными уравнениями Эйлера. В [2] при анализе движения центра масс колесной пары, использовалась путевая система координат (рис. 2).

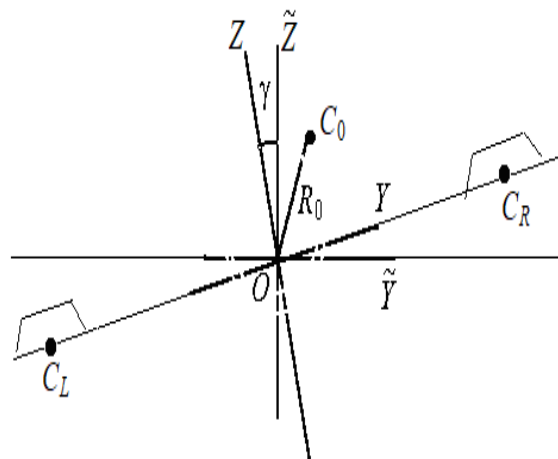


Рис. 2. Переход в путевую систему координат (*move-rail*)

Матрица перехода в новую систему координат, которую назовем путевой (*railway*) [1], может быть представлена в виде

$$\vec{\mathbf{R}}^{(move)} = \vec{\mathbf{\Gamma}} \cdot \vec{\mathbf{R}}^{(rail)}, \quad \vec{\mathbf{\Gamma}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & -\sin \gamma \\ 0 & \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Рассмотрим уравнение вращательного движения в путевой системе координат. Вывод уравнений полностью повторяет изложенную выше процедуру, но используется преобразование:

$$\vec{\mathbf{R}}^{(lab)} = \vec{\mathbf{R}}^{(L)} + \vec{\mathbf{T}} \cdot \vec{\mathbf{R}}^{(rail)}, \quad \vec{\mathbf{T}} = \vec{\mathbf{\Phi}} \cdot \vec{\mathbf{\Gamma}}. \quad (8)$$

Уравнение вращательного движения колесной пары в путевой системе координат имеет вид (здесь исключен индекс (*rail*))

$$\dot{\tilde{\mathbf{S}}} = \vec{\omega} \cdot \tilde{\mathbf{S}} + \ddot{\mathbf{K}}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \ddot{\mathbf{K}}_{li} + \sum_{i=1}^{kr} \ddot{\mathbf{K}}_{ri}, \quad \vec{\omega} = \begin{bmatrix} 0 & \dot{\phi} \cdot \cos \gamma & -\dot{\phi} \cdot \sin \gamma \\ -\dot{\phi} \cdot \cos \gamma & 0 & \dot{\gamma} \\ \dot{\phi} \cdot \sin \gamma & -\dot{\gamma} & 0 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где $\tilde{\mathbf{S}}$ – момент импульса в путевой системе координат.

Вращательное движение колесной пары в путевой системе координат можно представить как суперпозицию:

- а) вращения вокруг оси симметрии с угловой скоростью $\dot{\theta}$;
- б) поворота вокруг оси $OZ^{(rail)}$ на угол $\Delta\phi$;
- в) поворота вокруг оси $OX^{(rail)}$ на угол $\Delta\gamma$.

Считая, что углы $\Delta\phi$ и $\Delta\gamma$ малы [3], матрицу преобразования момента импульса колесной пары из путевой в собственную систему координат можно представить в виде:

$$\vec{1} + \Delta\vec{T} = \vec{1} + \begin{bmatrix} 0 & -\Delta\phi & 0 \\ \Delta\phi & 0 & -\Delta\gamma \\ 0 & \Delta\gamma & 0 \end{bmatrix} + O^2(\Delta\phi, \Delta\gamma). \quad (10)$$

Момент импульса в путевой системе координат выражается через момент импульса с собственной системе координат следующей формулой:

$$\vec{S} = (\vec{1} + \Delta\vec{T}) \cdot \vec{I} \cdot \vec{\Omega}, \quad (11)$$

где $\vec{\Omega}$ – угловая скорость в собственной системе координат [4].

Подставляя (11) в (9), получаем уравнение вращательного движения колесной пары с точностью до линейных членов по $\Delta\vec{T}$

$$\vec{1} \cdot \dot{\vec{\Omega}} = (\ddot{\omega} - \Delta\dot{\vec{T}} + [\ddot{\omega}, \Delta\vec{T}]) \cdot \vec{I} \cdot \vec{\Omega} + (\vec{1} - \Delta\vec{T}) \cdot \left\{ \vec{K}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \vec{K}_{li} + \sum_{i=1}^{kr} \vec{K}_{ri} \right\}, \quad \vec{I} = \begin{bmatrix} I_{\perp} & 0 & 0 \\ 0 & I_{\Pi} & 0 \\ 0 & 0 & I_{\perp} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

При интегрировании уравнения (12) воспользуемся теорией возмущения по малому слагаемому $\Delta\vec{T}$

$$\vec{\Omega} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^m \cdot \vec{\Omega}^{(m)}, \quad \Delta\vec{T} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^{m+1} \cdot \Delta\vec{T}^{(m)}, \quad \vec{K}_{l(r)i} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^m \cdot \vec{K}_{l(r)i}^{(m)}. \quad (13)$$

Подставляя (34) в (33), получаем окончательные уравнения вращательного движения колесной пары в нулевом и первом приближении:

$$\vec{I} \cdot \dot{\vec{\Omega}}^{(0)} = \ddot{\omega} \cdot \vec{I} \cdot \vec{\Omega}^{(0)} + \vec{K}(t) + \sum_{i=1}^{kl} \vec{K}_{li}^{(0)} + \sum_{i=1}^{kr} \vec{K}_{ri}^{(0)}, \quad (14)$$

$$\vec{I} \cdot \dot{\vec{\Omega}}^{(1)} = \ddot{\omega} \cdot \vec{I} \cdot \vec{\Omega}^{(1)} - \left(\Delta\dot{\vec{T}}^{(0)} - [\ddot{\omega}, \Delta\vec{T}^{(0)}] \right) \cdot \vec{I} \cdot \vec{\Omega}^{(0)} - \Delta\vec{T}^{(0)} \cdot \vec{K}(t) - \Delta\vec{T}^{(0)} \cdot \left(\sum_{i=1}^{kl} \vec{K}_{li}^{(0)} + \sum_{i=1}^{kr} \vec{K}_{ri}^{(0)} \right). \quad (15)$$

Полученные динамические уравнения должны быть дополнены решением задачи динамического контакта.

Список литературы

1. Буйносов А.П. Алгоритм построения уравнений трансляционной динамики движения колесной пары в рельсовой колее // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 3. С. 87-90.
2. Буйносов А.П., Марулин С.Л. Результаты моделирования упрочнения деталей локомотивов при термической обработке // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 9. С. 51-54.
3. Наговицын В.С., Буйносов А.П. Разработка алгоритма поиска критических узлов железнодорожного подвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 4. С. 153-156.
4. Буйносов А.П., Динисламов А.Р. Выбор метода неразрушающего контроля термоупрочненных деталей механической части электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 1. С. 50-52.

05.13.18

Е.Б. Волков, Р.М. Хусаинов канд. техн. наук, С.Ю. Юрасов канд. техн. наук

Набережночелнинский институт Казанского Федерального университета.
автомобильное отделение,
кафедра конструкторско-технологического обеспечения
машиностроительных производств,
Набережные Челны, volkeug@yandex.ru, rmh@inbox.ru, arcsonixx@mail.ru.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Представлена математическая модель для оценки показателей точности нарезаемого колеса в зависимости от первичных погрешностей технологической системы. Модель основана на матрицах преобразования координат, матрицах вариаций и рассмотрении отклонений базовой и реальной поверхностей. Методика позволяет оценить возможности технологической системы по достижению заданной точности.

Ключевые слова: математическая модель, геометрические погрешности, кинематические погрешности, зубофрезерование.

Основной целью математического моделирования технологических систем является оценка их работоспособности, а также возможности обеспечения ими заданных параметров [1]. При рассмотрении процессов обработки зубчатых колес, особенно по методу обката, на первое место выступает проблема оценки выходной точности технологической системы [2]. Эта проблема обостряется тем, что трудно выявить однозначную корреляцию между геометрическими и кинематическими погрешностями технологической системы, и показателями точности обрабатываемого колеса. Для решения этой задачи необходимо применить непосредственное математическое моделирование образования погрешностей [3].

Формообразование поверхности можно представить как преобразование движений инструмента через соответствующие координатные матрицы элементов технологической системы [4]. Матрица-столбец, описывающая идеальную обрабатываемую поверхность, запишется в виде:

$$r_z = A^C \cdot A^X \cdot A^Z \cdot A^A \cdot A^B \cdot r_u \quad (1),$$

где r_z - вектор координат идеальной (номинальной) поверхности заготовки; A^C - матрица преобразования от вращения заготовки вокруг своей оси; A^X - матрица преобразования по координате X (расстояние между осью инструмента и заготовкой); A^Z - матрица преобразования по координате Z (продольное движение фрезы); A^A - матрица преобразования от поворота фрезы вокруг оси X ; A^B - матрица преобразования от вращения инструмента вокруг своей оси; r_u - вектор координат поверхности режущего инструмента [5].

Рассчитав произведение вышеперечисленных матриц, получаем вектор идеальной поверхности:

$$r_z = \begin{bmatrix} X \cdot \cos(C) - r_b \cdot \sin(C) - C \cdot i \cdot r_b \cos(C) \\ r_b \cdot \cos(C) + X \cdot \sin(C) - C \cdot i \cdot r_b \sin(C) \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2),$$

где X - расстояние между осями фрезы и заготовки в горизонтальной плоскости, C - текущий угол поворота заготовки, r_b - радиус основной окружности заготовки, i - отношение между числом зубьев заготовки и числом заходов червячной фрезы, z - текущая координата перемещения фрезы.

Во время работы на станок действует множество геометрических, силовых, температурных факторов. Это приводит к нарушению относительного положения и перемещения узлов станка, в том числе и рабочих органов. Вследствие этого реальные координаты точки обрабатываемой поверхности оказываются отличающимися от положения, заданного уравнением (2). Моделирование результирующей погрешности на выходе станка производится путем добавления в уравнение идеальной поверхности матриц, описывающих погрешности каждого элемента станка.

Погрешности, получаемые при формировании зубчатого колеса можно рассматривать как погрешности формы и расположения эвольвентной поверхности. Для их определения необходимо определить базовую поверхность q_0 и сформировать вектор размерных параметров этой поверхности. Свойства эвольвенты достаточно полно определяются одним параметром – диаметром базовой окружности, для удобства расчетов сведем его к параметру радиуса базовой окружности r_b .

Смещение радиуса базовой окружности заготовки Δr_b определяется как сумма векторов погрешности от положения и размеров [4]:

$$\Delta r_b = \varepsilon_b \cdot r_0 + dr_0 \quad (3),$$

где ε_b – матрица погрешности расположения системы координат, связанной с базовой поверхностью, относительно системы, в которой задано уравнение. Компоненты этой матрицы являются малыми смещениями системы координат базовой поверхности относительно системы координат номинальной поверхности по соответствующим осям.

dr_0 – полный дифференциал радиуса-вектора r_0 , взятый по составляющим вектора q_0 размерных параметров поверхности:

Ввиду малости значения погрешностей положения подвижных узлов в формообразующей системе станка, Δr_b есть полный дифференциал r_b по составляющим вектора q , и поэтому формулу (3) можно представить в виде:

$$\Delta r_b = G \cdot \Delta q \quad (4),$$

где G – матрица 4-го порядка, составленная из матриц-столбцов частных производных $\frac{\partial r_b}{\partial q_i}$, Δq – вектор погрешностей положения и размера обрабатываемой поверхности.

Составляющие вектора Δq можно найти из матричного уравнения [4]:

$$\Delta q = \frac{d}{H} \quad (5),$$

где H – матрица 4-го порядка с элементами h_{ji} :

$$h_{ji} = \int_0^C \int_0^Z f_j f_i n dz dC \quad (6),$$

f_j, f_i – j -я и i -я координаты вектора f нормальных передаточных коэффициентов. Вектор нормальных передаточных коэффициентов:

$$f(z, C) = G^T \cdot n \quad (7).$$

d – матрица-столбец, определяется согласно выражению:

$$d(z, C) = \begin{bmatrix} \int_0^C \int_0^Z f(z, C)_0 \cdot \Delta r n(z, C) dz dC \\ \int_0^C \int_0^Z f(z, C)_1 \cdot \Delta r n(z, C) dz dC \\ \int_0^C \int_0^Z f(z, C)_2 \cdot \Delta r n(z, C) dz dC \\ \int_0^C \int_0^Z f(z, C)_3 \cdot \Delta r n(z, C) dz dC \end{bmatrix} \quad (8).$$

n – вектор нормали к обрабатываемой поверхности [6].

Δr_n – проекция вектора Δr выходной погрешности станка на нормаль к эвольвентной поверхности:

$$\Delta r n(z, C) = \Delta r(z, C)^T \cdot n \quad (9).$$

Исходя из рассчитанных величин, определяем вектор Δq отклонений базовой поверхности относительно номинальной [4]:

$$\Delta q(z, C) = H^{-1} \cdot d(z, C) \quad (10).$$

В данном случае вектор Δq состоит из следующих компонент:

$$\Delta q = \begin{bmatrix} \delta C_b \\ \delta B_b \\ \delta A_b \\ \delta r_b \end{bmatrix} \quad (11),$$

где δC_b – угловая составляющая погрешности по оси вращения, δA_b – составляющая погрешности, характеризующая отклонение линии зуба, δB_b – составляющая погрешности, характеризующая конусность зуба, δr_b – отклонение радиуса основной окружности.

Было выполнено моделирование при настройке станка на зубофрезерование колеса с модулем 4,15 мм, и числом зубьев 32, углом профиля 20 градусов. Фреза была выбрана однозаходная по классу точности AA и числом зубьев 12, с левым направлением зубьев с углом подъема витков 2,5 градуса.

Согласно (12) было определено изменение радиуса-вектора погрешности относительно номинальной поверхности. График изменения этой величины представлен на рис. 1.

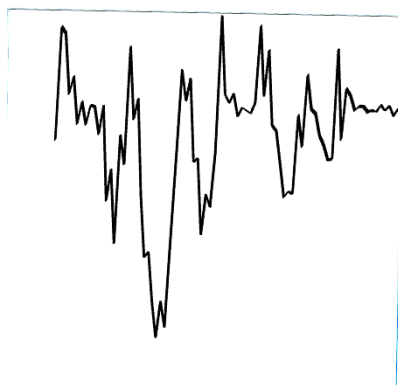


Рис. 1 – График погрешности зубчатого колеса

Как можно видеть из этого рисунка, на поверхности заготовки отображаются циклические погрешности элементов кинематической цепи станка.

По результатам расчета компоненты вектора (11) имеют следующие значения:

$$\Delta q = \begin{bmatrix} 7,362 \cdot 10^{-8} \\ 4,341 \cdot 10^{-5} \\ -3,588 \cdot 10^{-5} \\ -0.011 \end{bmatrix} \quad (12).$$

На основании расчета можно сделать вывод, что угловая кинематической погрешность в пределах одного зуба колеса не превышает $7,362 \cdot 10^{-8}$ рад.

Отклонение линии зуба можно оценить, используя второй компонент вектора (12):

$$F_{\beta} = \Delta q_2 \cdot B = 0,001 \text{ MM} \quad (13),$$

где B - ширина зубчатого венца.

Конусность зуба можно оценить, используя третий компонент вектора (12):

$$F_{\alpha} = \Delta q_3 \cdot B = -0,001 \text{ MM} \quad (14).$$

Заключение. Таким образом, с помощью рассматриваемой математической модели можно рассчитать отклонение реальной поверхности нарезаемого зубчатого колеса от номинальной с учетом первичных погрешностей технологической системы.

Список литературы

1. Лаврентьева М.В., Говорков А.С., Карлина Ю.И. Сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки высокоточного производства с использованием экспертной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – Т.56, №4. С. 50.
2. Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Хафизов И.И. Повышение эффективности обработки зубчатых венцов косозубых зубчатых колес на этапе конструкторской подготовки производства // В сборнике: Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2018 (МНТК "ИМТОМ-2018") Материалы IX Международной научно-технической конференции. 2018. С. 384.
3. Балабанов И.П. Разработка системы моделирования формирования отклонений совокупности показателей точности для токарных операций. Курск, 2019. С. 58.
4. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986. – С. 210.
5. Головкин А.Н. Применение инструментов червячного типа для чистовой обработки зубьев зубчатых колес // В сборнике: Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2017 (МНТК "ИМТОМ-2017") Материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2017. С. 309.
6. Рябов Е.А., Юрасов С.Ю., Кондрашов А.Г. Создание модели червячной зуборезной фрезы с использованием эквивалентной зубчатой рейки // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2017. Т. 20. № 2. С. 82.

05.13.18

В.К. Ионычев канд. физ.- мат.наук, А.А. Шестеркина

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

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ В АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ ПЛАВНЫХ $p - n$ -ПЕРЕХОДАХ

Проведен численный расчет области ионизации в плавных арсенидгаллиевых $p - n$ -переходах с линейным распределением легирующей примеси в диапазоне пробивных напряжений 15 – 6000 В. При расчете использовались коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок, которые в настоящее время считаются наиболее точными и пригодными в широком диапазоне электрических полей. Получены уточненные значения степени ограничения толщин слаболегированных областей, до которых можно использовать аналитическую формулу для расчета напряжении пробоя плавного $p^+ - p - n - n^+$ -перехода.

Ключевые слова: лавинный пробой, $p - n$ -переход, ударная ионизация, область ионизации, напряжение пробоя, коэффициент ионизации.

Ударная ионизация происходит в ограниченной части области объемного заряда $p - n$ -перехода, вблизи плоскости с максимальным значением напряженности электрического поля – это так называемая область умножения или область ионизации [1]. Она непосредственно входит в расчетные формулы для сопротивления пространственного заряда, ее знание необходимо при исследованиях глубоких центров по задержке микроплазменного пробоя $p - n$ -перехода [2–4], для определения критерия применимости аналитического выражения для расчета напряжения лавинного пробоя $p^+ - p - n - n^+$ -структуры. По разным литературным источникам имеется значительный разброс в значениях этой величины.

Целью работы является определение области эффективной ионизации в арсенидгаллиевых плавных (линейных) $p - n$ -переходах в широком диапазоне пробивных напряжений.

Основным параметром, характеризующим интенсивность ионизации, является коэффициент ионизации носителей заряда α . Зависимость коэффициентов ионизации от напряженности электрического поля описывается выражением, считающимся наиболее точным и пригодными в широком диапазоне полей [5]

$$\alpha\lambda_R = \frac{1}{c} \exp \left[a - \left(a^2 + c^2 \right)^{0.5} \right], \quad (1)$$

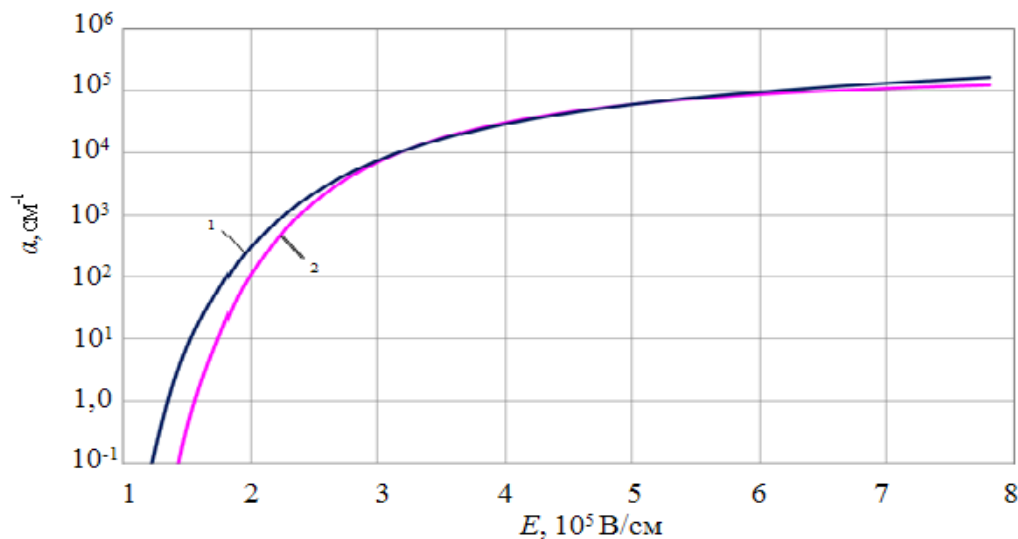
$$c = \frac{E_i}{eE\lambda_R}; \quad a = 0.217 \left(\frac{E_i}{\langle E_R \rangle} \right)^{1.14},$$

где E_i – пороговая энергия ионизации, E_R – энергия оптического фонона, λ_R – средняя длина свободного пробега носителей при рассеянии на оптических фононах, E – напряженность электрического поля.

В формулу (1) входят два подгоночных параметра: E_i и λ_R , и оптимальным их подбором можно добиться наибольшего совпадения в описании α по формуле (1) и по формуле

$$\alpha(E) = A \exp \left[g - \left(g^2 + \left(\frac{b}{E} \right)^2 \right)^{0.5} \right], \quad (2)$$

где $A = 0.245 \cdot 10^6 \text{ см}^{-1}$, $b = 6.65 \cdot 10^6 \text{ В/см}$, $g = 57.6$, которая считается наиболее достоверной для арсенидгаллиевых $p-n$ -переходов в диапазоне умеренных полей [6]. Считается, что в арсениде галлия коэффициенты ударной ионизации для электронов и для дырок одинаковы. На рис. 1 приведены расчетные зависимости коэффициентов ионизации от напряженности электрического поля при $T=300 \text{ К}$. Кривая 1 построена при следующих значениях параметров: $E_g(300\text{К}) = 1.43 \text{ эВ}$; $E_i = 3/2 E_g = 2.14 \text{ эВ}$; $\langle E_R \rangle = E_R^{th} \frac{E_R}{2kT}$; $\lambda_R = \lambda_0^{th} \frac{E_R}{2kT}$, $\lambda_0 = 40 \text{ А}$; $E_R = 0.036 \text{ эВ}$;



1 – по формуле (1); 2 – по формуле (2)

Рис. 1. – Зависимость коэффициентов ионизации от напряженности электрического поля в арсенидгаллиевом $p-n$ -переходе.

Как видно, в диапазоне полей от $3 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^5 \text{ В/см}$ наблюдается хорошее соответствие между зависимостями 1 и 2, однако, особенно в слабых полях ($E < 3 \cdot 10^5 \text{ В/см}$), различие становится значительным.

На рис. 2 приведено распределение напряженности электрического поля в области пространственного заряда (ОПЗ) плавного $p-n$ -перехода. Оно изменяется от координаты по закону квадратичной параболы.

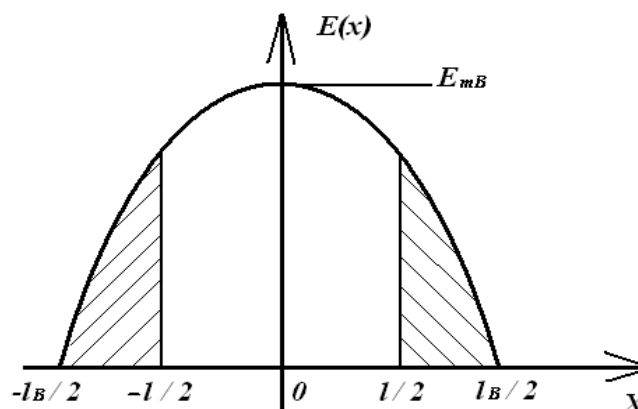


Рис. 2. – Распределение напряженности электрического поля в ОПЗ плавного $p-n$ -перехода.

Если при введении сильнолегированного слоя распределение примеси в области ионизации не изменяется, то лавинный пробой $p-n$ - перехода будет происходить при том же значении максимального поля, что и без ограничения расширения ОПЗ. Из рисунка видно, что напряжение лавинного пробоя плавного $p-n$ -перехода с ограничением ОПЗ сильно легированными p^+ - и n^+ - слоями меньше напряжения пробоя без ограничения на величину площади двух заштрихованных треугольников. Получено следующее выражение для расчета напряжения лавинного пробоя плавного $p-n$ - перехода с ограничением ОПЗ при пробое:

$$U_{B \text{ оgran}} = U_{B0} \frac{l}{2L_B} \left(3 - \left(\frac{l}{L_B} \right)^2 \right). \quad (3)$$

Алгоритм определения ширины области ионизации основан на расчете зависимости напряжения пробоя $p^+ - p - n - n^+$ - структуры от толщины умеренно легированной области и имеет ниже приведенный вид:

а) задается градиент концентрации примеси a ;

б) в первом приближении рассчитываются напряжение пробоя U_B и ширина области объемного заряда при пробое L_B плавного перехода; в) рассчитывается напряженность поля в плавном $p-n$ -переходе по формуле

$$E(x) = \frac{3}{2} \frac{U}{L_B} \left[1 - \left(\frac{2x}{L_B} \right)^2 \right];$$

г) рассчитывается коэффициент ударной ионизации электронов и дырок по формуле (1) или (2);

д) вычисляется ионизационный интеграл для данного напряжения пробоя

$$J = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \alpha_n \exp \left[- \int_{-\frac{L}{2}}^x (\alpha_n - \alpha_p) dx' \right] dx;$$

е) если $J > 1$, то значение U уменьшается: $U = U - \Delta U$, если $J < 1$, то U увеличивается: $U = U + \Delta U$. Эта процедура повторяется до тех пор, пока J не станет равной 1 с заданной точностью. Напряжение U , при котором $J = 1$ является напряжением пробоя плавного $p-n$ -перехода $U_{B0} = U$;

ж) задается первое значение $l \leq L_B$ и по аналитической формуле (3), справедливой пока сильнолегированные области не затрагивают область ионизации, рассчитывается напряжение лавинного пробоя $U_{p^+-p-n-n^+}^{(анал.)}$ структуры;

и) рассчитывается напряжение прокола плавного $p-n$ -перехода

$$U_p = \frac{ea}{12\varepsilon} l^3;$$

к) рассчитывается напряжение пробоя $p^+ - p - n - n^+$ -структуры по условию

$$\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \alpha_n \exp \left[- \int_{-\frac{l}{2}}^x (\alpha_n - \alpha_p) dx' \right] dx = 1,$$

где в качестве первого приближения для U берется $U_{p^+-p-n-n^+}^{(анал.)}$, а $E(x)$ рассчитывается по формуле

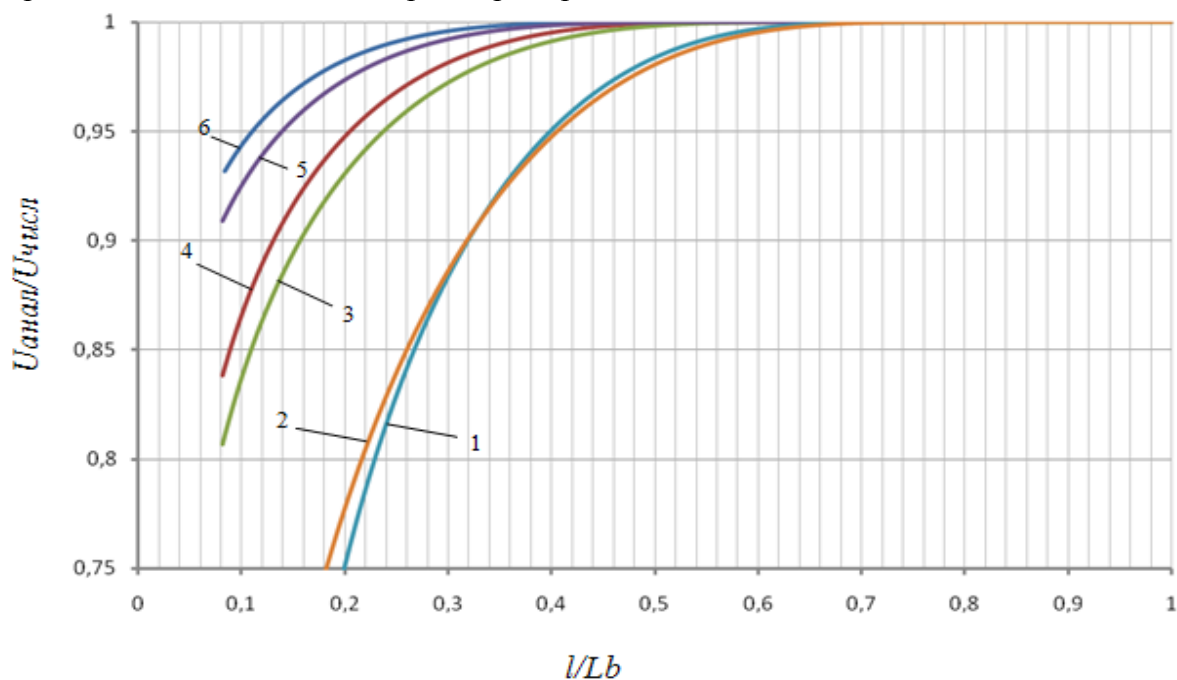
$$E(x) = \frac{2U + U_p}{2l} - \frac{ea}{2\varepsilon} x^2;$$

л) напряжение, при котором ионизационный интеграл J равен 1 будет напряжением пробоя $p^+-p-n-n^+$ -структуры $U_{p^+-p-n-n^+}^{(числ.)}$;

м) рассчитываем $U_{p^+-p-n-n^+}^{(числ.)}$ для различных значений l ;

н) анализ зависимостей $U_{p^+-p-n-n^+}^{(числ.)}$ и $U_{p^+-p-n-n^+}^{(анал.)}$ от l , при которой $U_{p^+-p-n-n^+}^{(числ.)}$ и $U_{p^+-p-n-n^+}^{(анал.)}$ отличаются не более чем на заданную величину дает ширину области ионизации l_i .

На рис. 3 представлены результаты аналитического и численного расчета напряжения лавинного пробоя от ширины умеренно легированной области в $p^+-p-n-n^+$ -структуре. Градиент концентрации легирующей примеси изменялся от $5 \cdot 10^{15}$ до $5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-4}$, что соответствовало напряжению лавинного пробоя плавного $p-n$ -перехода без ограничения расширения области объемного заряда примерно от 15 до 6000 В.

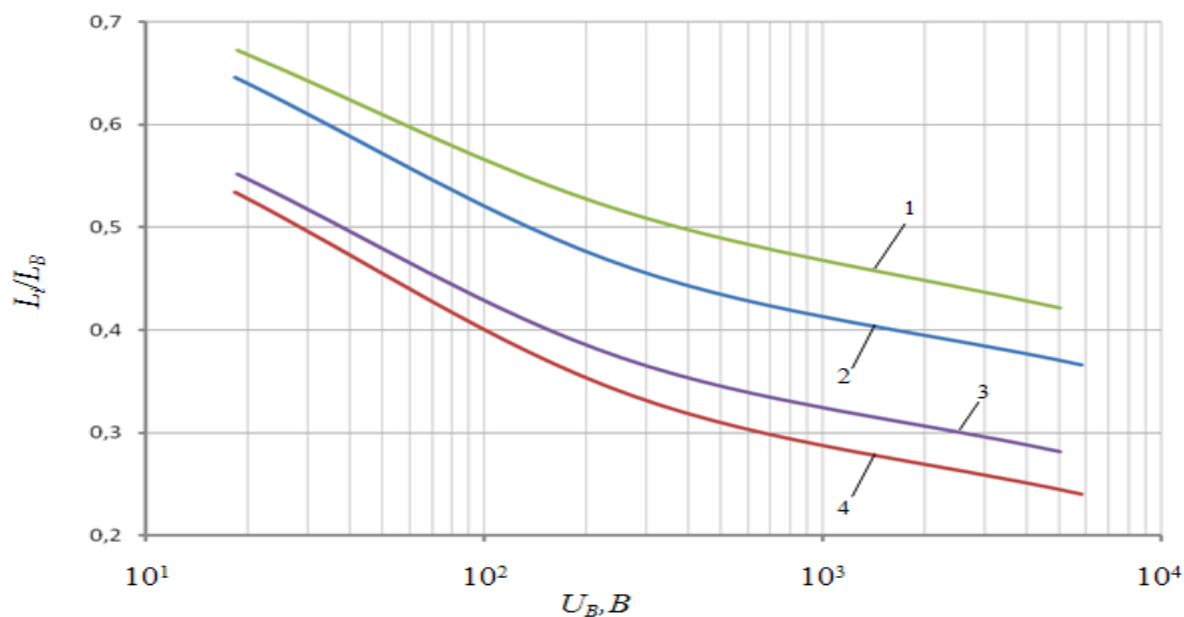


a - по формуле (2): $1-a = 5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-4}$, $3-a = 1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-4}$, $5-a = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-4}$;

a - по формуле (1): $2-a = 5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-4}$, $4-a = 1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-4}$, $6-a = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-4}$.

Рис. 3. Зависимость напряжения лавинного пробоя $p^+-p-n-n^+$ -структуры от ширины умеренно легированной области

Выбран критерий, по которому определяется значение эффективной области ионизации. На рис. 4 представлены зависимости ширины области ионизации от напряжения пробоя для плавных $p-n$ -переходов для критериев 0,1 %, 1 %.



α - по формуле (1): 1 – критерий 0,1 %, 3 – критерий 1 %;
 α - по формуле (2): 2 – критерий 0,1 %, 4 – критерий 1 %.

Рис. 4. Зависимости ширины области ионизации от напряжения пробоя для плавных p^+-p-n переходов для критериев 0,1%, 1%

Как следует из представленных зависимостей, области ионизации, определенные по этим критериям, заметно различаются. Это свидетельствует о том, что граница между областью ионизации и областями пролета достаточно размыта. Ширина области ионизации больше: в низковольтных переходах по сравнению с высоковольтными; при использовании более точного выражения для коэффициентов ионизации и это соотношение увеличивается с ростом напряжения пробоя.

Список литературы

1. Грехов И.В., Серезжкин Ю.Н. Лавинный пробой $p-n$ -перехода в полупроводниках. Л.: Энергия, 1980. – 152 с.
2. Булярский С.В., Серезжкин Ю.Н., Ионычев В. К. Определение параметров глубоких уровней по релаксационной задержке пробоя $p-n$ -перехода // ФТП. –т. 33, вып. 4. –1999. – С. 494 – 497.
3. Ионычев В.К., Шестеркина А.А. Влияние глубоких центров на статистическую задержку микроплазменного пробоя в арсенидгаллиевых светодиодах // ФТП. –т. 52, вып. 8. – 2018. – С. 944 – 948.
4. Ionychev V. K., Shesterkina A. A. A study of deep centers in microplasma channels in GaP light-emitting diodes with green-emission spectrum // Semiconductors. 2017. –V. 51, № 3. – P. 370 – 373.
5. Okyto Y., Crowell C.R. Energy-conservations in the characterization of impact ionization in semiconductors. // Phys. Rev. –1972. – Vol. B6. – P. 3076 – 3081.
6. Кюрегян А.С., Юрков С.Н. Напряжение лавинного пробоя $p-n$ -переходов на основе Si, Ge, SiC, GaAs, GaP и InP при комнатной температуре // ФТП.– т. 23, вып. 10. – 1989. – С.1819 – 1827.

05.13.18

Н.И. Корсунов, А.В. Ломакин

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
кафедра математического и программного обеспечения информационных систем,
korsunov@intbel.ru, lomakin_a@bsu.edu.ru

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Предложена архитектура нейронной сети для решения уравнений математической физики. Разработаны нейроуравнения. Показано на примере уравнений Навье-Стокса и Пуассона, что на основе данной нейронной сети возможно получение решения уравнений математической физики.

Ключевые слова: *нейронная сеть; уравнения математической физики; нейроуравнения.*

В настоящее время сеточные методы часто используются для численного решения дифференциальных уравнений, но у данного класса методов проявляются определенные недостатки. Это связано с получением для конкретных расчетов сверхбольших систем уравнений, относящихся к классу линейных алгебраических. Рассмотрим с данных позиций схему решения дифференциального уравнения второго порядка эллиптического типа. Примером такого уравнения является стационарное уравнение теплопроводности или диффузии. Полученная для трехмерного случая система уравнений вызовет при решении сеточными методами построение матрицы размерностью, определяемой произведением соответствующих величин по осям $i*j*k$ (где i, j, k — количество узлов сетки вдоль координатных осей), что в итоге приведет к значительному числу арифметических операций, достигающего величины 10^{14} . При необходимости повышения точности вычислений необходимо увеличить разрешение сетки. Так для повышения точности еще в десять раз время решения увеличится на значительную величину, что неприемлемо даже при условии решения задачи на современных суперкомпьютерах [1].

Таким образом, мы приходим к выводу об актуальности сокращения временных затрат при определении численного решения рассматриваемого класса дифференциальных уравнений за счет распараллеливания вычислений [2]. Как правило, в данном случае разрабатывают алгоритмы параллельных вычислений, узко ориентированные на каждый конкретный вариант расчетов, что неизбежно приводит к построению большого числа разрозненных узкоспециализированных программ. Предлагаемый в статье подход основан на использовании нейронных сетей. После построения нейронной сети соответствующей архитектуры нет необходимости разработки и отладки достаточно сложных параллельных алгоритмов. Это обусловлено тем, что модели, основанные на аппарате нейронных сетей, уже изначально содержат в себе параллельные ветви. Ранее нами рассмотрен подход к численному решению уравнения Лапласа, основанный на нейронной сети ячеистой структуры [3,4].

В некоторой замкнутой области Ω определим N узлов с координатами $r_1, \dots, r_n$. Данные узлы дискретизации формируют n -мерную однородную прямоугольную сетку, имеющую шаг h_i по i -й координате. Временной промежуток разделим на m одинаковых отрезков длиной τ .

Определим структуру предлагаемой нейронной сети в виде m прилегающих друг к другу слоев, соответствующих определенному моменту времени. Каждый слой представлен набором нейронов в виде n -мерной прямоугольной решетки, при этом заданы линейные функции активации нейронов $f(x) = x$.

Зададим координаты отдельные нейронов внутри отдельного слоя в виде $(r_1, \dots, r_n)$. При этом можно определить координаты узла дискретизации для рассматриваемых нейронов как

$(r_1 h_1, \dots, r_n h_n)$. Слою i , $i \in (0, m-1)$ соответствует аналогичный момент времени, обозначаемый it . Для каждого нейрона определим число связей. Количество связей с находящимися рядом нейронами внутри слоя равно $2n$. Кроме этого имеется одна обратная связь, а также две связи с нейронами, имеющих аналогичный номер в предыдущем и последующем слоях. Очевидно, что у нейронов первого и последнего слоя будут отсутствовать соответственно связи с нейронами нижнего и верхнего уровня.

Введем дополнительные обозначения для нейронов определенной ранее нейросети: $L(x, i)$ - нейрон в слое i с координатами $\bar{x}$ внутри слоя; $P(i, j)$ и $S(i, j)$ - нейроны, соответственно, предшествующего или последующего i -му по j -й координате; f_i - выходное значение i -го нейрона; $B(i)$ - множество нейронов, соседствующих с нейроном i .

Определим веса связей, которые будут использоваться в сети для решения уравнения Навье-Стокса, имеющего вид:

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} = x - \frac{1}{p} \frac{\partial g}{\partial x} + v \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \quad (1)$$

или, в конечных разностях:

$$\frac{v_{i,k+1} - v_{i,k}}{\tau} = x_{i+1} - h - \frac{g_{i+1,k} - g_{i,k}}{ph} + v_{i,k} \frac{v_{i-1,k} - 2v_{i,k} + v_{i+1,k}}{h^2} \quad (2)$$

Выберем веса обратной связи:

Выберем вес обратной связи

$$w_{ii} = b - \frac{1-b}{k_i k_i} \quad , \quad (3)$$

вес связи между нейронами одного слоя

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1-b}{k_j} \cdot \frac{2k_i}{k_i + k_j}, & i \in B(j) \\ 0, & i \notin B(j) \end{cases} \quad (4)$$

При этом $i \neq j, w_{ij} = w_{ji}$ (5)

$$\text{где } k_i = \frac{1}{h^2} \sum_{l=1}^n \left(\frac{2k_{L(P)}}{k_{L(P)} + k_L} + \frac{2k_{L(S)}}{k_L + k_{L(S)}} \right) - \frac{1}{h} \left(\sum_{l=1}^n \frac{k_{L(P)}}{k_L} + \sum_{l=1}^n \frac{k_{L(S)}}{k_L} \right). \quad (6)$$

Аналогично, как и в случае с уравнением теплопроводности, значения коэффициентов k_i определяются на основе заданных граничных значений исходной функции.

Изменим активационные функции и веса обратных связей нейронов, соответствующих граничным условиям, в зависимости от вида краевого условия, определенного в этом узле, следующим образом:

- для краевого условия первого вида: $f_i(g) = v_i = \text{const}, w_{ii} = 0$, (7)

где g — выход сумматора.

- для краевого условия второго вида: $f_i(g) = k \left(g + v_i \cdot \frac{1-b}{2n} \right), w_{ii} = \frac{b}{k}$, (8)

где $k = \frac{2n}{|N_i|}$ — коэффициент, зависящий от формы границы в узле; $|N_i|$ — мощность

множества N_i — количество непосредственных соседей нейрона.

- для краевого условия третьего вида: $f_i(g) = k \left(g + \frac{1-b}{2n} \cdot a \cdot (x - v_i) \right)$, (9)

где v и x - значения функции u и ее аргумента,

Граничные условия выполняются в силу того, что активационные функции нейронов, соответствующих граничным узлам, являются константными. Таким образом, стабильное состояние сети эквивалентно приближенному численному решению поставленной задачи.

Единственность стабильного состояния очевидным образом вытекает из приведенных выше преобразований. Покажем на основе закона сохранения энергии, что сеть данной архитектуры дает решение уравнений математической физики. Приведем данное доказательство для уравнения Пуассона.

Пусть $g_i = g(\bar{x}_i)$ — значение функции, стоящей в правой части уравнения Пуассона, в i -ом узле сетки. В стабильном состоянии нейронной сети для каждого нейрона i будет выполняться неравенство $|f_i^{(t+1)} - f_i^{(t)} + g_i| < \varepsilon$, где $f_i^{(t)}$ — выходное значение нейрона i в момент времени t ; ε — сколь угодно малая величина.

Преобразуя неравенство, получаем:

$$\sum_{k=1}^n (f_{P_{ik}}^{(t)} - 2f_i^{(t)} + f_{S_{ik}}^{(t)}) + g_i < \varepsilon \quad (10)$$

или

$$\sum_i (\sum_{k=1}^n (f_{P_{ik}}^{(t)} - 2f_i^{(t)} + f_{S_{ik}}^{(t)}) + g_i)^2 \approx 0 \quad (11)$$

$$\int_{\Omega} (\Delta u(x) + g(x))^2 dx \approx 0. \quad (12)$$

Таким образом, определяя величину единичного смещения, подаваемого на каждый из нейронов сетки, получаем решение произвольного уравнения Пуассона.

Покажем, что сеть дает решение уравнения Навье-Стокса.

Пусть $g_i = g(\vec{x}_i)$ — значение функции, стоящей в правой части уравнения теплопроводности, в i -ом узле сетки.

Применяя преобразования, аналогичные приведённым в предыдущих доказательствах, получим:

$$\left| \sum_{k=1}^n (f_{P_{ik}}^{(t)} - 2f_i^{(t)} + f_{S_{ik}}^{(t)}) + (f_P^{(h)} - f_S^{(h)}) - (g_P^{(i)} - g_S^{(i)}) - x_i \right| < \varepsilon \quad (13)$$

$$\int_{\Omega} (\Delta u(x) + u'_t(x) - g'_t(x) - x)^2 dx \approx 0. \quad (14)$$

Определяя величину единичного смещения, подаваемого на каждый из нейронов сетки, получаем решение произвольных уравнений теплопроводности и Навье-Стокса.

Таким образом, предложенная решетчатая нейронная сеть без изменения архитектуры позволяет при соответствующей настройке весовых коэффициентов и установке краевых условий получить решение уравнений теплопроводности, Лапласа, Пуассона и Навье-Стокса с погрешностью, задаваемой количеством нейронов сети, с фактически синтезированным параллельным алгоритмом.

Список литературы

1. Fortuna L., Arena P., Balya D., Zarandy A. Cellular Neural Networks: A Paradigm for Nonlinear Spatio-Temporal Processing // Circuits and Systems Magazine, IEEE. – 2001. – V. 1. – № 4. – P. 6–21.
2. Lagaris I.E., Likas A., Fotiadis D.I. Artificial Neural Networks for Solving Ordinary and Partial Differential Equations // IEEE Transactions on Neural Networks. – 1998. – V. 9. – № 5. – P. 422–448
3. N. Korsunov, V. Mikhelev, A. Lomakin “Application of Lattice Neural Networks for Modeling of Stationary Physical Fields,” Proceedings of the 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, 2013, Vol. 1, pp. 369-372.
4. Корсунов Н.И., Ломакин А.В. Моделирование процессов, описываемых волновым дифференциальным уравнением, с использованием нейронных сетей // Научные ведомости БелГУ: компьютерное моделирование–Б.: Белгородский государственный университет, 2014. № 15(186). Выпуск 31/1–с. 103-107

05.13.18

**О.А. Кухнина, А.В. Дунцев канд. техн. наук,
В.В. Андреев д-р техн. наук, Н.П. Тарасова**

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики,
кафедра ядерные реакторы и энергетические установки,
olya_kolychihina@mail.ru

ФИЗИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ ГАННА С УЧЕТОМ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

В настоящем исследовании рассмотрены методы оценки соответствия требованиям по стойкости к воздействию ионизирующих излучений диодов Ганна. Оценена область применения полупроводниковых приборов на арсениде галлия. Предложена методика проведения испытаний для оценки радиационных воздействий в GaAs структурах.

Ключевые слова: диод Ганна, GaAs структура, радиационная стойкость, ионизирующее излучение

В настоящее время для осуществления диагностики, смены конструктивных элементов аппаратуры, ликвидации последствий аварий в пределах активной зоны реактора атомной электростанции перспективным является использование автоматических систем, дистанционно управляемых человеком. Применение для этих целей диодов Ганна позволило бы снять целый ряд технических сложностей, в силу низкого коэффициента шума, большой выходной мощности [1]. Однако не соответствие диодов Ганна требованиям, предъявляемым к радиационной стойкости приборов, используемых в этой аппаратуре (флюенс нейтронов - $F_n = 10^{12} - 10^{15}$ н/см²), не позволяет воспользоваться перечисленными преимуществами [2].

Анализ данных, об ожидаемых уровнях ионизирующих излучений свидетельствует о том, что наибольший интерес представляет исследование воздействия на полупроводниковые приборы нейтронного и гамма-излучений. Несмотря на высокую точность теоретических расчетов, невозможно отказаться от экспериментального исследования радиационной стойкости (РС) в силу большого числа эффектов влияющих на характеристики приборов.

Для детального изучения радиационной стойкости диодов Ганна в работе предложена схема установки для измерения основных параметров диодов до и после воздействия ионизирующего γ -излучения (рис. 1). В работе исследовался диод Ганна, производства АО "НПП "Салют" г. Нижний Новгород, аналог диода 3A763.

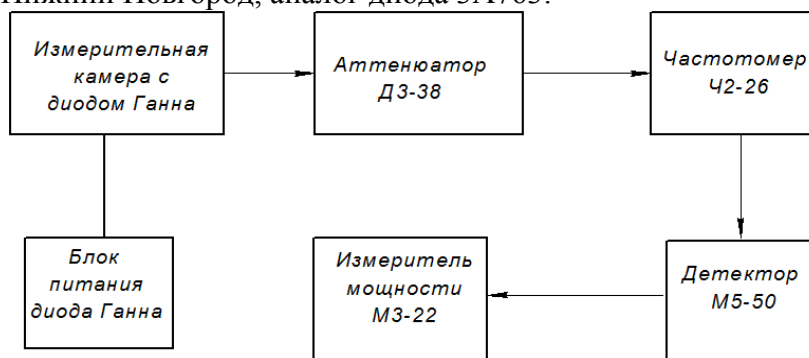


Рис. 1 - Схема установки для измерения выходной мощности и частоты генерации диодов Ганна

Экспериментальная установка для облучения диодов представляет бак из нержавеющей стали 150x150x100, заполненный водой. В центре бака расположен источник γ -квантов Co^{60} (А - активность $2,38 \cdot 10^{-2}$ Ки; K_γ – гамма-постоянная точечного источника гамма-излучения $12,85 \frac{(P \cdot cm^2)}{ч \cdot mKi}$). Кассета с диодами Ганна в количестве 5 шт. помещается в герметичный пакет, закрепляется на штанге на расстоянии 10 см от источника. После корректировки времени

облучения, оптимальными были выбраны следующие точки: 1 сутки (24 часа), 7 суток (168 часов) и 30 суток (720 часов).

Результаты эксперимента

Первая партия диодов - время облучения составило 24 часа, значение показателей после контрольного испытания совпадает со значениями, определенными ранее (небольшие отклонения не являются изменениями вследствие облучения и обусловлены погрешностью измерений). Из этого следует, что обратимые радиационные изменения свойств образцов отсутствуют (см. рис. 2. (1) - мощность диода №2 из первой партии после 24 часового радиационного воздействия).

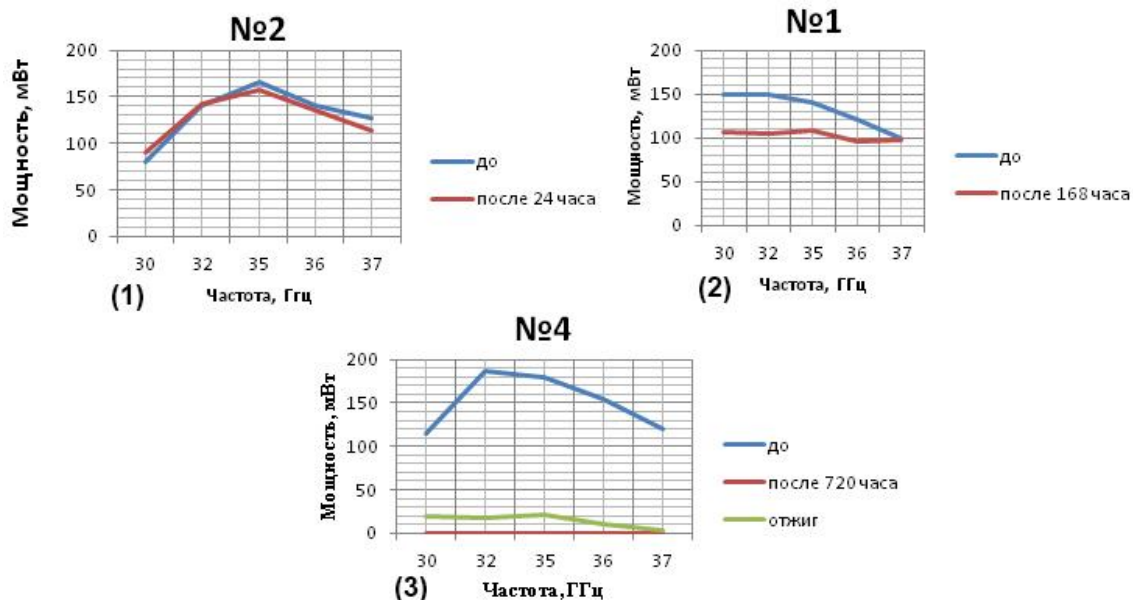


Рис. 2 - Зависимость мощности диода Р (мВт) от частоты f (ГГц) для образцов, подверженных разному времени облучения

Вторая партия диодов - время облучения составило 168 часов, зарегистрированы радиационные изменения образцов. Зарегистрированы изменения параметров работы диодов. На анализаторе спектра наблюдаются дополнительные пики, нестабильная работа диодов на высоких частотах (см. рис. 2. (2) - мощность диода №1 из второй партии после 168 часового радиационного воздействия).

Третья партия диодов - время облучения составило 720 часов, зарегистрированы радиационные изменения образцов. При подаче напряжения на диод мощность равна нулю, ток имеет ненулевое значение. Данная партия диодов пригодна для испытаний по термическому отжигу. Основным методом был выбран быстрый термический отжиг (БТО) – процесс поштучной термообработки, протекающей в диапазоне длительности от единиц до десятков секунд, при этом температура задается в диапазоне от +80 до +100°C (см. рис. 2. (3) - мощность диода №4 из третьей партии после 720 часового радиационного воздействия и быстрого термического отжига).

Экспозиционная доза, полученная партией за 24 часа, определяется по формуле 1.

$$D_{\text{эксп}} = \frac{K_Y \cdot A}{R^2} \cdot t, \quad (1)$$

Где R – расстояние до источника (см),

t – время облучения (ч),

$$D_{\text{эксп}24} = \frac{K_Y \cdot A}{R^2} \cdot t = \frac{12,9 \left(\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{мКи}} \right) \cdot 2,38 \cdot 10^{-2} \text{ Ки}}{10^2 \text{ см}} \cdot 24 \text{ ч} = 3,07 \text{ Р.}$$

Экспозиционная доза, полученная партией за 168 часа, равна 515,76 Р.

Экспозиционная доза, полученная партией за 720 часов, равна 2210,4 Р.

Методика проведения эксперимента с помощью лабораторной исследовательской установки «Нейтронный конвертер»

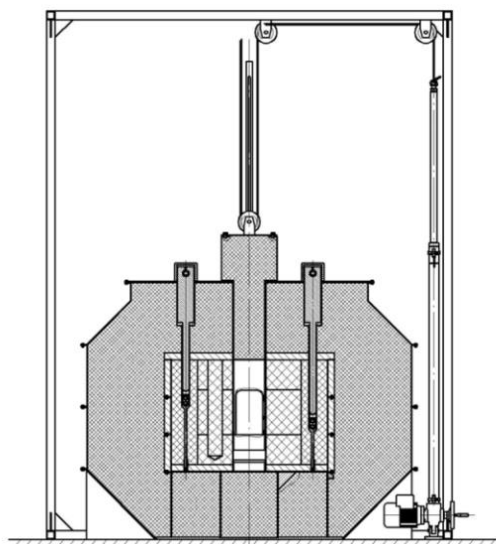


Рис. 3 - Общая конструкция нейтронного конвертора

Для проведения исследований радиационной стойкости к воздействию нейтронного излучения на элементы РЭА предлагается использовать лабораторную установку «Нейтронный конвертер». Установка в целом представляет собой сборную конструкцию, состоящую из конверторного устройства, биологической защиты, корпусных устройств и исполнительных механизмов (рис.3) [3].

Установка предназначена для преобразования потока быстрых нейтронов, излучаемых изотопными источниками, в поток тепловых нейтронов с заданными параметрами [3]. В установке используется источник типа ИБН-8. В конструкции измерительного блока должны быть предусмотрены отверстия для размещения контрольных образцов в количестве 10 шт.: в центре, где 5 образцов будут подвержены наибольшей дозе облучения, и 5 на периферии, где плотность потока нейтронов имеет меньшую величину.

Заключение

Результаты анализа, представленные в данной работе, позволили оценить возможность применения GaAs приборов и сделать следующие выводы:

1. Работа диодов Ганна требует внимательной оценки изменений характеристик систем при облучении. Процедура измерений должна удовлетворять жестким требованиям по точности и повторяемости.

2. Диоды Ганна возможно применить в военной технике, аппаратуре для ядерной, ракетной, космической промышленности.

3. GaAs способен восстанавливать свои свойства после отжига, что позволяет использовать его в течение нескольких циклов «радиационное облучение - отжиг»

4. Возможно создание измерительной камеры с простым, неразрушающим способом монтажа и демонтажа диода до и после облучения.

Подготовлены предложения для облучения радиоэлектронной аппаратуры в нейтронном конвертере – лабораторной исследовательской установке, одно из предназначений которой является изучение воздействия нейтронных потоков на материалы.

Список литературы

1. *Мырова, Л.О., Чепиженко, А.В.* Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям / Л. О. Мырова, А.В. Чепиженко // Радио и связь. – 1988. – С. 296.
2. *Оболенский С.В., Демарина Н.В., Волкова, Е.В.* Основы физики полупроводников. Транспорт носителей заряда в электрических полях /С.В. Оболенский, Н.В. Демарина, Е.В. Волкова // Учебное пособие. – 2007. – С. 67.
3. *Дмитриев, С.М.* Научно-исследовательская установка для подготовки инженеров-физиков / С.М. Дмитриев, В.А. Малышев, М.С. Осипов, В.В. Самусенков // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева №3(82), 2010. – С. 119-12.

05.13.18

В.Ю. Мельцов канд. техн. наук, А.А. Нечаев

Вятский государственный университет,
кафедра электронных вычислительных машин,
Киров, meltsov@vyatsu.ru, dapqa@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

В статье кратко описаны классы рекомендательных систем. Проанализированы современные системы на основе данного подхода в области здравоохранения. Выделены проблемы, которые сильнее всего ограничивают развитие научных исследований и коммерческих решений в данной области. Определены основные направления разработки.

Ключевые слова: рекомендательная система, система поддержка принятия решений, здравоохранение, база знаний, персональные данные.

Традиционные, классические применения рекомендательных систем (РС) – формирование персонализированных предложений товаров в электронной коммерции, фильтрация контента информационных ресурсов (новостных агрегаторов, социальных сетей, медиа-сервисов, библиотек и архивов) [1]. В настоящее время их область применения значительно расширилась. В рамках данного исследования интерес представляют рекомендательные системы в области здравоохранения. Такие РС, ориентированные как на пациентов, так и на медицинский персонал, могут быть крайне полезны для оказания помощи врачу при диагностировании заболеваний и определении предрасположенности человека к различным заболеваниям, а также для персонализации советов и предписаний при выборе карты лечения и программы профилактики.

Структуры рекомендательных систем и их разновидности.

Представление о внутренней организации системы помогает точнее определить ограничения для входных данных и особенности получаемых на выходе результатов. Для выполнения своей основной функции РС должна предсказать, какой объект из множества рассматриваемых наилучшим образом соответствует профилю пользователя в существующих контекстах. Работа РС оценивается либо как решение задачи предсказания рейтинга (т.е. задачи регрессии), либо задачи бинарной классификации («рекомендовать» - «не рекомендовать»). В первом случае обычно используют показатель RMSE, а во втором – либо площадь под ROC-кривой, либо F метрику:

$$F \text{ метрика} = 2 * \frac{TP}{2 * TP + FP + FN}, \quad (1)$$

где TP, FP и FN – количество истинно-положительных, ложно-положительных и ложно-отрицательных решений соответственно.

В некоторых реализациях этап оценки может быть неявным, но такая модель позволяет унифицировать существующие классы РС (Рис. 1).

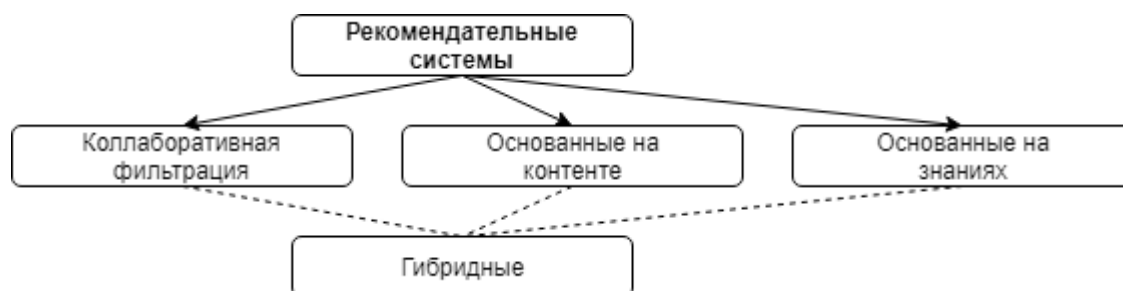


Рис. 1 – Классификация рекомендательных систем

Основанные на контенте системы формируют рекомендации тех объектов, которые схожи по своим характеристикам с объектами, ранее выбранными пользователями. Главной сложностью такого подхода является извлечение значимых характеристик для их сравнения.

Основанные на знаниях системы формируют рекомендации на основе логических правил, специфичных для используемой области. Такие РС разрабатываются, в основном, для решения одной узкой задачи, поскольку наиболее трудоёмкий этап их построения – создание базы знаний.

Подход на основе *коллаборативной фильтрации* предполагает, что клиенты, которые схожим образом оценивали одни и те же объекты, заинтересованы в одинаковых объектах. Распространённый пример реализации такого подхода – использование латентно-факторных моделей. Например, применение взвешенной регуляризированной матричной факторизации, совершенствующей метод SVD за счет работы с неявными оценками и предполагающей минимизацию функции

$$f = \sum_{u,i} c_{ui}(p_{ui} - x_u^T y_i)^2 + \lambda(\sum_u \|x_u\|^2 + \sum_i \|y_i\|^2), \quad (2)$$

где p_{ui} – бинарное значение заинтересованности, c_{ui} – коэффициент уверенности, x_u и y_i – векторы факторов пользователей и объектов, λ – константа, отвечающая за регуляризацию.

Гибридные системы совмещают в себе несколько подходов либо за счет использования многоуровневых архитектур, либо за счет совмещения нескольких модулей формирования рекомендаций на одном уровне.

Несмотря на продолжительное развитие исследований в этой области, рекомендации многих существующих систем остаются посредственными. Причиной является ряд проблем, сложно решаемых в рамках существующих задач и подходов: проблема «холодного старта», проблема масштабируемости используемых алгоритмов на реальных данных, проблема неоднородность анализируемой информации и т.д.

Анализ рекомендательных систем в области здравоохранения.

Был проведён анализ известных на сегодняшний день проектов РС в области здравоохранения, опубликованных в открытой печати.

В 2016 году была опубликована работа Калеро Вальдеза и др. [2], посвященная общим проблемам рекомендательных систем, которые не так давно стали применяться в этой области. В зависимости от того, на кого нацелены рекомендации (доктора, медсёстры, пациенты, менеджеры и т.д.) к РС предъявляются совершенно разные требования. В качестве рекомендуемых объектов рассматриваются: диагнозы, лечение, физические нагрузки, питание, некоторые личные моменты образа жизни. Главное требование состоит в том, чтобы для конкретной задачи можно было выделить понятия пользователя, объекта и рейтинга. За последнее время количество исследований по проектированию таких РС значительно возросло.

В статье «*Design of two combined health recommender systems for tailoring messages in a smoking cessation app*» [3] описывается разработка двухуровневой гибридной РС для помощи отказывающимся от курения. Различные модули отвечают за формирование специальных уведомлений пользователю и выбору времени для их показа.

В работе «*Scalable Architecture for Personalized Healthcare Service Recommendation using Big Data Lake*» [4] решается проблема структурирования данных из разных источников, предоставляющих анонимные записи электронных медицинских карт (Electronic Health Record, EHR). Благодаря этому пациенты из разных больниц могут быть кластеризованы по некоторым признакам, что позволяет давать более персонализированные рекомендации по их лечению.

Решению схожей, но более узкой задачи посвящена работа «*ConfidentCare: A Clinical Decision Support System for Personalized Breast Cancer Screening*» [5], в которой описывается система поддержки принятия решений для врачей, проводящих анализ снимков на предмет обнаружения рака груди. Благодаря кластеризации EHR пациентов рекомендации, формируемые системой, оказались более точны и персонализированы.

В статье «*Improving Adherence to Heart Failure Management Guidelines via Abductive Reasoning*» [6] рассматривается разработка вопросно-ответной системы, помогающей врачу проводить диагностику сердечной недостаточности. В этом случае вручную составляются правила, описывающие полезность различных обследований пациента и рекомендаций для него. Профиль пациента и все правила описываются с помощью фактов и предикатов на языке Пролог.

Отдельной проблемой, затрагивающей все РС в области здравоохранения, является сбор персональных данных пациентов для последующей обработки. Работа «*Feature-Augmented Neural Networks for Patient Note De-identification*» [7] посвящена архитектурам нейронных сетей, позволяющих анонимизировать выгрузку данных из хранилищ электронных медицинских карт. Задача состоит в сохранении максимального количества информации из нескольких источников без риска идентификации врачей и пациентов.

Помимо указанной, для рассматриваемых РС существует целый ряд отдельных проблем, не имеющих на данный момент опубликованных проверенных вариантов решения: создание специализированных метрик оценки качества, учитывающих непосредственное влияние на здоровье пациента; создание наборов данных для проведения исследований; решение этических вопросов использования описанных методов и данных; разрешение неопределённости в условиях повышенного риска; методики вовлечения врачей и пациентов (пользователей) в процесс разработки РС.

Заключение

Проведённое исследование показало, что интерес к рекомендательным системам в области здравоохранения значительно возрос в последние несколько лет. Однако их разработка всё ещё сопряжена с рядом существенных проблем, связанных с высокой сложностью предметной области и повышенной ответственностью за принимаемые решения. Традиционные подходы к разработке РС могут быть применены при решении тех задач, где можно определить понятия пользователя, объекта и рейтинга. Тем не менее, они требуют определённых модификаций на всех этапах разработки – от начальной стадии до тестирования и эксплуатации.

На основе анализа можно выделить главные направления исследований по применению рекомендательных систем в области здравоохранения.

1. Модификация традиционных методов РС для помощи врачам узкого профиля при диагностике и лечении ограниченного числа заболеваний.
2. Повышение качества сбора необходимой для обработки информации из неструктурированных, а также неполных источников.
3. Разработка методологических аспектов проводимых исследований, включая создание специализированных метрик оценки и способов формирования комплексных рекомендаций с учётом рисков.

Список литературы

1. Recommender Systems Handbook / Под ред. Ricci F., Rokach L., Shapira B. - 2-е изд. - N.Y.: Springer US, 2015.
2. Calero Valdez A., Ziegle M., Verbert K. и др. Recommender Systems for Health Informatics: State-of-the-Art and Future Perspectives // Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, 2016. - С. 391-414.
3. Hors-Fraile S., Núñez-Benjumea F., Carrasco Hernández L. и др. Design of two combined health recommender systems for tailoring messages in a smoking cessation app // International Workshop on Engendering Health with RecSys co-located with ACM RecSys 2016. 2016.
4. Rangarajan S., Liu H., Wang H., Wang C.-L. Scalable Architecture for Personalized Healthcare Service Recommendation Using Big Data Lake // Service Research and Innovation. Springer, 2018. - С. 65-79.
5. Alaa A.M., Moon K.H., Hsu W., Schaar M. ConfidentCare: A Clinical Decision Support System for Personalized Breast Cancer Screening // IEEE Transactions on Multimedia. - 2016. - Т.18. №10. - С. 1942-1955.
6. Chen Z., Salazar E., Marple K. и др. Improving adherence to heart failure management guidelines via abductive reasoning // Theory and Practice of Logic Programming. - 2017. - Т.17. №5-6. - С. 764-779.
7. Lee J.Y., Dernoncourt F., Uzuner O., Szolovits P. Feature-Augmented Neural Networks for Patient Note De-identification // Proceedings of the Clinical Natural Language Processing Workshop (ClinicalNLP). 2016.

05.13.18

С.А. Нестеров канд. техн. наук, М.А. Бобров канд. техн. наук, Н.А. Кулаев

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
Институт электроники и светотехники,
кафедра электроники и электротехники,
Саранск, bobrovma92@mail.ru

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙСТВ ФИЛЬТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Приведена методика расчета LC-фильтров, используемых в электроэнергетических системах для обеспечения требуемого уровня нелинейных искажений напряжения. Представлены результаты моделирования работы фильтра в системе преобразования электрической энергии.

Ключевые слова: *фильтр, моделирование, методика, коэффициент гармонических искажений, PSIM.*

В настоящее время большое количество исследований, направленных на разработку устройств фильтрации напряжения в электроэнергетических системах, обусловлено постоянно возрастающими требованиями к качеству потребляемой электроэнергии [1-7].

Обеспечение требуемого уровня нелинейных искажений выходного напряжения выполняется, как правило, с помощью трехфазного синус-фильтра. Синус-фильтр содержит трёхфазную индуктивность и конденсаторы, соединённых по схеме «треугольник» или «звезда».

При выборе синус-фильтра необходимо ориентироваться на выходную мощность и ток, при этом надежность данного компонента должна быть высока и его следует выбирать с небольшим запасом, с учетом токов перегрузки. Следует также отметить, что многие производители рекомендуют устанавливать синус-фильтр в непосредственной близости от нагрузки для исключения возникновения всплесков напряжения [1, 2].

Выбор и расчёт синус-фильтра трехфазного инвертора напряжения производится исходя из несущей частоты на входе фильтра и требуемом коэффициенте гармоник выходного напряжения [3, 4].

Коэффициент гармоник входного и выходного напряжений $k_{Гвх}$, $k_{Гвых}$ фильтра нижних частот связан с параметрами фильтра соотношением [3]:

$$\omega_1^2 LC = \frac{(1 + \frac{k_{out}}{k_{in}})}{1 + (\frac{\omega_0}{\omega_1})^2 \frac{k_{out}}{k_{in}}},$$

Для расчета синус-фильтра будем считать фазные токи и напряжения в инверторе и нагрузке симметричными. Тогда трехфазный синус-фильтр можно свести к однофазному, рассчитав Г-образный LC -фильтр низких частот для одной фазы по формулам [5, 6]:

$$L = R / 2\pi f_c,$$
$$C = 1 / 2\pi f_c R,$$

где R – сопротивление нагрузки; f_c – частота среза.

Для обеспечения эффективного сглаживания и подавления высоких частот необходимо чтобы частота среза фильтра была как минимум вдвое меньше несущей частоты работы инвертора [7].

Исходя из баланса мощностей, рассчитывается сопротивление нагрузки. Считая нагрузку активной и симметричной, сопротивление для каждой фазы определим по соотношению:

$$R = \frac{3U^2}{P},$$

где U – выходное напряжение; P – мощность нагрузки.

Конденсаторы фильтра следует выбирать из следующих соображений: тип применяемых конденсаторов должен удовлетворять требованиям по пропусканию высокочастотных токов, так как емкость подключена параллельно нагрузке и последовательно с дросселем, а максимальное напряжение, прикладываемое к емкости, равно выходному напряжению, рассчитанному по формуле:

$$U_{\max} = 1,41U,$$

где U – выходное напряжение.

Учитывая коэффициент запаса по напряжению и снижение надежности компонента при увеличении его загрузки выберем емкость с напряжением не менее $U_C = 1,5U_{\max}$.

При выборе типа емкости фильтра следует отдавать предпочтение полимерным конденсаторам, обладающим широкими нагрузочными способностями по току.

Для дальнейшего расчета необходимо определить токи и мощность нагрузки с учетом фильтра.

Расчет производится для двух гармоник выходного напряжения и основной гармоники несущей частоты по формулам [5]:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL,$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}.$$

Действующее значение тока дросселя фильтра и фазы находится по формуле [4]:

$$I = \sqrt{I_{50}^2 + I_{10k}^2}.$$

Для верификации предложенной методики расчета LC-фильтра была реализована имитационная модель в программном пакете PSIM (рис. 1), состоящая из преобразователя частоты, выполненного по двухзвенной схеме с промежуточным звеном постоянного тока и нагрузки, имеющей активно-индуктивный характер.

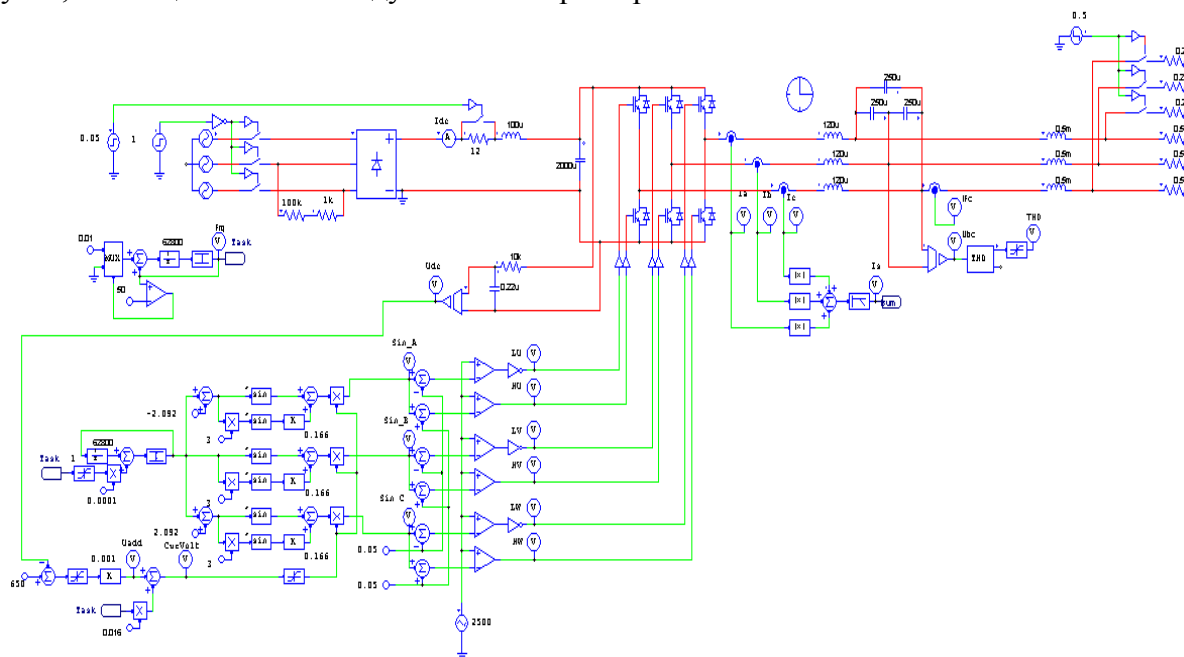


Рис. 1 – Имитационная модель преобразователя частоты

Фрагмент имитационной модели, содержащий непосредственно синус-фильтр с рассчитанными параметрами емкостей и индуктивностей на выходе преобразователя представлен на рисунке 2.

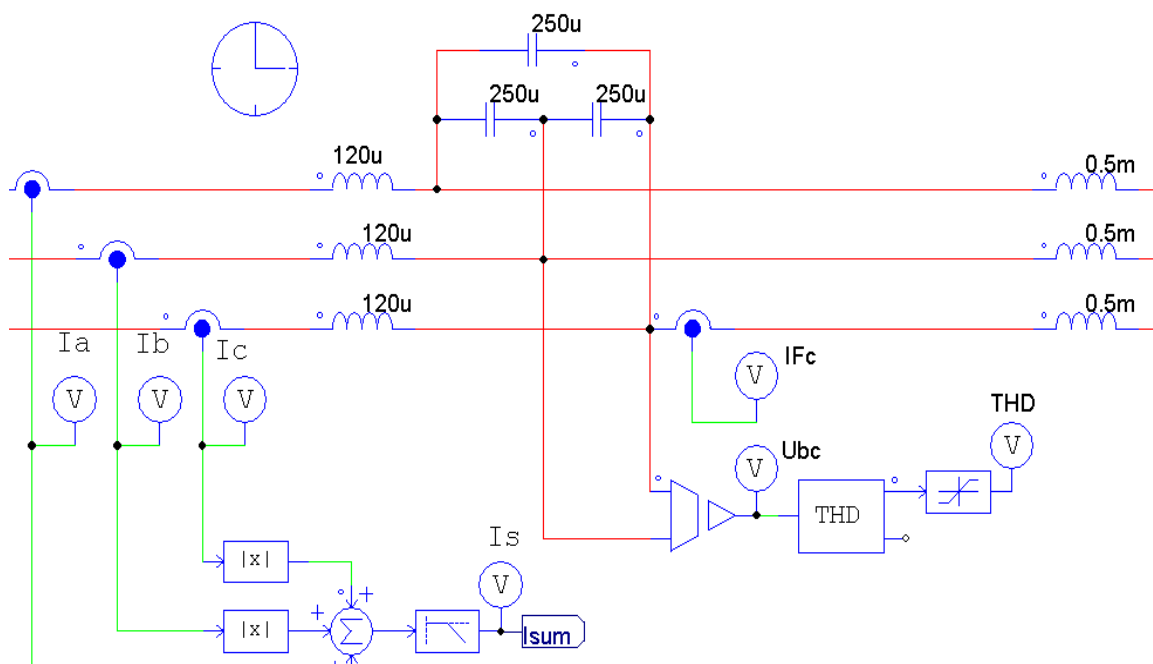


Рис. 2 – Модель синус-фильтра

Результаты моделирования представлены на рисунке 3. Здесь показаны следующие осциллограммы (сверху вниз): напряжение на выходе преобразователя частоты, напряжение на нагрузке, выходной ток преобразователя частоты, ток нагрузки, коэффициент гармонических искажений напряжения на выходе преобразователя частоты (THD).

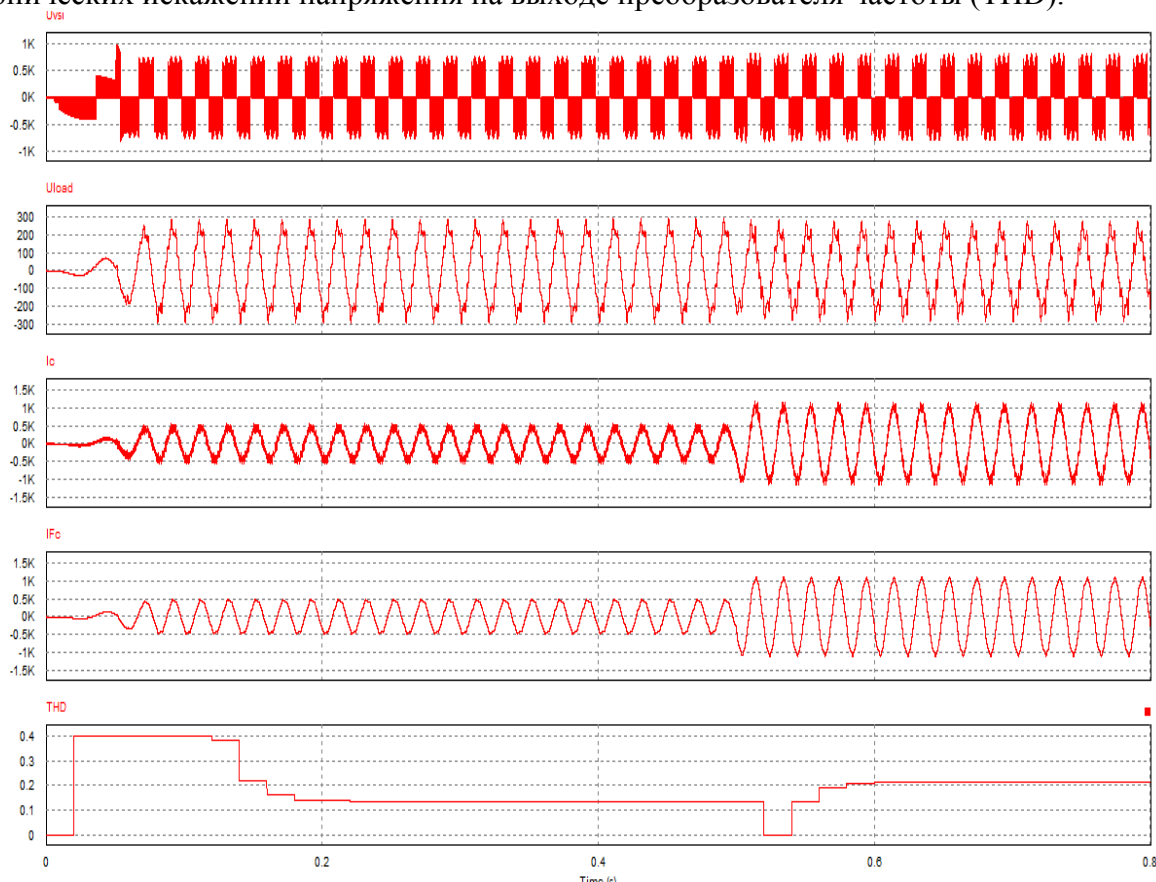


Рис. 3 – Результаты моделирования

Из результатов моделирования видно, что применение LC-фильтра на выходе преобразователя частоты, рассчитанного по представленной методике, позволяет снизить коэффициент гармонических искажений выходного напряжения двухзвенного преобразователя частоты, что сказывается на качестве потребляемой энергии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-48-130010.

Список литературы

1. LC Sine Wave Filter for Motor Drives. Output Filters FN5040 /FN5045. Schaffner URL: https://www.schaffner.com/fileadmin/media/downloads/application_note/Schaffner_AN_Filter_solutions_for_motor_drives_applications.pdf
2. Пустоветов, М.Ю. О параметрах фильтров для частотно-регулируемого электропривода с асинхронными двигателями [Текст] // Электричество, 2013, № 5. С. 41–44.
3. Сазонов, А.С., Лебедев, Д.Ю. Расчет и выбор параметров синусных фильтров частотно-регулируемых приводов с ШИМ-инвертором напряжения [Текст] // Промышленная энергетика, 2012, №2. С. 18–22.
4. Технический регламент Таможенного союза. «Электромагнитная совместимость технических средств». (ТР ТС 020/2011) [Электронный документ]. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/tr/Pages/EMS>.
5. Зиновьев, Г. С. Силовая электроника: учеб. пособие для бакалавров [Текст] / Г. С. Зиновьев. — 5-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во Юрайт, 2012. — 667 с.
6. Турпак А.М., Ключников А.Т. расчёт параметров LC-фильтра с учётом параметров нагрузки и длинного кабеля [Текст] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 8–2. – С. 272–276.
7. Пустоветов, М.Ю. Опыт разработки синус-фильтра для силовой схемы частотно регулируемого электропривода [Текст] // Известия Томского политехнического университета. Электроэнергетика. – 2014. Т. 324, № 4. – С. 87–94.

05.13.18

**Д.И. Новиков, А.А. Березин, О.В. Хвойнов, А.А. Сатаев, М.А. Игонин,
К.В. Шарафетдинова, А.В. Дунцев канд. техн. наук**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
институт ядерной энергетики и технической физики им. Ф.М. Митенкова,
Нижний Новгород, grey1ngreen@inbox.ru, berezin.q@yandex.ru, okhvoinov@bk.ru,
sancho_3685@mail.ru, igonin.mihail.97@gmail.com, sharafetdinova.ksen@gmail.com,
udav@nntu.ru

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА «ОДНОПЕТЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ СМЕШЕНИЯ»

В данной работе описан результат анализа гидравлического расчёта исследовательского стенда, а так же влияние гидродинамики модели на распределение профилей скорости потока. Результат данной работы позволит оценить применимость стенда к моделированию процесса естественной циркуляции.

Ключевые слова: гидравлический расчёт, число Рейнольдса, естественная циркуляция.

На современно этапе развития к ядерным энергетическим установкам предъявляются повышенные требования по безопасности и надёжности, что непременно влечет за собой необходимость проведения дополнительных экспериментальных и инженерных расчётов.

Эта тенденция ведёт к необходимости уделять особое внимание на возможности внедрения и исследования пассивных систем защиты, основанных на принципах саморегулирования и естественных физических процесса (пассивное отведения теплоты за счёт естественной циркуляции и процесса кипения).

Ввиду относительно малых величин движущего напора, обеспечение достаточных расходов естественной циркуляции, контур должен обладать малым гидравлическим сопротивлением, что накладывает конструктивные ограничения на реакторную установку. Для создания модели, которая удовлетворяла бы условиям создания естественной циркуляции, необходимо рассматривать сопряжённую задачу по гидравлическому расчёту контура циркуляции реакторной установки.

Расчетными и экспериментальными исследованиями гидродинамики моделей реакторных установок занимались научные группы в России, а также за рубежом. Описание стенда «Гидродинамическая модель реакторной установки» можно найти в работе [1]. А также расчётно-экспериментальное исследование распределение расходов в ГДМ реакторной установки описано в работе [2]. Целью создания модели является определение гидравлического сопротивления, выявление обобщенной зависимости коэффициента от числа Рейнольдса, как всего контура, так и отдельных его элементов, что можно использовать для обоснования мощности энергетического оборудования натурной установки.

Так же в серии работ описано численные моделирования и анализ влияния геометрических искажений гидродинамической модели на распределение расходов в рабочих каналах корпусных реакторов. Результаты исследований приведены в работе [3].

Для исследования теплогидравлических процессов реакторных установок используется экспериментальный стенд «Однопетлевая модель реакторной установки». Данный стенд представляет собой упрощённую модель реактора КЛТ-40 в масштабе 1:5 с одной петлей циркуляции подробно описанный в работе [4].

Для обоснования данного экспериментального стенда был произведен гидравлический расчёт основного контура циркуляции модели.

Уравнение для определения полной потери давления контура циркуляции.

$$\Delta p_{\Sigma} = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{нив}} + \Delta p_{\text{уск}} \quad (1)$$

Где $\Delta p_{\text{т}}$ – сопротивление трения, $\Delta p_{\text{м}}$ – потеря давления на местном сопротивлении, $\Delta p_{\text{нив}}$ – величина нивелирного напора, $\Delta p_{\text{уск}}$ – потеря напора на ускорение. При малом подогреве величинами третьего и четвертого слагаемого можно пренебречь. Величины потерь на местном сопротивлении определяются геометрическим коэффициентом сопротивления ξ . Значения, принятые при расчёте, сведены в таблицу 1. Схема циркуляции теплоносителя и основные места, где наблюдаются наибольшие потери давления, отражены на рис. 1.

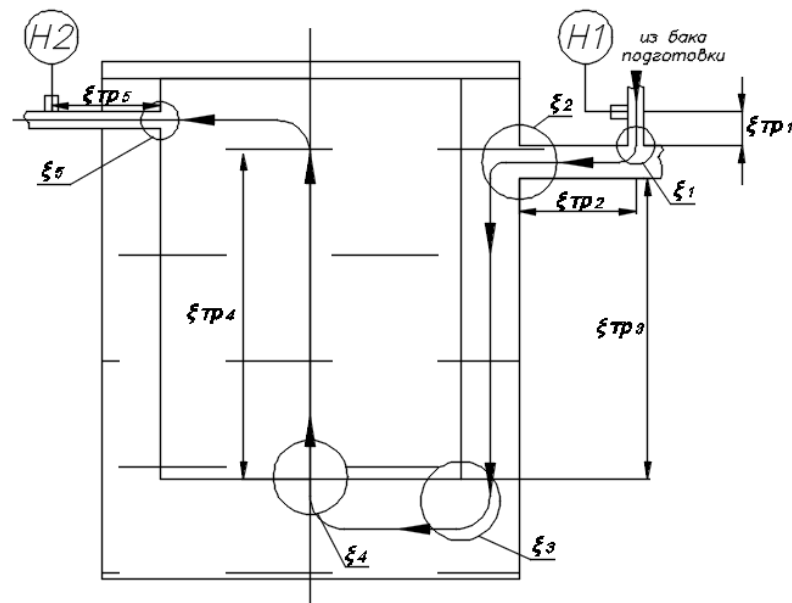


Рис. 1 – Циркуляции теплоносителя через модель и точки измерения давления

Таблица 1 – Значения коэффициентов местного сопротивления и площади живого сечения

Участок	Обозначение	Принятый при расчёте коэффициент	Площадь живого сечения, мм ²
Вход в петлю циркуляции	ξ_1	2,35	78,54
Поворот на кольцевой участок	ξ_2	1,1	314,16
Поворот потока на выходе из кольцевого участка	ξ_3	1,1	1590
Дырчатый лист	ξ_4	4,84	4199
Вход в сборный коллектор	ξ_5	0,503	113,1

Потери на трении определяются коэффициентом Дарси $\xi = \lambda \frac{l}{d}$. Принятые значения, для удобства, сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов Дарси на участках

Участок	Обозначение	Коэффициент Дарси
Вход в петлю циркуляции	$\xi_{\text{тр}1}$	0,201
Прямой участок петли	$\xi_{\text{тр}2}$	0,146
Кольцевой зазор	$\xi_{\text{тр}3}$	0,144
Имитатор активной зоны	$\xi_{\text{тр}4}$	0,12
Прямой участок коллектора	$\xi_{\text{тр}5}$	0,39

Интерес представляет влияние дырчатого листа на распределение расхода теплоносителя. Расчетное значение коэффициента выбиралось по коэффициенту живого сечения потока, составляющего $f = \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{л}}} = 0,485$, где $F_{\text{отв}}$ - суммарная площадь всех отверстий в листе; $F_{\text{л}}$ - площадь листа.

Несмотря на относительно большой коэффициент сопротивления дырчатого листа на входе в имитатора активной зоны $\xi_{\text{дыр}} = 4,84$, большая площадь живого сечения создаёт малое затеснение потоку. Дырчатый лист влияет на распределения профиля скорости потока, что подтверждается распределением температурного поля в сечении дырчатого листа.

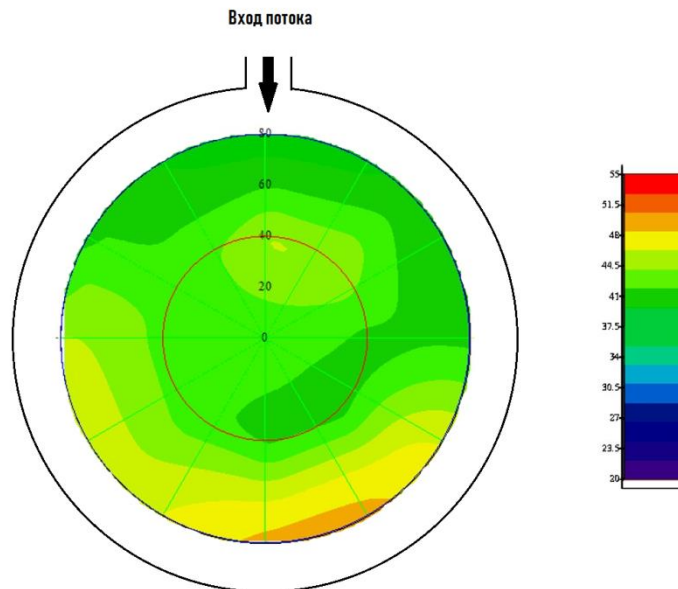


Рис. 2 – Распределение температурного поля на уровне дырчатого листа

Для верификации результата расчёта и уточнения характеристики стенда было проведено экспериментальное определение гидравлического сопротивления модели. Измерения сопротивления модели производились при помощи дифференциального пьезометра. Узлы подключения располагались на входе в напорную камеру модели и на выходе из сборного коллектора, как показано на рис. 1.

В качестве результата построена зависимость гидравлического сопротивления модели полученная экспериментальным и расчётным путём. Полученные данные были аппроксимированы полиномами со стандартным отклонением $\sigma = 0,139$.

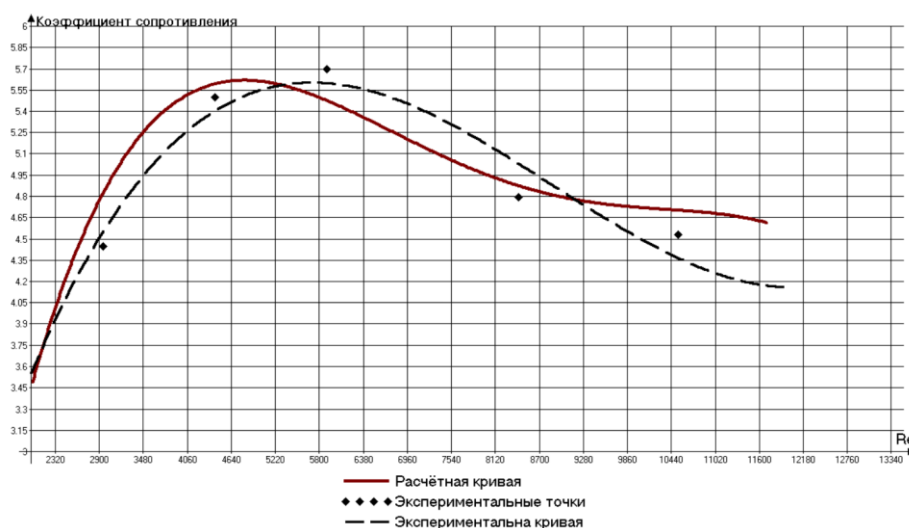


Рис. 3 – Зависимость коэффициента сопротивления модели от числа Рейнольдса

Поскольку полученные зависимости в рабочем диапазоне числа Рейнольдса совпадают с достаточной точностью и коэффициент сопротивления не достигает относительно высоких значений в рабочем диапазоне, модель можно считать гидравлически обоснованной и удовлетворяющей моделированию естественной циркуляции.

Список литературы

1. Авдеев Е.Ф., Чусов И.А., В.В. Максимовский, Устюжанин А.Я. и др. Гидравлический стенд для испытаний моделей ядерных реакторов // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2004. – № 4. – С. 70–83
2. Авдеев Е.Ф., Лескин С.Т., Чусов И.А., Слободчук В.И., Шелегов С.А. Расчётно-экспериментальное исследование распределения расходов в модели активной зоны двухпетлевой реакторной установки типа // Сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Теплофизические основы энергетических технологий". — Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2011. — С. 158-162.
3. Чусов И.А., Саркисов В.А., Лубенский А.П., Юрьев Ю.С., Зайцев Д.В. Численный анализ влияния малых геометрических искажений проточной части гидромодели на распределение расходов в рабочих каналах корпусного реактора. //Известия вузов. Ядерная энергетика. №3. 2007. — С. 101-107.
4. Сатаев А.А., Дунцев А.В. Исследование процессов смешения неизотермических потоков на модели судовой ядерной энергетической установки // Вестник ИГЭУ. №5. 2018 — С. 26-32.
5. Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчётам в ядерной энергетике. Том 1.. — М. : ИздАт, 2010. — 776 с.
6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — 3-е изд. — М. : Машиностроение, 1992. — 672 с.

05.13.18

Ю.Г. Полкунов д-р техн. наук, М.Ю. Лобода

Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики,
Оренбург

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЧЕТВЕРТИ ПРОСТРАНСТВА КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Статья посвящена разработке критериев развития магистральных трещин в крепких породах циклическим способом разрушения. Адекватность результатов моделирования нагруженности и величин магистральных трещин проверена на экспериментальных данных других исследователей.

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, магистральная трещина.

Производственные испытания шнековых исполнительных органов, оснащенных коническими дисковыми инструментами, при отработке пластов с твердыми включениями и породными прослойками, установили формирования магистральных трещин в процессе циклического последовательного прохода конического дискового инструмента по своему следу.

Для выяснения причин образования магистральных трещин в крепких горных породах под лезвием конического дискового инструмента был разработан объемный критерий. Схема, описывающая взаимодействия конического дискового инструмента с твердой породой, приведена на рис. 1. Раскрытие берегов трещины от контактных напряжений определялось на основе метода разрывных смещений [1]. Коэффициент интенсивности напряжений K_I для трещин нормального отрыва определялся асимптотическим методом [2] разрывных смещений.

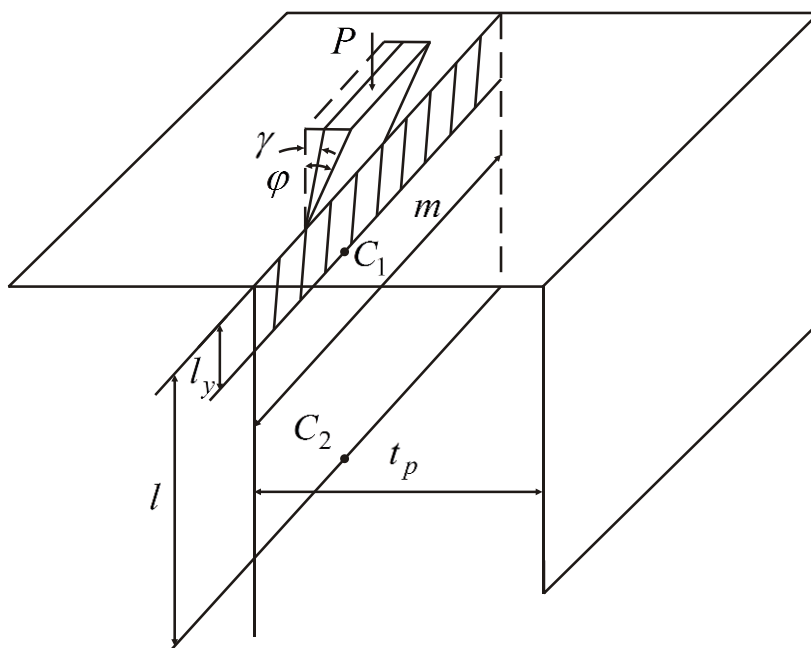


Рис. 1 - Схема, описывающая развитие трещины в твердом включении

Критерии развития краевой прямоугольной магистральной трещины в четверти пространства от воздействия конических дисковых инструментов состоят из двух частей:

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

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

- коэффициента интенсивности напряжений первого типа для неустойчивой трещины в породах средней хрупкости

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

где

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

P - равнодействующая сила, действующая на ось конического дискового инструмента, H ;

$S_y = m \cdot l_y$ - площадь устойчивой трещины, m^2 ;

m, l_y - геометрические размеры устойчивой трещины, m ;

$A = 0,5019205$ - постоянная величина;

φ - угол заострения конического дискового инструмента

$(20^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ)$, град.;

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

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

$S = m \cdot l$ - площадь магистральной трещины, m^2 ;

m, l - геометрические размеры магистральной трещины, m ;

$B = 0,189938579$ - постоянная величина;

K_I - коэффициент интенсивности напряжений первого типа,

$H / m^{3/2}$;

$l = l_y + l_n$ - магистральная трещина включает в себя устойчивую и неустойчивую части;

$$k_{t_p} = 1 / (1,8 \cdot x - x^2)^{1/2};$$

$x = t_p / t_{пред}$ - безразмерная величина;

$t_{пред} = 0,1$ - предельный шаг разрушения, m .

Критерии развития устойчивых и неустойчивых магистральных трещин в породах средней хрупкости позволили получить функциональную зависимость площади магистральной трещины от площади устойчивой трещины, угла заострения конического дискового инструмента и шага разрушения в следующем виде

$$\left(\frac{S_n}{S_y} \right)^{1/4} = \frac{A \sin(\beta - \alpha)}{B \cos \alpha} k_{t_p}.$$

Максимальная длина устойчивой трещины, переходящая в неустойчивое состояние, определяется по следующей формуле [4]

$$l_{\max} = t_p / (5,28 + 0,044 \cdot \gamma - 0,046666 \cdot \varphi),$$

установленной в результате анализа напряженно-деформированного состояния породы под лезвием конического дискового инструмента и траектории развития неустойчивой трещины, построенной на основе анализа изолиний поверхности разрушения.

Результаты роста устойчивых и неустойчивых трещин по критериям (1) и (2), проверяли сопоставлением с экспериментальными данными других исследователей [5].

В таблице 1 приведены данные экспериментальных исследований по разрушению горных пород коническим дисковым инструментом и результаты расчетов, выполненных по критериям (1) и (2).

Разрушению подвергались породные блоки размером $1,0 \times 1,0 \times 1,0 \text{ м}^3$. Габбро ($\sigma_{сж} = 114 \text{ МПа}$, $\sigma_p = 14 \text{ МПа}$) и карбонатные породы ($\sigma_{сж} = 79,5 \text{ МПа}$, $\sigma_p = 4,3 \text{ МПа}$) разрушались коническим дисковым инструментом, имеющим диаметр $D = 0,28 \text{ м}$, угол заострения $\varphi = 45^\circ$ и задний угол $\gamma = 12^\circ$. В расчетах принималось, что $m = 1,0$.

В таблице 1 приняты следующие обозначения: t_p - шаг разрушения; h - суммарная глубина прохода конического дискового инструмента по одному и тому же следу; R - равнодействующая сила на оси конического дискового инструмента, определяемая экспериментально; l_y - длина устойчивой трещины; l_3 - длина магистральной неустойчивой трещины, определяемая экспериментально; P - равнодействующая сила, определяемая по критериям разрушения (1) и (2); l - магистральная трещина, вычисленная по критерию (2).

Таблица 1 - Результаты экспериментальных и теоретических исследований разрушения пород коническим дисковым инструментом

$t_p, \text{ м}$	№	$h = l_y, \text{ м}$	$R, \text{ кН}$	$l_3, \text{ м}$	$P, \text{ кН}$	$l, \text{ м}$
Габбро 0,08	1	0,010	36,70	0,41	38,47	0,40
	2	0,020	57,98		64,70	
0,08	1	0,010	43,42	0,42	38,47	0,50
	2	0,025	65,74		76,49	
0,06	1	0,005	23,05	0,39	20,62	0,44
	2	0,015	49,37		49,47	
	3	0,018	56,23		56,72	
0,050	1	0,010	30,93	0,41	34,68	0,45
	2	0,015	42,72		47,00	
Карбонатные породы 0,08	1	0,005	18,18	0,46	20,80	0,50
	2	0,015	42,20		47,41	
	3	0,025	63,13		69,54	
0,07	1	0,004	21,40	0,28	17,26	0,34
	2	0,010	44,69		34,31	
	3	0,016	53,26		48,82	

Коэффициент интенсивности напряжений для габбро $K_I = 1,1 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, а для карбонатных пород $K_I = 1,0 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Во второй колонке представлено количество проходов конического дискового инструмента по одному и тому же следу до образования магистральной неустойчивой трещины.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают, что глубина прохода соответствует величине устойчивой трещины.

Равнодействующие нагрузки, при которых образуются магистральные неустойчивые трещины, отличаются от экспериментальных на 16,4 %.

Таким образом, разработанные критерии позволяют прогнозировать развитие магистральных трещин в крепких горных породах в зависимости от геометрических характеристик конического дискового инструмента, режимных параметров и прочностных свойств крепких горных пород.

Список литературы

1. Полкунов Ю.Г., Лобода М.Ю. Математическое моделирование развития объемных трещин // Научно-технический вестник Поволжья.- 2019.- №4.- С. 26-29.
2. Линьков А.М. Комплексный метод граничных интегральных уравнений теории упругости / А.М. Линьков. - СПб.: Наука, 1999. - 382 с.
3. Нестеров В.И., Полкунов Ю.Г. Разрушение горных пород трещинами нормального разрыва // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 1997. - №1. - С. 9-13.
4. Полкунов Ю.Г. Циклическое разрушение крепких пород инструментами горных машин, формирующими трещины нормального разрыва: Автореф. дис. докт. техн. наук. - Кемерово, 2000. - 30 с.
5. Герике Б.Л. Разрушение крепких горных пород дисковым скалывающим инструментом очистных комбайнов: дис. докт. техн. наук. - Кемерово, 1991. - С. 451-470.

05.13.18

¹А.Л. Сухарев, ¹Р.В. Жалнин канд. физ.-мат. наук, ²С.А. Федосин канд. техн. наук

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва,

¹факультет математики и информационных технологий,²институт электроники и светотехники.

Саранск, zhrv@mrsu.ru

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОРДОВСКО-РУССКОГО ПЕРЕВОДЧИКА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ LSTM-RNN

В работе представлены результаты использования искусственных нейронных сетей LSTM RNN для машинного перевода. Целью работы было создание программы переводчика с одного из языков мордовской группы – эрзянского языка на русский язык. Решены следующие задачи: разработан алгоритм работы переводчика на основе нейронных сетей, обучена и настроена нейронная сеть, выполнено тестирование работы нейронной сети.

Ключевые слова: *искусственные нейронные сети, машинный перевод, LSTM RNN сети.*

Разработка систем машинного перевода на сегодняшний день является актуальной задачей. Существует достаточно много свободно доступных решений, позволяющих осуществлять машинный перевод текстов между распространенными языками. Но при этом остается довольно много языков (например, национальные языки регионов РФ) для которых подобных решений не существует. В данной работе сделана попытка создать систему машинного перевода с эрзянского языка – это финно-угорский язык финноволжской группы мордовской подгруппы – на русский.

Разработанные алгоритмы основаны на рекуррентных нейронных сетях (*recurrent neural networks, RNN*) – в них нейроны получают информацию не только от предыдущего слоя, но и от самих себя после предыдущего прохода [1, 2]. Это означает, что порядок, в котором подаются данные и обучается сеть, становится важным. Большой сложностью сетей RNN является проблема исчезающего (или взрывного) градиента, которая заключается в быстрой потере информации с течением времени. Это влияет лишь на веса, а не на состояния нейронов, в которых накапливается информация. Обычно сети такого типа используются для автоматического дополнения информации.

Основное отличие RNN от традиционных заключается в логике работы сети, при которой каждый нейрон взаимодействует сам с собой. Такие сети, как правило, используются при работе с последовательной информацией – в основном с текстами и аудио/видео-сигналами.

В пределах одного предложения такие сети работают неплохо, но если речь заходит о более длинном тексте, то закономерности в его начале уже не будут вносить какой-либо вклад в решения сети ближе к концу текста, также как ошибка на первых элементах последовательностей в процессе обучения перестаёт вносить вклад в общую ошибку сети. Данное явление – это фундаментальная проблема подобных нейронных сетей, которая называется проблемой исчезающего градиента.

Чтобы решить проблему исчезающего градиента, были использованы LSTM-RNN сети (Long Short-Term Memory Recurent Neural Network), в которых были добавлены дополнительные внутренние преобразования, которые оперируют с памятью более осторожно [3].

Алгоритм работы созданной системы машинного перевода следующий. Система сначала считывает исходное предложение, используя кодировщик для создания «мыслительного» вектора, последовательность чисел, которая представляет смысл предложения; затем декодер обрабатывает вектор предложения, чтобы выводить перевод, как показано на рисунке 1. Это

часто называют архитектурой декодера-кодировщика [2]. Кодер преобразует исходное предложение в вектор «значение», который передается через декодер для создания перевода.

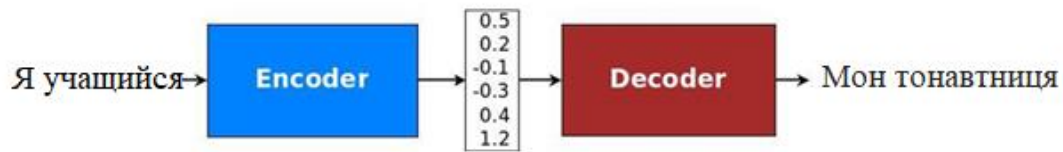


Рис. 1 – Архитектура кодировщика

На рисунке 2 представлена схема использованной в работе глубокой многослойной RNN, которая является однонаправленной и использует LSTM как повторяющуюся единицу. На рисунке продемонстрирована модель для перевода исходного предложения «Я учащийся» в целевое предложение «Мон тонавтниця». На высоком уровне модель системы машинного перевода состоит из двух рекуррентных нейронных сетей: кодер RNN просто потребляет исходные слова без каких-либо предсказаний; декодер, с другой стороны, обрабатывает целевое предложение, предсказывая следующие слова.

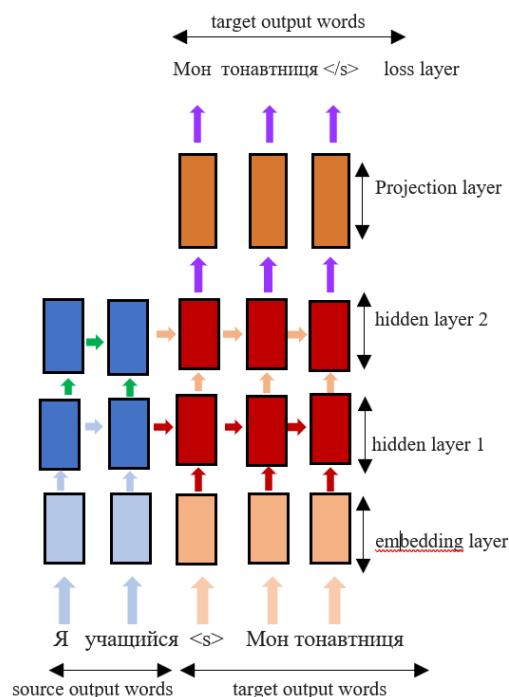


Рис. 2 – Схема глубокой LSTM RNN

Чтобы создать современные системы перевода, необходим механизм внимания, впервые введенный в работе [4], а затем уточненный в [5]. Ключевой идеей механизма внимания является установление прямых коротких связей между целью и источником, обращая внимание на релевантное исходное содержимое. Хорошим побочным продуктом механизма внимания является простая в визуализации матрица выравнивания между исходным и целевым предложениями.

Например, в исходной модели seq2seq [6, 7] передается последнее состояние источника из кодировщика в декодер при запуске процесса декодирования. Это хорошо подходит для коротких и средних предложений; однако для длинных предложений единственное фиксированное скрытое состояние становится информационным узким местом. Вместо отказа от всех скрытых состояний, вычисленных в исходном RNN, механизм внимания обеспечивает подход, который позволяет декодеру заглядывать в них (рассматривая их как динамическую память исходной информации). Таким образом, механизм внимания улучшает перевод более длинных предложений.

В качестве обучающего набора данных был взят текст Библии на эрзянском языке с переводом на русский язык [8].

В таблице 1 приведен пример перевода, выполненного обученной сетью.

В настоящей работе была разработана программа на языке Python, реализующая алгоритм перевода текста с эрзянского языка на русский язык. Можно отметить, что разработанная программа может быть использована при создании электронных переводчиков с одного языка на другой при соответствующей замене входных файлов, которые задают исходные наборы согласованных текстов на двух различных языках. В дальнейшем планируется увеличение обучающей выборки и адаптация алгоритмов к морфологическим и синтаксическим особенностям мордовского языка.

Таблица 1 – Пример перевода текста из валидационной выборки.

№ п/п	Исходный текст на эрзянском языке	Исходный текст на русском языке	Перевод на русский язык разработанным алгоритмом
1	пазонь оймеялтоь ды одирьвасьяк кортыть Иисуснэнь сак ды сеяк, кие мари мерезэ сак ды кинь сась симемазо сазо ды кинь ули мелезэ саезэ эрямо ведеть стякодо	и дух и невеста говорят прииди и слышавший да скажет прииди жаждущий пусть приходит и желающий пусть берет воду жизни даром	и и дух и невесты сказали приходите желающий пусть брать воду и жизнь даром
2	минек иисус христос азоронть чанстесь улезэ весеменк тынк марто аминь	благодать господа нашего иисуса христа со всеми вами аминь	блага господь нашим христос все вам
3	пазонь чанстесь улезэ весеменк марто аминь	благодать со всеми вами аминь	блага все вам

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России проекта «Разработка программно-технологической платформы на основе автоматизированных алгоритмов машинного обучения онтологической классификации нормативно-справочной информации (в том числе градиентного бустинга, нейронных сетей) с применением облачных технологий» (Соглашение № 074-11-2018-027 от 11.07.2018) в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года №218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Список литературы

1. Элман Д.Л. Finding structure in time // University of California – 1990. – №14. – 179-211
2. Николенко С., Кадури А. Архангельская Е. Глубокое обучение // СПб.: Питер, 2018. – 451 с.
3. Olah C. Understanding LSTM Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs>
4. Bahdanau D., Cho K., Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1409.0473>
5. Luong M.-Th., Pham H., Christopher D. Manning Effective Approaches to Attention-based Neural Machine Translation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1508.04025>
6. Официальный сайт TensorFlow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/tutorials/seq2seq>
7. Официальный сайт Github [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://google.github.io/seq2seq/nmt/>
8. Библия на финно-угорских языках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.finugorbib.com/bible/bible_start.html

05.13.18

Н.А. Федюшкин, С.А. Федосин канд. техн. наук

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

О ВЫБОРЕ МЕТОДОВ ВЕКТОРИЗАЦИИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассматривается процесс извлечения признаков или векторизации текста. Описываются несколько методов кодирования текстовой информации: частотное кодирование, унитарное кодирование, TF-IDF и распределенное представление. В заключении проводится сравнение методов и приводится краткое описание задач, в которых эти методы могут применяться.

Ключевые слова: векторизация, токенизация, «мешок слов», корпус, кодирование, распределенное представление.

Цель статьи – анализ методов векторизации текстовой информации, представленной на естественном языке. Один из подходов машинного обучения на текстовом наборе данных – преобразование документов в векторные числовые представления. Этот процесс называется извлечением признаков или векторизацией, и является первым шагом к анализу текстовых данных.

При анализе корпуса текстов экземплярами являются целые документы или высказывания, длина которых может варьироваться от цитат или твитов до целых книг, но векторы которых всегда имеют одинаковую длину.

Необходимо изменить представление текстового массива - от последовательности слов к точкам, которые занимают многомерное семантическое пространство. Точки в пространстве могут быть близко друг к другу или далеко друг от друга, плотно сгруппированы или равномерно распределены. Таким образом, семантическое пространство отображается таким образом, что документы с одинаковыми значениями ближе друг к другу, а те, которые отличаются, находятся дальше друг от друга [1].

Простейшим кодированием семантического пространства является модель «мешок слов» (bag-of-words), первичное понимание которой заключается в том, что значение и сходство кодируются в словаре. Эта модель, хотя и проста, чрезвычайно эффективна и служит отправной точкой для более сложных моделей. Для векторизации корпуса документов каждый документ представляется как вектор, длина которого равна словарному запасу корпуса. Можно упростить вычисление, отсортировав позиции токенов вектора в алфавитном порядке, как показано на рисунке 1. В любом случае, получается векторное отображение корпуса, которое позволяет уникально представлять каждый документ.



Рис. 1 - Кодирование документов, как векторов

Рассматриваются несколько вариантов, каждый из которых расширяет или модифицирует базовую модель bag-of-words для описания семантического пространства. Описываются четыре типа векторного кодирования - частотное, унитарное (one-hot), TF – IDF и распределенное представление. Пример представляет собой небольшой корпус из трех документов. Для начала создается список документов и производится их токенизация для последующих примеров векторизации. Выбор конкретного метода векторизации будет в значительной степени зависеть от проблемного пространства [2].

Частотные векторы (Frequency)

Простейшая модель векторного кодирования состоит в том, чтобы просто заполнить вектор частотой каждого слова, с которой оно появляется в документе. В этой схеме кодирования каждый документ представлен в виде мультимножества токенов, которые его составляют, а значение для каждой позиции слова в векторе - это его количество появлений. Это представление может быть либо кодированием с прямым счетом (целым числом), как показано на рисунке 2, либо нормализованным кодированием, где каждое слово взвешивается по общему количеству слов в документе.



Рис. 2 - Частота слова, как векторное кодирование

Унитарное кодирование (one-hot)

Поскольку частотные методы кодирования игнорируют грамматику и относительное положение слов в документах, они страдают от длинного хвоста или закона Ципфа [3], который характеризует естественный язык. В результате токены, которые встречаются очень часто, на порядки более «значимы», чем другие, менее частые. Это может оказать значительное влияние на некоторые модели (например, обобщенные линейные модели), которые ожидают объектов с нормальным распределением.

Решением этой проблемы является унитарное кодирование, метод логического векторного кодирования, который помечает конкретный векторный индекс значением true (1), если токен существует в документе, и false (0), если его нет. Другими словами, каждый элемент вектора с унитарным кодированием отражает либо наличие, либо отсутствие токена в описанном тексте, как показано на рисунке 3.



Рис. 3 - Унитарное кодирование

Унитарное кодирование уменьшает проблему дисбаланса при распределении токенов, упрощая его составляющие компоненты. Это сокращение наиболее эффективно для очень маленьких документов (предложений, твитов), которые не содержат очень много повторяющихся элементов, и обычно применяется к моделям, которые имеют очень хорошие свойства сглаживания. Унитарное кодирование также обычно используется в искусственных нейронных сетях, функции активации которых требуют, чтобы входное значение находилось в дискретном диапазоне $[0,1]$ или $[-1,1]$.

Унитарное кодирование представляет сходство и различие на уровне документа, но поскольку все слова отображаются на одинаковом расстоянии, оно не может кодировать похожесть для каждого слова. Более того, поскольку все слова одинаково далеки, словоформа становится невероятно важной.

Частота слова - Обратная частота документа, TF-IDF

Представления «мешка слов», которые рассматривались до сих пор, содержат лишь множество описаний, которые описывают документ только автономно, без учета контекста корпуса. Лучшим подходом было бы рассмотреть относительную частоту или редкость токенов в документе и их частоту в других документах. Основная идея заключается в том, что значение, скорее всего, закодировано в более редких терминах документа. Например, в корпусе спортивного текста токены, такие как «ампайр», «база» и «дагаут», появляются чаще в документах, в которых обсуждается бейсбол, в то время как другие токены, которые часто появляются во всем корпусе, такие как «бег», «счет» и «игра» менее важны.

TF-IDF, term frequency-inverse document frequency, «частота слова - обратная частота документа», кодирование нормализует частоту токенов в документе по отношению к остальной части корпуса [4]. Этот подход к кодированию подчеркивает термины, которые очень важны для конкретного экземпляра, как показано на рисунке 4, где токены имеют большее отношение к этому документу, поскольку они появляются только в нем.



Рис. 4 - Кодирование TF – IDF

TF – IDF вычисляется на основе каждого термина, так что отношение токена к документу измеряется по масштабированной частоте появления термина в документе, нормализованной по обратной частоте масштабированного термина во всем корпусе.

Частота слова или термина, данного документа, $tf(t, d)$, может быть булевой частотой (как в кодировании с одним унитарным кодом, 1, если t встречается в d , 0 в противном случае), или счетчиком. Однако, как правило, частота слова и обратная частота документа масштабируются логарифмически, чтобы предотвратить смещение более длинных документов или терминов, которые появляются гораздо чаще по сравнению с другими терминами:

$$tf(t, d) = 1 + \log f_{t,d}.$$

Точно так же обратная частота документа термина в данном наборе документов может быть логарифмически масштабирована следующим образом:

$$idf(t, D) = \log 1 + \frac{N}{n_t},$$

где N число документов и n_t количество вхождений термина t во всех документах. TF-IDF затем вычисляется полностью как

$$tfidf(t, d, D) = tf(t, d) \cdot idf(t, D).$$

Показатель TF – IDF всегда больше или равен нулю. Оценка интерпретируется как означающая, что чем ближе оценка TF – IDF термина к 1, тем более информативен этот термин для данного документа. Чем ближе оценка к нулю, тем менее информативен этот термин.

Одним из преимуществ TF-IDF является то, что эта модель естественным образом решает проблему стоп-слов, которые наиболее вероятно встречаются во всех документах в корпусе (например, «а», «у», «и» и т. д.) И, таким образом, при этой схеме кодирования накапливаются очень малые веса. Это смещает модель TF – IDF в сторону умеренно редких слов. В результате TF-IDF широко используется для моделей bag-of-words и является отличной отправной точкой для большинства аналитических работ по тексту.

Распределенное представление

Хотя частотное, унитарное кодирование и кодирование TF-IDF позволяют помещать документы в векторное пространство, часто полезно также кодировать сходства между документами в контексте этого же векторного пространства. К сожалению, эти методы векторизации создают векторы документов с неотрицательными элементами, что означает, что не будет возможности сравнивать документы, которые не разделяют термины (потому что два вектора с косинусным расстоянием 1 будут считаться далеко друг от друга, даже если они семантически похожи) [5].

Когда сходство документов важно в контексте приложения, текст вместо этого кодируется по непрерывной шкале с распределенным представлением. Это означает, что результирующий вектор документа не является простым отображением положения токена в

метку токена. Вместо этого документ представлен в пространстве признаков, которое было внедрено для представления сходства слов. Сложность этого пространства (и результирующая длина вектора) является продуктом того, как изучается отображение в это представление.

Алгоритм Word2vec, реализует модель встраивания слов, которая позволяет создавать распределенные представления. Он обучает представления слов на основе либо непрерывного пакета слов (continuous bag-of-words, CBOW), либо модели скип-граммы, так что слова встраиваются в пространство вместе с аналогичными словами на основе их контекста.

Алгоритм doc2vec является расширением word2vec. Он предлагает вектор абзаца - неконтролируемый алгоритм, который изучает представления объектов фиксированной длины из документов переменной длины [6]. Это представление пытается унаследовать семантические свойства слов, так что «красный» и «красочный» больше похожи друг на друга, чем на «реку» или «управление». Более того, вектор абзаца учитывает порядок слов в пределах узкого контекста, похожий на модель n-грамм. Объединенный результат гораздо более эффективен, чем модель «мешок слов» или «мешок с n-граммами», потому что он лучше обобщает и имеет меньшую размерность, но все еще имеет фиксированную длину, поэтому его можно использовать в общих алгоритмах машинного обучения [7,8].

Распределенные представления значительно улучшают результаты по сравнению с моделями TF – IDF при правильном использовании. Сама модель может быть сохранена на диск и активно переобучена, что делает ее чрезвычайно гибкой для различных случаев использования. Однако в больших корпусах обучение может быть медленным и занимать много памяти, и оно может быть не таким хорошим, как модель TF-IDF с применением анализа основных компонентов (Principal Component Analysis, PCA) или разложения по сингулярным значениям (Singular Value Decomposition, SVD), применяемых для уменьшения пространства функций.

Выбор метода векторизации (а также реализации библиотеки), как правило, зависит от конкретного случая и приложения (см. таблицу)

Таблица - Обзор методов векторизации текста

Метод векторизации	Функция	Хорошо подходит для	Соображения
Частотный	Считает частоты слов	Байесовские модели	Самые частые слова не всегда самые информативные
Унитарное кодирование	Бинаризует появление термина (0, 1)	Нейронные сети	Все слова равноудалены, поэтому нормализация очень важна
TF-IDF	Нормализует частоты слов между документами	Общее назначение	Умеренно частые термины могут не отражать темы документа
Распределенные представления	Контекстное, непрерывное кодирование подобия слов	Моделирование более сложных отношений	Высокая производительность; трудно масштабировать без дополнительных инструментов

Заключение

В статье проведён краткий обзор методов векторизации и рассмотрены варианты использования для различных типов текстовой информации и различных алгоритмов машинного обучения. Анализ показал, что на практике лучше всего выбрать схему кодирования на основе имеющейся проблемы; определенные методы существенно превосходят другие для определенных задач.

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

Список литературы

1. *Pierre Bonnet*. Enterprise Data Governance: Reference and Master Data Management Semantic Modeling. // ISBN: 978-1-118-62253-7., Wiley-ISTE, 2013, 320 pages
2. *Julia Silge, David Robinson*, Text Mining with R. A Tidy Approach // ISBN: 978-1-491-98165-8, O'Reilly Media, Inc., 2017, 193 pages
3. *K.E. Kechedzhy, O.V. Usatenko, V.A. Yampol'skii*, Rank distributions of words in additive many-step Markov chains and the Zipf law // *Phys. Rev. E.*, 2004, Vol. 72. — Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/physics/0406099.pdf>
4. *Федюшкин Н.А., Федосин С.А.*, Основные технологии интеллектуального анализа текста // Развитие технических наук в современном мире. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции - № 3 - г. Воронеж - 2016 - С. 21-25
5. *Федюшкин Н.А., Федосин С.А.*, Краткий обзор методов и моделей интеллектуального анализа текста // Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции - № 4 - г. Омск - 2017 - С. 10-12
6. *Benjamin Bengfort, Rebecca Bilbro, Tony Ojeda*. Applied Text Analysis with Python // ISBN: 978-1-491-96304-3, O'Reilly Media, Inc., 2018, 478 pages
7. *Roberto Pasolini*. Learning methods and algorithms for semantic text classification across multiple domains // *Alma Mater Studiorum – Universita di Bologna*, 2015, 198 pages
8. *Федюшкин Н.А., Федосин С.А., Савинов И.А.*, Латентно-семантический анализ текста // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции — № 5 — г. Новосибирск — 2018 — С. 15-17

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

05.13.19

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова

Саровский физико-технический институт
Национального исследовательского ядерного университета МИФИ

**АНАЛИЗ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗРАБОТКА
АЛГОРИТМА БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ**

В статье рассматриваются основные виды угроз информационной безопасности. Приводятся результаты исследований рынка по обеспечению защиты информации. На основе всех рассмотренных факторов, как один из вариантов защиты данных, приводится пример разработанного алгоритма безопасного хранения данных в базе данных и обращения с ними.

Ключевые слова: *информационная безопасность, базы данных, шифрование данных.*

В век информационных технологий сложно представить обработку информации без использования электронных средств автоматизированной обработки информации. Хранение и обработка информации в электронном виде имеет свои явные преимущества, среди которых, естественно, удобство, простота обработки, скорость обработки, долговременное хранение. Однако, помимо преимуществ, обработка информации в автоматизированных системах электронной обработки имеет и свои недостатки, главным из которых является уязвимость информации.

Уязвимость информации в основном обуславливается следующими угрозами [1]:

- Сбои и отказы оборудования автоматизированных систем обработки и хранения информации;
- Стихийные бедствия и аварии;
- Последствия ошибок проектирования и разработки компонентов автоматизированных систем обработки и хранения информации;
- Ошибки эксплуатации;
- Преднамеренные действия нарушителей и злоумышленников.

Все вышеперечисленные угрозы можно разделить на естественные и искусственные угрозы. В случае с естественными угрозами, максимальной угрозой будет только потеря данных. Защититься от потери данных в случае сбоя оборудования или какой-либо внештатной ситуации можно с помощью такого функционала как резервирование.

С искусственными угрозами всё сложнее. Их разделяют на преднамеренные и непреднамеренные. Непреднамеренные угрозы так же, как и естественные угрозы страшны потерей данных. Преднамеренные же угрозы связаны с корыстными устремлениями людей.

В случае преднамеренных угроз, потенциальная атака на информацию может исходить как извне системы, так и изнутри системы (в основном человеческий фактор).

В связи с большим количеством конкурирующих компаний или предприятий, любое предприятие заинтересовано в защите своей информации. Большинство предприятий для хранения своей информации используют базы данных. Базы данных как и любые другие системы хранения данных подвержены как внешним так и внутренним атакам.

На данный момент времени, в части как внешних, так и внутренних угроз проработаны и готовы к внедрению на любое предприятие уже немало вариантов защиты информации:

- пропускная система;
- разграничение доступа к информации (мандатное управление доступом);
- контроль трафика;

- шифрование данных;
- системы антивирусной защиты;
- и др.

Однако, не смотря на обширный выбор вариантов защиты информации, остаётся открытым вопрос о таких угрозах, как преднамеренные нарушения, злодеяния и передача информации третьим лицам со стороны пользователей. Под пользователями подразумеваются как обычные пользователи, операторы, так и администраторы систем.

Как один из вариантов борьбы с данными угрозами, можно выделить совмещение мандатного управления доступом к данным с шифрованием данных на каждом моменте переноса.

Мандатное управление доступом представляет собой разграничение доступа разным разделам дискового пространства. Мандатным контролем доступа к данным на настоящий момент могут похвастаться такие СУБД как ЛИНТЕР, Oracle Database и PostgreSQL. Идея мандатного управления доступом заключается в разграничении доступа субъектов к объектам, основанное на назначении метки конфиденциальности¹ для информации (рисунок 1).



Рис. 1 – Мандатное управление доступом

Для шифрования информации на каждом этапе переноса информации имеет смысл использовать блочный шифр «Кузнечик». Блочный шифр «Кузнечик» - симметричный алгоритм блочного шифрования с размером блока 128 бит и длиной ключа 256 бит. Данный шифр предполагает разбиение информации на блоки по 128 бит и поэтапное преобразование информации различными ключами на каждом этапе [2]. Обо всех преобразованиях информации обязательно должен знать специальный «управляющий» сервер, находящийся либо на локальной машине, на которой ведётся обработка информации, либо на удалённой машине, которая предназначена только для использования в качестве промежуточного устройства хранения.

Таким образом, при обращении к какой либо информации получаем следующее:

- Администратор не имеет доступа к хранимой информации.

Администратор БД может выполнять свои обязанности по поддержанию стабильной работы базы данных, не имея при этом доступа к самим данным, хранящимся в базе.

- Пользователь БД при попытке изменения данных, отправляет запрос «управляющему» серверу. После успешной идентификации по паролю или ключу, пользователь получает разрешение на изменение данных и, соответственно, доступ к данным.

¹ Метка конфиденциальности или классификационная метка - Служебный атрибут безопасности единицы информационного ресурса, представляющий собой комбинацию иерархических классификационных уровней и неиерархических классификационных признаков. []

После изменения данных, результат шифруется и сохраняется в базе данных (при желании можно использовать несколько итераций шифрования данных, о количестве итераций должен знать только «управляющий» сервер). На «управляющий» сервер поступает информация о внесённых изменениях, а так же о том, какими ключами были зашифрованы данные. На стороне пользователя все упоминания о работе с изменёнными данными затираются (рисунок 2).

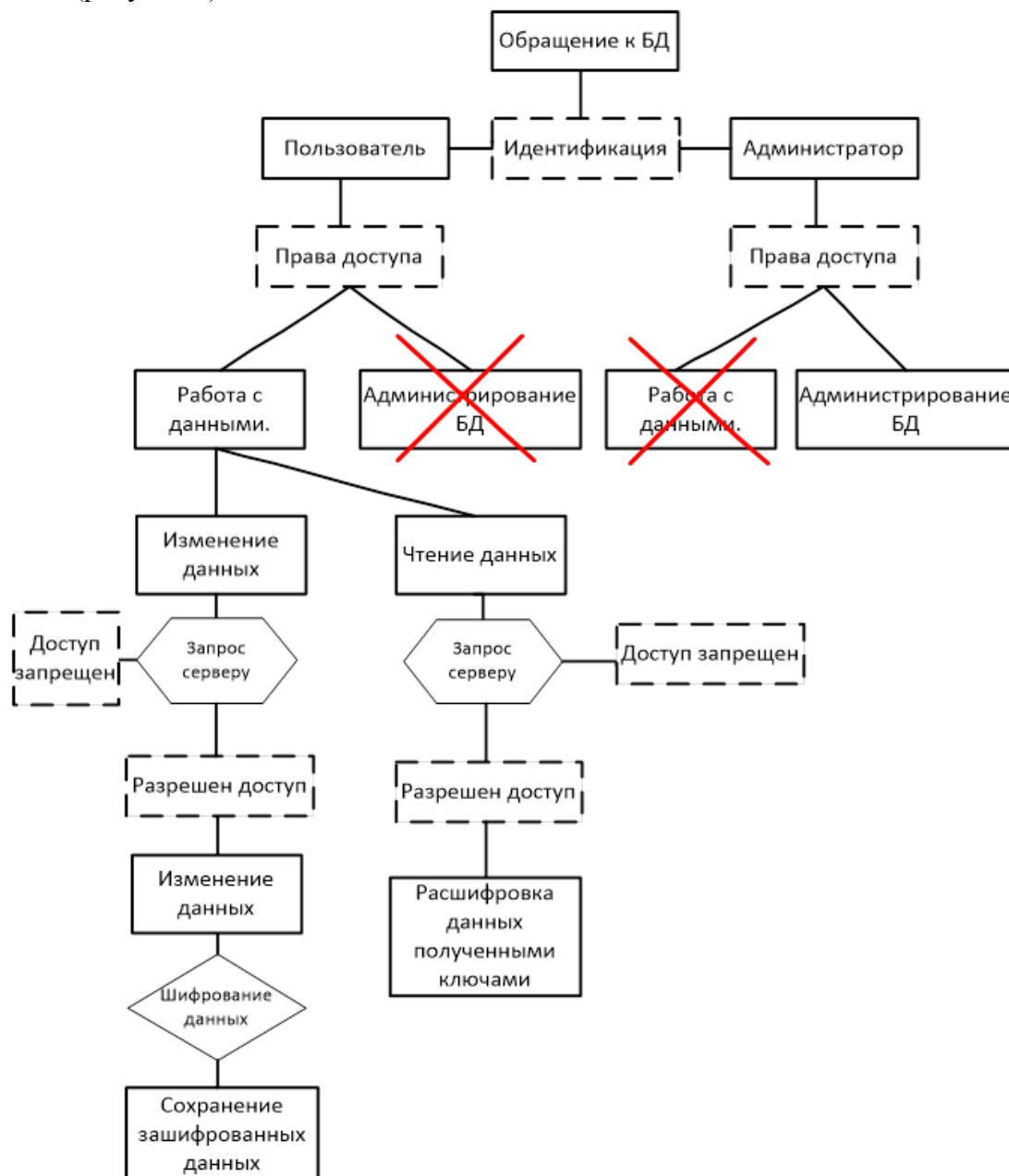


Рис. 2 – Алгоритм доступа к базе данных

Таким образом, при необходимости, с помощью широкодоступных программных средств, можно создать такой алгоритм доступа к БД и её использования, при котором останется беспокоиться только о физическом вмешательстве злоумышленников с риском потери данных.

Список литературы

- ГОСТ Р 58256-2018. Защита информации. Управление потоками информации в информационной системе. 01.01.2018г.;
- ГОСТ Р 34.12. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. 19.06.2015г.

05.13.19

А.В. Комарова, А.Г. Коробейников д-р техн. наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
факультет безопасности информационных технологий
Санкт-Петербург, piter-ton@mail.ru

МОДИФИЦИРОВАННАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ, СТОЙКАЯ К КВАНТОВОМУ КОМПЬЮТЕРУ

В статье представлена схема электронной подписи, построенная путем комбинирования пост-квантовой схемы Falcon и схемы электронной подписи Рабина. Показано, что предлагаемая схема основывается на сложности решения двух трудных задач одновременно: задачи извлечения корней по составному модулю и задачи поиска короткого целочисленного решения. Приведены оценки трудоемкости полученной схемы, а также оценки длин ключей и подписи.

Ключевые слова: *схема Falcon, пост-квантовая криптография, электронная подпись, теория решеток, задача извлечения корней по составному модулю, задача поиска короткого целочисленного решения.*

Одной из важных проблем для современной криптографии в настоящий момент является потенциальная возможность появления квантового компьютера. В этом случае из всех возможных криптографических приложений особенно остро данная проблема скажется на схемах электронной подписи (ЭП). Они становятся небезопасными [1]. Существует большое количество пост-квантовых подходов и схем ЭП, однако, по мнению авторов, наибольшего внимания заслуживает теория решеток, в частности схема Falcon [2]. Трудоемкость схемы основывается на сложности поиска короткого целочисленного решения в решетке [3-4].

Основная структура схемы Falcon выглядит так. *Открытым ключом* является полно ранговая матрица $\mathbf{A} \in Z_q^{n \times n}$ ($m > n$) генерирующая q -арную решетку $L_q(\mathbf{A})$. *Закрытым ключом* является матрица $\mathbf{B} \in Z_q^{m \times m}$, генерирующая решетку $L_q^\perp(\mathbf{B})$, такую что для $\mathbf{x} \in L_q(\mathbf{A})$ и $\mathbf{y} \in L_q^\perp(\mathbf{B})$ выполнено условие $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle = 0 \bmod q$. Следовательно строки матриц $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$ попарно ортогональны: $\mathbf{B} \times \mathbf{A}^T = 0$. Матрица $\mathbf{B}$ состоит из практически ортогональных векторов с малыми коэффициентами, а матрица $\mathbf{A}$ - из не ортогональных векторов с большими коэффициентами. Все процедуры выполняются в фактор кольце $R = Z_q[x]/(x^n + 1)$ усеченных многочленов.

Процедура генерации подписи к сообщению M такова:

1. генерируется битовая строка $r = \{0, 1\}^{320}$ из некоторого случайного равномерного распределения;
 2. используя хэш-функцию SHAKE-256 вычисляется $h = H(m \parallel r)$;
 3. вычисляется значение $\mathbf{c}$, такое что выполняется $\mathbf{cA}^T = h$;
 4. с помощью матрицы $\mathbf{B}$ вычисляется $\mathbf{v} \in L_q^\perp(\mathbf{B})$, близкий к $\mathbf{c}$;
 5. вычисляется разность $\mathbf{s} = \mathbf{c} - \mathbf{v}$.
- Подписью к сообщению M является пара (r, s).*

Процедура проверки подписи (r, s) к сообщению M :

1. вычисляется значение $h = H(m \parallel r)$;
2. проверяется выполнимость условия $\|s\| < \beta$, где параметр β выбирается в зависимости от требуемого уровня безопасности;
3. вычисляется значение $h' = sA^T$.

Если $h' = h$, то подпись признается подлинной.

Корректность проверки: $h' = sA^T = (c - v)A^T = cA^T - vA^T = h - 0 = h$.

Для того чтобы усложнить задачу злоумышленнику, а также проверить существующие пост-квантовые схемы на предмет неизученных уязвимостей, предлагается подход по комбинированию нескольких трудных задач. Таким образом, повышается уровень безопасности и, соответственно, понижается вероятность взлома модифицированных схем ЭП. Подобный подход не является новым. Он предлагался в работах [5,6], однако возможность комбинирования пост-квантовых схем с классическими асимметричными схемами не была предложена.

Разработанная авторами схема, которую далее будем называть ФИКК, создана путем встраивания схемы ЭП Рабина [7] в схему *Falcon* [2]. В выработанной схеме алгоритм *Compress* принимает на вход многочлен и выводит его сжатое представление в виде числовой строки, а алгоритм *Decompress* производит обратное действие к алгоритму *Compress* (т.е. $Decompress \circ Compress(s) = s$): принимает на вход строку и выводит многочлен. В диссертации [5] был предложен подход по модификации параметров схемы Рабина для того, чтобы добиться выигрыша в скорости. Используем этот подход при генерации модуля n в схеме ФИКК.

Процедура генерации ключей состоит из следующих шагов:

1. генерируются две матрицы A и B так же, как в схеме *Falcon*;
2. формируется модуль $n = pq$;
3. выбирается число γ такое, что $\gamma = p'q'$ и $p' \equiv 3 \pmod{4}$, $q' \equiv 3 \pmod{4}$, $p' \nmid (p-1)$, $q' \nmid (q-1)$ и p' не делит $(q-1)$, а q' не делит $(p-1)$.

Открытым ключом в модифицированной схеме будет являться пара (A, n) . *Закрытым ключом* – тройка (B, q, p) .

Процедура генерации подписи в этом случае несколько изменится:

4. генерируется битовая строка $r = \{0, 1\}^{320}$ из некоторого случайного равномерного распределения;
5. с использованием криптографически стойкой хэш-функции SHAKE-256 вычисляется значение $h = H(m \parallel r)$;
6. вычисляется значение c , такое чтоб выполнялось условие $cA^T = h$;
7. с помощью матрицы B вычисляется $v \in L_q^\perp(B)$, близкий к c ;
8. вычисляется разность $s = c - v$;
9. вычисляется значение $a = (Compress(s))$, $a < n$;
10. проверяется выполнение сравнений $a^{\frac{p-1}{2}} \equiv 1 \pmod{p}$ и $a^{\frac{q-1}{2}} \equiv 1 \pmod{q}$;

Если одно из соотношений не выполняется, то генерируется новое случайное число r и процедура повторяется до тех пор, пока не будет найдено такое значение r , для которого оба условия выполняются, т. е. получено a , являющееся квадратичным вычетом по модулю n .

11. По китайской теореме об остатках вычисляется $s' = a^{\frac{1}{2}} \pmod{n}$.

Подписью к сообщению M является пара чисел (r, s') .

Процедура проверки модифицированной подписи (r, s') к сообщению M :

1. вычисляется значение $h = H(m \parallel r)$;

2. вычисляется значение a' : $a' = s'^2 \bmod n$;
3. вычисляется значение $\mathbf{s}$: $\mathbf{s} = (\text{Decompress}(a'))$;
4. проверяется выполнимость условия $\|\mathbf{s}\| < \beta$;
5. вычисляется значение $\mathbf{h}' = \mathbf{s}\mathbf{A}^T$.

Если $\mathbf{h}' = \mathbf{h}$, то подпись признается подлинной.

Можно показать, что предложенная схема действительно основывается на сложности решения двух трудных математических задач. Для того чтобы злоумышленник мог подделать элемент подписи s' , ему потребуется вычислить квадратный корень по составному модулю n , а без знания чисел p и q это является трудной математической задачей – задачей вычисления корней по составному модулю. В случае если злоумышленник умеет находить квадратные корни по модулю n , он все равно не сможет взломать схему, так как предварительно ему следует найти вектор $\mathbf{v}$ достаточно близкий к вектору $\mathbf{c}$, а это значит, что злоумышленник должен уметь решать задачу SIS. В настоящий момент успешных методов решения данной задачи за полиномиальное время найдено не было.

Проведем оценку трудоемкости выработанной схемы ЭП. По сравнению с исходными схемами время и количество операций, требуемых для создания подписи ФИКК, увеличились, однако, за счет использования модуля специальной структуры, они стали меньше суммы обозначенных параметров каждой схемы. Длины ключей также увеличились, но длина подписи осталась неизменной.

Разработанная модифицированная схема может быть внедрена в различные системы криптографической защиты информации. Интересным и актуальным продолжением исследований в данной области является комбинирование схемы *Falcon* с другими известными асимметричными схемами, такими как схемы ЭП Шнорра, Эль-Гамала, RSA. Предлагаемая модифицированная схема может быть реализована в MATLAB [8].

Список литературы

1. Chen L., Jordan S., Liu Y.K., Moody D., Peralta R., Perlner R., Smith-tone D. Report on Post-Quantum Cryptography, NISTIR 8105, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, April 2016, 10pp. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8105>.
2. FALCON. - Режим доступа: <https://falcon-sign.info>, свободный (дата обращения: 03.06.2019).
3. Пискова, А.В. Теория решеток в постквантовой криптографии / А.В. Пискова, А.Г. Коробейников // Сборник трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 12-15 апреля 2016 г.). - 2016. - Т. 2. - С. 91-93.
4. Коробейников А.Г., Пискова А.В., Менщиков А.А. Использование ортогонализации Грама-Шмидта в алгоритме приведения базиса решетки для протоколов безопасности // Вопросы кибербезопасности. 2016. № 1. С. 47-52.
5. Дернова Е.С. Механизмы аутентификации информации, основанные на двух вычислительно трудных задачах: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.19 / Дернова Евгения Сергеевна. – СПб., 2009. – 162 с.
6. Дернова Е.С., Нгуен Ле Минь, Костина А.А., Щербаков В.А. Схемы цифровой подписи, взлом которых требует решения двух трудных задач в одной конечной группе // XI Санкт-Петербургская международная конференция Региональная информатика-2008 (РИ-2008) СПб, 22-24 октября 2008г. Материалы конференции. СПб, 2008. С.97-98.
7. Rabin M.O. Digitalized signatures and public-key functions as intractable as factorization, Technical report MIT / LCS/ TR-212, MIT Laboratory for Computer Science. - 1979.
8. Коробейников А.Г., Гришеницев А.Ю. Разработка и исследование многомерных математических моделей с использованием систем компьютерной алгебры. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 100 с.

05.13.19

А.А. Меншиков, Ю.А. Гатчин д-р техн. наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
факультет информационной безопасности и компьютерных технологий,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
Санкт-Петербург, menshikov@corp.ifmo.ru

АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ВЕБ-РОБОТАМ

В работе представлены алгоритм и методика обнаружения и противодействия веб-роботам. Отличительной чертой является использование анализа графа связности страниц веб-ресурса, перемещений пользователей, а также анализа переходов пользователей между страницами с различными тематиками. Сравнение шаблонов поведения веб-роботов и легитимных пользователей позволяет обнаружить автоматизированные средства и блокировать их источники. Использование данного подхода позволяет увеличить точность обнаружения по сравнению с существующими методами.

Ключевые слова: веб-роботы, информационная безопасность, защита веб-ресурсов, краулеры, обнаружение веб-роботов.

В настоящее время, согласно отчётам компаний, занимающихся мониторингом сети Интернет, автоматизированные угрозы являются актуальными для веб-ресурсов [1]. Трафик, принадлежащий роботизированным средствам, не уступает пользовательскому. Специальные средства автоматизации действий на веб-ресурсе называются веб-роботами [2]. Такие средства несут множество автоматизированных угроз и угрожают приватности персональных данных и авторскому праву. Открытый проект обеспечения безопасности веб-приложений OWASP выпустил новый документ «Automated Threats to Web Applications» подробно описывающий актуальность данного рода угроз и причины их возникновения [3]. Всё это свидетельствует о масштабе проблемы и заинтересованности владельцев веб-ресурсов в её решении. Необходимо разрабатывать алгоритмы и методики обнаружения и противодействия таким средствам.

Сегодня существуют исследования поведения веб-роботов на веб-ресурсе и попытки использовать различные синтаксические и поведенческие особенности для составления механизма обнаружения автоматизированных средств [4, 5]. Данные методы преимущественно используют информацию о действиях пользователей на веб-ресурсе из логов веб-сервера. Такой информации не всегда достаточно, чтобы сформировать значимые отличительные признаки веб-роботов. Такие методы могут хорошо работать для одного веб-ресурса и не работать на другом за счёт отсутствия учёта специфики и структуры каждого конкретного веб-ресурса [6]. Также, определённым недостатком существующих методов является недостаточная проработанность алгоритмов реализации процессов обучения, обнаружения и противодействия.

Можно разделить существующие сегодня способы обнаружения веб-роботов на четыре категории: синтаксический анализ логов, статистический анализ трафика, аналитические методы и технические методы [7, 8].

Одной из важных отличительных особенностей предлагаемого алгоритма является использование метода обнаружения веб-роботов на основе анализа графа пользовательского поведения с привязкой к структуре и карте связности страниц защищаемого веб-ресурса, а также метода обнаружения веб-роботов на основе семантического анализа посещённых страниц с учётом переходов между различными тематиками [9, 10].

Алгоритм состоит из следующих четырёх этапов:

1. Этап инициализации, включающий в себя получение и расчёт характеристик обучения;
2. Этап обучения, включающий расчёт выбранных моделей и структур на основе полученной обучающей выборки;
3. Этап обнаружения, осуществляющий алгоритм отложенного или онлайн обнаружения;
4. Этап реагирования.

На этапе инициализации выполняются следующие шаги:

1. Задаётся множество используемых характеристик обнаружения (из логов веб-сервера или имеющихся средств мониторинга);
2. Построение карты связности страниц веб-ресурса;
3. Формирование множества тематик страниц веб-ресурса при помощи алгоритма кластеризации и подбор оптимального числа тематик;
4. Расчёт графовых и семантических характеристик узлов веб-ресурса;
5. Построение матриц переходных вероятностей между тематиками для пользователей и веб-роботов;
6. Конфигурирование порога срабатывания и сценария реагирования.

Далее алгоритм последовательно выполняет шаги, необходимые для обучения классификационной модели: формирование выборок данных, нормализация количественных признаков, подбор гиперпараметров и оценка результатов с помощью верификационной выборки.

На этапе обнаружения выполняются следующие шаги:

1. Обновление характеристик сессии при появлении нового запроса;
2. Классификация сессии S с помощью обученной классификационной модели.
3. Вычисление вероятности того, что сессия принадлежит веб-роботу и сравнение с пороговым значением.

Финальный этап реагирования заключается в применении заранее сконфигурированного сценария реагирования (показ CAPTCHA, блокирование источника запроса, блокирование сессии и учётной записи пользователя, создание инцидента в системе мониторинга).

Методика обнаружения и противодействия веб-роботам включает в себя следующие группы процессов:

- Определение состава окружения веб-ресурса и уровня взаимодействия с ним;
- Определение структуры взаимодействия пользователя с сайтом (API, HTTP запросы, WebSocket);
- Взаимодействие с ресурсом для составления графа связности страниц и расчёта семантических характеристик;
- Выбор множества признаков для обучения классификационной модели;
- Ввод системы в эксплуатацию;
- Обнаружение и противодействие веб-роботов;
- Контроль и мониторинг, периодическое обновление информации о ресурсе и корректировка классификационной модели.

Был произведён эксперимент по обнаружению веб-роботов. В соответствии с разработанными алгоритмом и методикой были рассчитаны характеристики для каждой сессии в рамках рассматриваемого набора данных, построены карты связности страниц и тематик веб-ресурсов. В результате использования предлагаемого алгоритма точности и полнота обнаружения увеличились (F_1 мера достигла значения 0.97), что превышает результаты классических методов как по точности, так и по полноте обнаружения. Количество ошибок первого и второго рода уменьшилось.

Список литературы

1. Bad bot report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://resources.distilnetworks.com/travel/2018-bad-bot-report> - Загл. с экрана, свободный, Яз. англ. (дата обращения 01.06.2019)
2. Менищikov А.А., Комарова А.В., Гатчин Ю.А. Изучение поведения средств автоматизированного сбора информации с веб-ресурсов // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – №. 3 (21)
3. OWASP Automated Threats to Web Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owasp.org/index.php/File:Automated-threat-handbook.pdf> - Загл. с экрана, свободный, Яз. англ. (дата обращения 01.06.2019)
4. D. Derek, S. Gokhale A Classification Framework for Web Robots // Journal of American Society of Information Science and Technology. – 2012. – V. 63. – P. 2549–2554.
5. Derek Doran, S. Gokhale Web robot detection techniques: overview and limitations. Data Mining and Knowledge Discovery. – 2011. – C. 183–210.
6. Wang W. et al. Using combinatorial testing to build navigation graphs for dynamic web applications // Software Testing, Verification and Reliability. – 2016. – T. 26. – №. 4. – C. 318-346.
7. Zabihimayvan M. et al. A soft computing approach for benign and malicious web robot detection // Expert Systems with Applications. – 2017. – T. 87. – C. 129-140.
8. Sisodia D.S., Verma S., Vyas O.P. Agglomerative approach for identification and elimination of web robots from web server logs to extract knowledge about actual visitors //Journal of Data Analysis and Information Processing. – 2015. – T. 3. – №. 01. – C. 1.
9. Hamidzadeh J., Zabihimayvan M., Sadeghi R. Detection of Web site visitors based on fuzzy rough sets //Soft Computing. – 2018. – T. 22. – №. 7. – C. 2175-2188.
10. Lagopoulos A., Tsoumakas G., Papadopoulos G. Web Robot Detection: A Semantic Approach //2018 IEEE 30th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI). – IEEE, 2018. – C. 968-974.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.С. Минкин, Т.Ю. Миракова, Т.Ю. Старостина,
Р.Х. Шагимуллин

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ
КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ
ОЛИГОМЕРОВ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ И ЕГО
ПРОИЗВОДНЫМИ**

Ключевые слова: полисульфидный олигомер (ПСО), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), время спин-спиновой релаксации. В работе представлены экспериментальные результаты по влиянию различных вулканизующих агентов на отверждение модифицированных полисульфидных олигомеров и параметры спектров ЯМР данных олигомеров.

Д.Е. Боровков, К.И. Бушмелева

**АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ И РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ
СЧЕТЧИКОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕРВЕРОВ
СИСТЕМЫ DIRECTUM И ОЧЕРЕДИ WORKFLOW**

Ключевые слова: очередь Workflow, корреляционный анализ, DIRECTUM, счетчики производительности.

В статье представлены алгоритмы работы автоматизированной системы получения, записи и хранения значений счетчиков производительности серверов системы электронного документооборота DIRECTUM и очереди Workflow. А также приведена обработка полученных значений, которая заключается в проведении корреляционного анализа между значениями счетчиков производительности серверов DIRECTUM и очереди Workflow.

С.И. Лаптев, С.Н. Антропов, А.П. Буйносов
**РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ТЕЛЕЖКИ ГАЗОТУРБОВОЗА
КАК СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЫ**

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, газотурбовоз, тележка, система, статика, неопределенность, прочность, расчет.

В статье приводятся основные принципы теоретического расчета прочности тележки экипажной части современного газотурбовоза. Тележка железнодорожного подвижного состава рассматривается как статически неопределимая система.

Н.А. Максимов

**МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО ПОЛЕТА И
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ (БПЛА) В УСЛОВИЯХ ДЕГРАДАЦИИ ГРУППЫ**

Ключевые слова: БПЛА, групповой полет, планирование маршрута, задача коммивояжера, программное обеспечение, гибель БПЛА, перепланирование.

В работе разрабатывается модель автоматизированной прокладки маршрута полета группы БПЛА при выполнении задач сбора данных для оценки состояния заданных объектов. Показана возможность сведения решаемой задачи к задаче коммивояжера. Предлагается алгоритм решения задачи коммивояжера. На основе предложенного алгоритма производится разработка и тестирование программного обеспечения для моделирования автоматизированной прокладки маршрута полета группы БПЛА.

А.Н. Максимов, Р.С. Корольков, Р.Т. Аляутдин
**МЕТОД РЕНДЕРИНГА ФОТОРЕАЛИСТИЧНОГО
ВИДЕОПОТОКА КАМЕРЫ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Ключевые слова: беспилотные автомобили, симуляторы, фотореализм, генеративные нейронные сети.

В статье предлагается подход к использованию генеративных нейронных сетей в симуляции видеопотока камеры для обучения и тестирования алгоритмов машинного зрения, используемых в

V.S. Minkin, T.Yu. Mirakova, T.Yu. Starostina,
R.Kh. Shagimullin

**TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF
COMPOSITION CURING ON THE BASIS OF
POLYSULPHIDE OLIGOMERS BY METHYL ACRYLATE
AND ITS DERIVATIVES**

Keywords: polysulfide oligomer (PSO), nuclear magnetic resonance (NMR), time of spin-spinovoy relaxation. The paper presents experimental results on the effect of the number of vulcanization agent on kinetic vulcanization PSO industrial polysulfide oligomers on the parameters of NMR spectra of these oligomers.

D.E. Borovkov, K.I. Bushmeleva

**ALGORITHMS OF WORK AND CALCULATION OF THE
VALUES OF PERFORMANCE COUNTERS, DIRECTUM
SYSTEM SERVERS AND WORKFLOW QUEUE**

Keywords: Workflow queue, correlation analysis, DIRECTUM, performance counters.

The article presents the algorithms of the automated system for receiving, recording and storing the values of server performance counters, electronic document management system DIRECTUM and Workflow queue. And also the processing of the obtained values, which is to conduct a correlation analysis between the values of the performance counters of DIRECTUM servers and workflow queue.

S.I. Laptev, S.N. Antropov, A.P. Buinosov
**STRENGTH CALCULATION OF BOGIE LOCOMOTIVE
AS STATICALLY INDETERMINATE SYSTEMS**

Keywords: railway transport, gas turbine, truck, system, static, uncertainty, strength, calculation.

The article presents the basic principles of theoretical calculation of the strength of the truck crew of the modern gas turbine. The trolley of railway rolling stock is considered as a statically indeterminate system.

N.A. Maximov

**THE PLANNING MODEL GROUP FLIGHT AND
INTERACTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES
(UAVS) IN THE DEGRADATION OF THE GROUP**

Keywords: UAV group flying, route planning, traveling salesman problem, the software, the loss of the UAV, rescheduling.

This paper presents a model of automated routing UAV group flight when performing data collection tasks to assess the state of the specified objects. The possibility of reducing the problem to the traveling salesman problem is shown. An algorithm for solving the traveling salesman problem is proposed. On the basis of the proposed algorithm, the software for modeling the automated routing of the UAV group flight is developed and tested.

A.N. Maksimov, R.S. Korolkov, R.T. Alyautdin
**METHOD OF RENDERING PHOTO-REALISTIC OF
VIDEO CAMERA STREAM TO SIMULATE
ENVIRONMENT OF AUTONOMOUS CARS**

Keywords: unmanned vehicles, simulators, photorealism, generative neural networks.

The article proposes an approach to the use of generative neural networks in the simulation of the camera video stream for training and testing of machine vision algorithms used in autonomous cars. A comparison is also made of the work of

беспилотных автомобилях. Также проводится сравнение работы алгоритмов машинного зрения для двух типов видеопотока: сгенерированного нейронной сетью и полученного классическим рендерингом.

И.В. Нелин, М.С. Виноградов
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДЕФЕКТОВКА ПОРАЖЕНИЯ
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МОЛНИЕЙ

Ключевые слова: грозовой фронт, неразрушающий контроль, системный анализ повреждений, автоматизация.

Так как проблема поражения грозовыми разрядами летательных аппаратов видится довольно актуальной, в данной статье вносятся предложения по автоматизации процесса диагностики повреждений планера и несущих конструкций летательного аппарата, путем сканирования его ультразвуковыми волнами. Новизна данного решения в том, что установка является не только автоматической, но и стационарной, а дефектовка производится без участия человека, что позволит повысить точность анализа и сократить затрачиваемое время простоя воздушного судна.

А.Е. Аблаева, Е.Ф. Лобачёва, В.В. Слепцов, С.В. Шаныгин
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ
ТОКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Ключевые слова: электропривод, датчик тока, полоса пропускания.

В работе представлены результаты исследования выбора типов датчиков для обеспечения необходимых технических характеристик автоматизированного электропривода.

О.М. Горбачева, А.С. Боровский
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА НА ДВИГАТЕЛЕ
ТЕПЛОВОЗА

Ключевые слова: параметры автоматической системы, ПИД-регулятор.

В работе представлены результаты разработки системы автоматического управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза. Проведено моделирование системы и расчет основных параметров системы. Доказана устойчивость системы.

Д.Р. Григорьева, М.Р. Закирова, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров
УЧЕТ И АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНО ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ЗАПАСОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова: строительство, запасы, нормы, материалы, производство.

Данная статья посвящена обзору технологических процессов, норм бухгалтерского учета по материально-производственным запасам строительной организации. Проведенное исследование позволяет утверждать, что в строительной организации данные норм сложно регламентировать.

В.В. Киселев, В.Д. Володин, А.А. Шаронов
СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ОПУСКАНИЯ
ГРУЗА ЛЕБЕДКОЙ КРАНО-МАНИПУЛЯТОРНОЙ
УСТАНОВКИ

Ключевые слова: крано-манипуляторная установка, гидравлическая лебедка, стабилизация скорости, ПИД-регулятор, управляющая программа.

В статье описываются система стабилизации скорости подъема и опускания груза гидравлической лебедкой крано-манипуляторной установки. Приводятся аналитические зависимости влияния массы поднимаемого груза на скорость вращения и ускорение вращения барабана гидравлической лебедки. На основе найденных зависимостей разработан подчиненный регулятор гидропривода лебедки на базе микроконтроллера. В качестве датчиков цепей обратной связи подчиненного регулятора используются датчики давления рабочей жидкости и датчик скорости вращения.

computer vision algorithms for two types of video stream: generated by neural network and obtained by classical rendering is also compared.

I.V. Nelin, M.S. Vinogradov
AUTOMATED INSPECTION AFTER A LIGHTNING
STRIKE

Keywords: storm front, nondestructive testing, system damage analysis, automation.

Since the problem of destruction by lightning discharges of aircraft seems to be quite relevant, this article makes proposals for automating the process of diagnosing damage to the airframe and supporting structures of the aircraft by scanning it with ultrasonic waves. The novelty of this solution is that the installation is not only automatic, but also stationary, and the defect is made without human intervention, which will improve the accuracy of the analysis and reduce the downtime of the aircraft.

A.E. Ablayeva, E.F. Lobachyova, V.V. Slepcev, S.V. Shanygin
ANALYSIS OF BASIC SCHEMES OF CONSTRUCTION OF
CURRENT SENSORS INFORMATION AND MEASURING
SYSTEMS OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVES

Keywords: electric drive, current sensor, bandwidth.

The paper presents the results of the study of the choice of types of sensors to provide the necessary technical characteristics of an automated electric drive.

O.M. Gorbacheva, A.S. Borovsky
THE STUDY OF THE PROPERTIES OF THE AUTOMATIC
CONTROL SYSTEM OF THE PROCESS OF
PURIFICATION OF WASTE OIL ON THE ENGINE OF
THE LOCOMOTIVE

Keywords: automatic system parameters, PID controller.

The paper presents the results of the development of an automatic control system for the process of cleaning waste oil on a diesel locomotive engine. The system was simulated and the basic parameters of the system were calculated. Proven system stability.

D.R. Grigoreva, M.R. Zakirova, G.A. Gareeva, R.R. Basyrov
ACCOUNTING AND ANALYSIS OF MATERIAL
PRODUCTION STOCKS OF THE CONSTRUCTION
COMPANY

Keywords: construction, stocks, standards, materials, production.

This article is devoted to the review of technological processes, accounting standards for inventories of a construction organization. The conducted study suggests that in a construction organization these norms are difficult to regulate.

V.V. Kiselev, V.D. Volodin, A.A. Sharonov
CARGO'S UP-DOWN MOVEMENT SPEED CONTROL
FOR CRANE'S WINCH

Keywords: crane, hydraulic winch, speed control, PID controller, firmware.

The cargo's up-down movement speed control system for crane's hydraulic winch is reviewed in paper. The paper includes functions of angular speed's and angular acceleration dependence on cargo's mass. The design of PID-controller based on this functions is reviewed. The pressure sensor and encoder or resolver uses for angular acceleration and angular speed measurement respectively.

С.О. Маслов, П.В. Стрелков, А.В. Жданов
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ
ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА
ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Ключевые слова: дополненная реальность, виртуальная реальность, AR, VR, инструкция, цифровая экономика, индустрия 4.0.

В статье рассмотрен процесс формирования виртуальной инструкции с использованием технологий дополненной реальности. На основании полученных данных создан алгоритм создания виртуальной инструкции для обслуживания и ремонта любого оборудования. Приведены примеры использования алгоритма для обрабатывающего центра и электродвигателя

М.В. Овечкин
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА
ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Ключевые слова: автоматизация контроля, сплошность изделий, искусственная нейронная сеть, радиография.

В работе представлена структура искусственной нейронной сети программного модуля автоматизированной системы контроля сплошности изделий на основе рентгенографического исследования. Целью работы является формирование программного обеспечения на основе нейросетевого подхода к контролю изделий. Представлены формы программного модуля, основанного на искусственной нейронной сети предложенной структуры.

В.Ф. Пегашкин, Г.А. Осипенкова, М.С. Кузнецов
ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ КАВИТАЦИОННОЙ
ОБРАБОТКЕ

Ключевые слова: кавитационная обработка поверхности, шероховатости поверхности, ультразвуковая обработка.

Рассмотрен процесс отделочной кавитационной обработки поверхностей деталей из цветных металлов в различных средах и ее влияния на шероховатость поверхности. Определена математическая модель высоты микронеровностей обработанной поверхности в зависимости от параметров обработки.

В.Ф. Пегашкин, Е.В. Пегашкина, М.С. Кузнецов
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПРОДОЛЬНЫХ ПАЗОВ
НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЯХ

Ключевые слова: обработка продольных пазов, зуботочение, обкаточные многолезвийные инструменты.

Рассмотрен процесс обработки продольных пазов на деталях цилиндрической формы методом зуботочения при помощи обкаточных многолезвийных резцов. Определены условия резания и ограничивающие параметры, позволяющие максимально повысить производительность обработки.

Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, И.С. Голышов, И.О. Бычков,
Д.В. Васильев, М.В. Гордеев, С.Н. Кадушкин, А.Г. Михайлов,
П.М. Салов, Е.В. Волина, Г.Г. Фёдорова
ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕН-
НЕГО ШЛИФОВАНИЯ С ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

Ключевые слова: ограничение жёсткости, форма, стабильность, перебег, теплонпряженность.

В работе рассмотрена специфика процесса внутреннего шлифования. Аналитически определен перебег круга с учетом теплонпряженности процесса и условий нагружения. Дана методика управления перебегом.

Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, М.Г. Максимов, Д.С. Кудров,
К.Н. Хмелев, И.В. Шариков, Е.С. Агафонов, А.С. Зворыгин,
Д.Ю. Севостьянов, П.М. Салов
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА
ВНУТРЕННЕГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПРИ
ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЕ

S.O. Maslov, P.V. Strelkov, A.V. Zhdanov
DEVELOPING AN ALGORITHM FOR CREATING
VIRTUAL REALITY WITH THE USE OF TECHNOLOGIES
OF ADDED REALITY.

Keywords: augmented reality, virtual reality, AR, VR, instruction, digital economy, industry 4.0.

The paper describes the process of forming a virtual instruction using augmented reality technology. Based on the received data, an algorithm for creating a virtual instruction has been created.

M.V. Ovechkin
SOFTWARE OF THE AUTOMATED SYSTEM OF
TESTING PRODUCTS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK

Keywords: automation of control, solidity of products, neural network; radiograph.

The paper presents the structure of the artificial neural network of the software module of the automated system of continuity control products based on x-ray control. The aim of the work is to develop software based on neural network approach to product control. The forms of the software module based on the artificial neural network of the proposed structure are presented.

V.F. Pegashkin, G.A. Osipenkova, M.S. Kuznetsov
SURFACE ROUGHNESS OF NON-FERROUS METAL
PARTS AT CAVITATION PROCESSING

Keywords: cavitation surface treatment, surface roughness, ultrasonic treatment.

The process of finishing cavitation treatment of surfaces of parts from nonferrous metals in different mediums and its influence on surface roughness is considered. The mathematical model of height of microroughness of the processed surface depending on parameters of processing is defined.

V.F. Pegashkin, E.V. Pegashkina, M.S. Kuznetsov
INTENSIFICATION OF LONGITUDINAL GROOVES
PROCESSING ON CYLINDRICAL PARTS

Keywords: Machining of longitudinal grooves, chisel, multi-edged tools

The process of processing longitudinal grooves on the details of the cylindrical form by means of a chisel with the help of multi-edged cutters is considered. Cutting conditions and limiting parameters are defined, which allow to maximize processing performance.

D.P. Salova, T.G. Vinogradova, I.S. Golyushov, I.O. Bychkov,
D.V. Vasilyev, M.V. Gordeev, S.N. Kadushkin,
A.G. Mikhaylov, P.M. Salov, E.V. Volina, G.G. Fyodorova
NCREASE IN STABILITY OF PROCESS OF INTERNAL
GRINDING WITH LONGITUDINAL GIVING

Keywords: restriction of rigidity, form, stability, rerun, thermal stress.

In work the specifics of process of internal grinding are considered. Rerun of a circle taking into account thermal stress of process and conditions of loading is analytically defined. The technique of management of rerun is given.

D.P. Salova, T.G. Vinogradova, M.G. Maximov, D.S. Kudrov,
K.N. Hmelev, I.V. Sharikov, E.S. Agafonov, A.S. Zvorygin,
D.Yu. Sevostyanov, P.M. Salov
INCREASE IN EFFICIENCY OF PROCESS OF INTERNAL
CUT-IN GRINDING AT LIMITED RIGIDITY IN THE
TECHNOLOGICAL SYSTEM

Keywords: rings, cut-in grinding, small diameter of a circle,

Ключевые слова: кольца, врезное шлифование, малый диаметр круга, повышенный износ, высокие частоты вращения, малая жесткость оправок, искажение профиля, конусообразные круги.

В работе анализируется процесс, при котором из-за относительно большой длины контакта круга с заготовкой возникают значительные деформации. Предлагаются мероприятия по уменьшению негативного влияния искажения профиля круга.

Д.П. Салова, А.Ф. Денисенко, Е.Г. Григорьев, П.М. Салов,
Т.Г. Виноградова, О.В. Кашицын, Г.Ю. Алексеев,
С.И. Сергеев, В.В. Суслов, Д.А. Коновалов
ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

Ключевые слова: правка, ограниченная жесткость, усилия, правящие системы.

В данной работе анализируются погрешности станка и значительное внимание уделяется взаимосвязям между геометрическими отклонениями кругов с усилиями, сопровождающими процессы правки.

Е.Ю. Галимова
ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ,
УЧИТЫВАЕМЫЕ В МЕТОДИКЕ ВЫБОРА СПОСОБА
ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА И
ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Ключевые слова: тестирование веб-приложения, ручное тестирование, автоматизированное тестирование, смешанное тестирование.

Представлена методика выбора способа тестирования веб-приложения, учитывающая его особенности и качественные характеристики. Предложен подход к оценке времени приемочного тестирования.

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА АППАРАТНЫХ
РЕСУРСОВ

Ключевые слова: автоматизированный учёт, администрирование, сравнительный анализ.

В данной работе показан анализ существующих систем автоматизированного учёта ресурсов. Представлены результаты практического сравнения двух выбранных систем. На основе личного опыта по внедрению описаны узкие места выбранных программ.

З.Х. Магдиева, И.М. Орлов, М.В. Беленко
ОСОБЕННОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТНОЙ РЕЧИ
СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Ключевые слова: распознавание речи, WER, дефектная речь, дизартрия, ASR.

В рамках работы было проведено исследование возможности использования систем распознавания речи людьми с дефектами речи. Обоснована необходимость поддержки распознавания речи с патологиями, а также выявлены факторы, влияющие на точность распознавания. В результате работы были обозначены способы повышения точности распознавания дефектной речи.

А.И. Акимов, И.А. Акимов, Д.И. Сиделов
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ
МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ
ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ПРИМЕРЫ ИХ РЕШЕНИЯ ТОЧНЫМИ
И ПРИБЛИЖЕННЫМИ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
Ключевые слова: полимеризация, композиты, установка АВТП, многослойные конструкции, стеклоткани, связующие,

the increased wear, high frequencies of rotation, small rigidity of mandrels, distortion of a profile, adaptability, cone-shaped circles, management.

In work process at which because of rather big length of contact of a circle with preparation there are considerable deformations is analyzed. Features of process are considered. Actions for reduction of negative impact of distortion of a profile of a circle with increase in a tightness in the technological system of the drive of the main movement (TSDMM) are offered. Recommendations are made.

D.P. Salova, A.F. Denisenko, E.G. Grigoriev, P.M. Salov,
T.G. Vinogradova, O.V. Kashitsyn, G.Yu. Alekseev,
C.I. Sergeyev, V.V. Suslov, D.A. Kononov
EDITING OF GRINDING WHEELS IN THE CONDITIONS
OF LIMITED RIGIDITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS
Keywords: editing, limited rigidity, efforts, temperatures, ruling systems.

In this work errors of the machine are analyzed and considerable attention is paid to interrelations between geometrical deviations of circles with the efforts and temperatures accompanying editing processes.

Е.Ю. Галимова
APPLICATION OF SELECTION METHOD OF TESTING
TYPE BASED ON QUALITY CRITERIA AND EXPERT
ASSESSMENTS FOR WEB TESTING

Keywords: web application testing, manual testing, automated testing, semi-automated testing.

Selection method of web testing type is presented that takes into account features and qualitative characteristics of web applications. An approach to estimating the time of acceptance testing is proposed.

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова
COMPARATIVE ANALYSIS HARDWARE AUTOMATED
INVENTORY

Keywords: automated inventory, administration, comparative analysis.

This article discusses the existing automated system hardware registration. The results of practical comparison of two selected systems are shown. The article describes the bottlenecks of selected programs based on implementation experience.

З.Х. Магдиева, И.М. Орлов, М.В. Беленко
ASSESSMENT OF IMPAIRED SPEECH RECOGNITION
BY MODERN AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION
SYSTEMS

Keywords: speech recognition, WER, impaired speech, dysarthria, ASR.

This paper investigates the feasibility of using Automatic Speech Recognition (ASR) systems by people with speech impairments. The necessity of enabling disordered speech recognition is demonstrated, and factors influencing the accuracy of speech recognition are determined. As a result, the means of improving ASR for people with speech disorders in the short-term are recommended.

А.И. Акимов, И.А. Акимов, Д.И. Сиделов
MATHEMATICAL MODELS OF THERMAL STRESSES
AND STRAINS IN THE PRODUCTION OF MULTILAYER
STRUCTURES BY MEANS OF POLYMERIZATION AND
EXAMPLES OF THEIR SOLUTION THE EXACT AND
APPROXIMATE ANALYTICAL METHODS
Keywords: polymerization, composites, multilayer structures, fiberglass, binders, thermal stresses, deformations.

термонапряжения, деформации.

В данной работе приводятся математические модели, точные и приближенные методы решения многослойных задач нестационарной теплопроводности в производстве композитов, изготавливаемых методом полимеризации в установках автоматического ведения технологического процесса (АВТП).

А.П. Буйносов, С.Л. Марулин, К.Н. Яковлев, А.В. Хваловский
АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ
ДИНАМИКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ

Ключевые слова: подвижной состав, колесо, пара, рельс, колея, движение, динамика, трансляция, уравнение, алгоритм, построение.

В статье приводится описание алгоритма построения динамических уравнений, описывающих движение колесной пары железнодорожного подвижного состава в рельсовой колее. Приводятся системы координат и их преобразование.

Е.Б. Волков, Р.М. Хусаинов, С.Ю. Юрасов
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ
ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА
ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Ключевые слова: математическая модель, геометрические погрешности, кинематические погрешности, зубофрезерование. Представлена математическая модель для оценки показателей точности нарезаемого колеса в зависимости от первичных погрешностей технологической системы. Модель основана на матрицах преобразования координат, матрицах вариаций и рассмотрении отклонений базовой и реальной поверхностей. Методика позволяет оценить возможности технологической системы по достижению заданной точности.

В.К. Ионычев, А.А. Шестеркина
ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ В
АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ ПЛАВНЫХ P – N-ПЕРЕХОДАХ

Ключевые слова: лавинный пробой, p – n-переход, ударная ионизация, область ионизации, напряжение пробоя, коэффициент ионизации.

Проведен численный расчет области ионизации в плавных арсенидгаллиевых p – n-переходах с линейным распределением легирующей примеси в диапазоне пробивных напряжений 15 – 6000 В. При расчете использовались коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок, которые в настоящее время считаются наиболее точными и пригодными в широком диапазоне электрических полей. Получены уточненные значения степени ограничения толщин слаболегированных областей, до которых можно использовать аналитическую формулу для расчета напряжении пробоя плавного $p^+ - p - n - n^+$ -перехода.

Н.И. Корсунов, А.В. Ломакин
АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Ключевые слова: нейронная сеть; уравнения математической физики; нейроуравнения.

Предложена архитектура нейронной сети для решения уравнений математической физики. Разработаны нейроуравнения. Показано на примере уравнений Навье-Стокса и Пуассона, что на основе данной нейронной сети возможно получение решения уравнений математической физики.

О.А. Кухнина, А.В. Дунцев, В.В. Андреев, Н.П. Тарасова
ФИЗИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ ГАННА С УЧЕТОМ
РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

Ключевые слова: диод Ганна, GaAs структура, радиационная стойкость, ионизирующее излучение

In the given work mathematical models, exact and approximate methods for solving multi-layered problems of nonstationary heat conduction in composites production, produced by polymerization in the installation of automatic management of technological process (AMTP).

A.P. Buinosov, S.L. Marulin, K.N. Yakovlev, A.V. Chvalovsky
THE ALGORITHM FOR CONSTRUCTING THE
EQUATIONS OF ROTATIONAL DYNAMICS OF THE
WHEELSET ROLLING STOCK IN RAIL TRACK

Keywords: rolling stock, wheel, pair, rail, track, motion, dynamics, translation, equation, algorithm, construction.

The article describes the algorithm for constructing dynamic equations describing the movement of the wheel pair of railway rolling stock in the track. Coordinate systems and their transformation are given.

E.B. Volkov, R.M. Khusainov, S.Yu. Yurasov
MODELING OF FORMING ERRORS OF GEARS IN
PROCESSING BY GEAR HOBBLING MACHINE

Keywords: mathematical model, geometric errors, kinematic errors, hobbing.

In the paper, the mathematical model for evaluation the accuracy of machined gear depending on the initial error of the technological system, is presented. The model is based on the coordinate's transformation matrices, variations matrices and considers the deviations of the base and the real surfaces. The technique allows evaluating the possibilities of the technological system to achieve the specified accuracy.

V.K. Ionychev, A.A. Shesterkina
NUMERICAL CALCULATION OF THE IONIZATION
AREA IN ARSENIDGALLIUM SLAVY P - N
TRANSITIONS

Keywords: avalanche breakdown, p – n-junction, impact ionization, ionization region, breakdown voltage, ionization coefficient.

A numerical calculation of the ionization region in smooth arsenide-gallium p – n-junctions with a linear distribution of dopant in the range of breakdown voltages of 15–6000 V. The calculation used the coefficients of impact ionization of electrons and holes, which are currently considered the most accurate and suitable in a wide range of electric fields. The refined values of the degree of limitation of the thickness of weakly doped regions are obtained, to which an analytical formula can be used to calculate the breakdown voltage of the smooth $p^+ - p - n - n^+$ -junction.

N.I. Korsunov, A.V. Lomakin
THE UNIVERSAL NEURAL NETWORK MODEL FOR
SOLVING THE NAVIER-STOKES EQUATION

Keywords: neural network; equations of mathematical physics; neuro equations.

The neural network architecture for solving equations of mathematical physics was proposed. The neuroequations were developed. As shown by the example of the Navier-Stokes and Poisson equations it is possible to obtain a solution of the equations of mathematical physics on the base of proposed neural network.

O.A. Kukhnina, A.V. Dunccev, V.V. Andreev, N.P. Tarasova
PHYSICAL-AND-TOPOLOGICAL MODELING OF GUNN
DIODES CHARACTERISTICS TAKING INTO ACCOUNT
RADIATION EFFECTS

Keywords: Gunn diode, GaAs structure, radiation resistance, ionizing radiation.

В настоящем исследовании рассмотрены методы оценки соответствия требованиям по стойкости к воздействию ионизирующих излучений диодов Ганна. Оценена область применения полупроводниковых приборов на арсениде галлия. Предложена методика проведения испытаний для оценки радиационных воздействий в GaAs структурах.

В.Ю. Мельцов, А.А. Нечаев
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Ключевые слова: рекомендательная система, система поддержки принятия решений, здравоохранение, база знаний, персональные данные.

В статье кратко описаны классы рекомендательных систем. Проанализированы современные системы на основе данного подхода в области здравоохранения. Выделены проблемы, которые сильнее всего ограничивают развитие научных исследований и коммерческих решений в данной области. Определены основные направления разработки.

С.А. Нестеров, М.А. Бобров, Н.А. Кулаев
МЕТОДИКА РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: фильтр, моделирование, методика, коэффициент гармонических искажений, PSIM.

Приведена методика расчета LC-фильтров, используемых в электроэнергетических системах для обеспечения требуемого уровня нелинейных искажений напряжения. Представлены результаты моделирования работы фильтра в системе преобразования электрической энергии.

Д.И. Новиков, А.А. Березин, О.В. Хвойнов, А.А. Сатаев, М.А. Игонин, К.В. Шарафетдинова, А.В. Дунцев
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА «ОДНОПЕТЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ СМЕШЕНИЯ»

Ключевые слова: гидравлический расчёт, число Рейнольдса, естественная циркуляция.

В данной работе описан результат анализа гидравлического расчёта исследовательского стенда, а так же влияние гидродинамики модели на распределение профилей скорости потока. Результат данной работы позволит оценить применимость стенда к моделированию процесса естественной циркуляции.

Ю.Г. Полкунов, М. Ю. Лобода
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЧЕТВЕРТИ ПРОСТРАНСТВА КОНИЧЕСКИМИ ДИСКОВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, магистральная трещина.

Статья посвящена разработке критериев развития магистральных трещин в крепких породах циклическим способом разрушения. Адекватность результатов моделирования нагруженности и величин магистральных трещин проверена на экспериментальных данных других исследователей.

А.Л. Сухарев, Р.В. Жалнин, С.А. Федосин
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОРДОВСКО-РУССКОГО ПЕРЕВОДЧИКА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ LSTM-RNN

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, машинный перевод, LSTM RNN сети.

В работе представлены результаты использования искусственных нейронных сетей LSTM RNN для машинного перевода. Целью работы было создание программы переводчика с одного из языков мордовской группы – эрзянского языка на

The technique was proposed for evaluation radiation effects in GaAs structures, as well as ways to increase the radiation resistance of diodes. The application field of semiconductor devices on gallium arsenide has been estimated. The analysis of methods and tools of computational and experimental modeling of physical processes in arsenide gallium semiconductor devices taking into account radiation effects has been carried out.

V.Yu. Meltsov, A.A. Nechaev
THE PECULIARITIES OF RECOMMENDER SYSTEMS USAGE IN HEALTHCARE

Keywords: recommender system, decision support system, healthcare, knowledge base, personal data

Classes of recommender systems are described shortly. Modern healthcare systems based on these techniques are analyzed. The problems are pointed which severely restrict the scientific investigations and commercial developments in this domain. Further directions of the development are defined.

S.A. Nesterov, M.A. Bobrov, N.A. Kulaev
CALCULATION METHOD AND SIMULATION OF VOLTAGE FILTERING DEVICES IN POWER ENERGY SYSTEMS

Keywords: filter, method, simulation, THD, PSIM.

A method for calculating the LC filters used in power energy systems to provide the required level of non-linear voltage distortion is given. The results of simulation of filter operation in the energy conversion system are presented.

D.I. Novikov, A.A. Berezin, O.V. Hvojnov, A.A. Sataev, M.A. Igonin, K.V. SHarafetdinova, A.V. Duncsev
HYDRAULIC CALCULATION OF RESEARCH STAND ONE-LOOP MODEL OF MIXING

Keywords: hydraulic calculation, Reynolds number, natural circulation.

This article describes the result of the hydraulic calculation of a research stand, as well as the influence of model hydrodynamics on the distribution of flow velocity profiles. The result of this work will allow to evaluate the applicability of the stand to the modeling of the process of natural circulation.

Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda
MATHEMATICAL MODELLING OF DEVELOPMENT OF THE MAIN CRACKS IN A QUARTER OF SPACE CONIC DISK TOOLS

Keywords: conical disk tool, main crack.

Article is devoted to development of criteria of development of the main cracks in strong breeds by a cyclic way of destruction. The adequacy of results of modeling of loading and sizes of the main cracks is checked on experimental data of other researchers.

A.L. Sukharev, R.V. Zhalnin, S.A. Fedosin
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATED MORDOVIAN-RUSSIAN TRANSLATOR BASED ON LSTM-RNN

Keywords: artificial neural networks, machine translation, LSTM RNN.

The paper presents the results of using artificial neural networks LSTM RNN for machine translation. The aim of the work was to create a program of translators from one of the languages of the Mordovian group - Erzya into Russian. The

русский язык. Решены следующие задачи: разработан алгоритм работы переводчика на основе нейронных сетей, обучена и настроена нейронная сеть, выполнено тестирование работы нейронной сети.

Н.А. Федюшкин, С.А. Федосин
О ВЫБОРЕ МЕТОДОВ ВЕКТОРИЗАЦИИ ТЕКСТОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: векторизация, токенизация, «мешок слов», корпус, кодирование, распределенное представление.

В статье рассматривается процесс извлечения признаков или векторизации текста. Описываются несколько методов кодирования текстовой информации: частотное кодирование, унитарное кодирование, TF-IDF и распределенное представление. В заключении проводится сравнение методов и приводится краткое описание задач, в которых эти методы могут применяться.

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова
АНАЛИЗ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ
ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ

Ключевые слова: информационная безопасность, базы данных, шифрование данных.

В статье рассматриваются основные виды угроз информационной безопасности. Приводятся результаты исследований рынка по обеспечению защиты информации. На основе всех рассмотренных факторов, как один из вариантов защиты данных, приводится пример разработанного алгоритма безопасного хранения данных в базе данных и обращения с ними.

А.В. Комарова, А.Г. Коробейников
МОДИФИЦИРОВАННАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ
ПОДПИСИ, СТОЙКАЯ К КВАНТОВОМУ КОМПЬЮТЕРУ

Ключевые слова: схема Falcon, пост-квантовая криптография, электронная подпись, теория решеток, задача извлечения корней по составному модулю, задача поиска короткого целочисленного решения.

В статье представлена схема электронной подписи, построенная путем комбинирования пост-квантовой схемы Falcon и схемы электронной подписи Рабина. Показано, что предлагаемая схема основывается на сложности решения двух трудных задач одновременно: задачи извлечения корней по составному модулю и задачи поиска короткого целочисленного решения. Приведены оценки трудоемкости полученной схемы, а также оценки длин ключей и подписи.

А.А. Меншиков, Ю.А. Гатчин
АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ И
ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ВЕБ-РОБОТАМ

Ключевые слова: веб-роботы, информационная безопасность, защита веб-ресурсов, краулеры, обнаружение веб-роботов.

В работе представлены алгоритм и методика обнаружения и противодействия веб-роботам. Отличительной чертой является использование анализа графа связности страниц веб-ресурса, перемещений пользователей, а также анализа переходов пользователей между страницами с различными тематиками. Сравнение шаблонов поведения веб-роботов и легитимных пользователей позволяет обнаружить автоматизированные средства и блокировать их источники. Использование данного подхода позволяет увеличить точность обнаружения по сравнению с существующими методами.

following tasks have been solved: an algorithm for the work of a translator based on neural networks has been developed, a neural network has been trained and configured, and a neural network has been tested.

N.A. Fedyushkin, S.A. Fedosin
TEXT VECTORIZATION

Keywords: vectorizations, tokenization, bag-of-words, corpus, encoding, distributed representation.

The article discusses the process of extracting features or vectorization of the text. Several methods for encoding textual information are described: frequency encoding, one-hot encoding, TF-IDF, and distributed representation. Finally, a comparison of methods is made and a brief description of the tasks in which these methods can be applied.

A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova
ANALYSIS OF INFORMATIONAL SECURITY
THREATS AND DESIGN OF SAFE DATA STORAGE
ALGORITHM

Keywords: information security, databases, data encryption. The article considers the basic types of information security threats. The results in the field of data protection are given/ Based on considered factors an example of the development algorithm for security data storage and processing is given.

A.V. Komarova, A.G. Korobeynikov
A MODIFIED QUANTUM COMPUTER RESISTANT
ELECTRONIC SIGNATURE SCHEME

Keywords: Falcon scheme, post-quantum cryptography, electronic signature, lattice theory, the extracting roots from a composite module problem, the short integer solution problem. The paper presents the electronic signature scheme that is constructed by combining the Falcon post-quantum scheme and Rabin scheme. It is shown that the proposed scheme is based on the complexity of solving two difficult problems at the same time: the problem of extracting roots by the composite module and the short integer solution problem. Estimates of the resulting scheme complexity as well as estimates of key lengths and signatures length are given.

A.A. Menshchikov, Y.A. Gatchin
ALGORITHM AND TECHNIQUE OF DETECTION AND
COUNTERACTION TO WEB ROBOTS

Keywords: web-robots, information security, website protection, crawlers, web-robots detection

The article presents a novel algorithm and technique for detecting and counteracting web robots. A distinctive feature is the use of an analysis of the web resource's connectivity graph, user's navigational map, and transitions between pages with different subjects. Comparison of behavioral patterns of web robots and legitimate users allows to detect automated tools and block their sources. This approach allows for increasing the detection accuracy compared to existing methods.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№6 2019

Направления:

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

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

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

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

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

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

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 18.06.2019 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 18.06.2019
9,6 усл.печ.л. 11,2 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 2050.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35
Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»