

Электронная версия журнала: www.eduherald.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н., профессор РАЕ Бизенкова Мария Николаевна

Заместители главного редактора:

к.и.н., профессор РАЕ Старчикова Наталия Евгеньевна

Бизенков Евгений Александрович

Ответственный секретарь

Нефедова Наталья Игоревна

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акбасова А.Д. (г. Туркестан), Алтайулы С.А. (г. Астана), Андреева А.В. (г. Уфа), Андреева Н.В. (г. Белгород), Бадюков В.Ф. (г. Хабаровск), Белецкая Е.А. (г. Белгород), Берестнева О.Г. (г. Томск), Березина А.В. (г. Екатеринбург), Валиев М.М. (г. Уфа), Виштак Н.М. (г. Балаково), Бубновская О.В. (г. Артем), Выхрыстюк М.С. (г. Тобольск), Голубева Г.Н. (г. Набережные Челны), Гормаков А.Н. (г. Томск), Горностаева Ж.В. (г. Шахты), Горишунова Н.К. (г. Курск), Горюнова В.В. (г. Пенза), Губина Н.В. (г. Нижнекамск), Долгополова А.Ф. (г. Ставрополь), Доница А.Д. (г. Волгоград), Евстигнеева Н.А. (г. Москва), Егорова Ю.А. (г. Чистополь), Егорычева Е.В. (г. Волжский), Ершова Л.В. (г. Шуя), Зайцева О.С. (г. Тобольск), Заярная И.А. (г. Находка), Киреева Т.В. (г. Нижний Новгород), Кисляков П.А. (г. Москва), Карпов С.М. (г. Ставрополь), Кобзева О.В. (г. Мурманск), Кобозева И.С. (г. Саранск), Коваленко Е.В. (г. Омск), Кондратьева О.Г. (г. Уфа), Конкиева Н.А. (г. Санкт-Петербург), Косенко С.Т. (г. Санкт-Петербург), Корельская И.Е. (г. Архангельск), Кочева М.А. (г. Нижний Новгород), Кочеткова О.В. (г. Волгоград), Кубалова Л.М. (г. Владикавказ), Лапп Е.А. (г. Волгоград), Кунусова М.С. (г. Астрахань), Кучинская Т.Н. (г. Чита), Лебедева Е.Н. (г. Оренбург), Кубалова Л. М. (г. Владикавказ), Лапп Е.А. (г. Волгоград), Медведев В.П. (г. Таганрог), Минахметова А.З. (г. Елабуга), Михайлова Т.Л. (г. Нижний Новгород), Николаева Л.В. (г. Якутск), Новикова Л.В. (г. Владимир), Омарова П.О. (г. Махачкала), Орлова И.В. (г. Москва), Осин А.К. (г. Шуя), Панов Ю.Т. (г. Владимир), Пелькова С.В. (г. Тюмень), Постникова Л.В. (г. Москва), Преображенский А.П., Ребро И.В. (г. Волжский), Решетников О.М. (г. Москва), Рыбинцева Г. В., Ткалич С.К. (г. Москва), Павлова Е.А. (г. Санкт-Петербург), Парушина Н.В. (г. Орел), Растеряев Н.В. (г. Новочеркасск), Рева Г.В. (г. Владивосток), Рогачев А.Ф. (г. Волгоград), Рыбанов А.А. (г. Волжский), Салаватова С.С. (г. Стерлитамак), Семёнова Г.И. (г. Тобольск), Сенкевич Л.Б. (г. Тюмень), Тарануха Н.А., Тесленко И.В. (г. Екатеринбург), Ткалич С.К. (г. Москва), Федуленкова Т.Н. (г. Владимир), Френкель Е.Э. (г. Вольск), Шалагинова К.С. (г. Тула), Шестак О.И. (г. Владивосток)

МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ И СТУДЕНТЫ:

Лошадкина А.А. (г. Казань), Горохова Е.Х. (г. Якутск), Негорожина А.В. (г. Ставрополь), Нуржан А.Н. (г. Астана), Гареева Э.И. (г. Уфа), Саврей Д.Ю. (г. Ухта)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

Журнал «МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство – ЭЛ № ФС-77-55504

Ответственный секретарь редакции – Нефедова Наталья Игоревна
тел. +7 (499) 705-72-30
e-mail: studforum@rae.ru

Почтовый адрес: г. Москва, 105037, а/я 47, Академия Естествознания,
редакция журнала «Международный студенческий научный вестник»

Издательство и редакция: Информационно-технический отдел
Академии Естествознания

Техническая редакция и верстка С.Г. Нестерова

Подписано в печать 12.04.2018

Формат 60x90 1/8
Типография ИД «Академия Естествознания»,
Саратов, ул. Мамантовой, 5
Способ печати – оперативный
Усл. печ. л. 22,25
Тираж 500 экз.
Заказ МСНВ/3-2018

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕДЛЕННОГО ВРАЩЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ <i>Донской Д.Ю.</i>	171
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ <i>Ефимова А.С., Ефимова Т.С., Скрябина О.В.</i>	175
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ТРУБОГИБА МОДЕЛИ ИВ-3430 <i>Козлов А.В., Верецагин А.С.</i>	179
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ <i>Кокорева О.Г., Фадеев Ф.О.</i>	187
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ DFA К ГОСТ Р 34.12–2015 «КУЗНЕЧИК» <i>Красовский А.В.</i>	191
ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ <i>Лебедева М.С.</i>	195
КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Мамонтов И.М.</i>	201
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ НАТЕЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ <i>Меркурьев Р.О.</i>	206
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ УПРОЧНЕНИИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ <i>Нужин А.В., Кокорева О.Г.</i>	210
СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ <i>Поливанов А.А., Галуцак В.С., Зенина О.А., Тихонин С.Н.</i>	214
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ <i>Поливанов А.А., Галуцак В.С., Титова М.Е.</i>	217
ЗАПАС МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА <i>Пышко Е.Ю., Храмогин И.Е., Кумова Ж.В., Баева Л.С.</i>	220
ОБЗОР И АНАЛИЗ ГОТОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РОБОТОВ <i>Сморкачев А.А., Моногаров С.И.</i>	226
ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КОНЕЧНОСТЕЙ ВО ВРЕМЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА <i>Стрижак Ю.А.</i>	230
Секция «Агробиотехнологии и менеджмент качества сельскохозяйственного сырья и продовольственных товаров», научный руководитель – Глотова И.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЯСА КРОЛИКА В ТЕХНОЛОГИИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ <i>Бузуверова Ж.О., Рязанцев М.С., Курчаева Е.Е., Максимов И.В.</i>	238
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ОБОГАЩЕННОГО СОСТАВА <i>Гайдай С.А., Максимов И.В., Курчаева Е.Е.</i>	242
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОСУБСТРАТЫ В ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ <i>Глотова И.А., Кубасова А.Н., Бурлуцкая Е.Ю., Котлярова Л.П., Бокова Л.С.</i>	246

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО И ПЕРМАНГАТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТАНИНОВ В ЯБЛОЧНОМ СОКЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИДРА <i>Колтышева О.Ю., Соколова С.А., Дьяконова О.В., Колобаева А.А., Котик О.А.</i>	250
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>Матюнина О.И., Манжесов В.И., Курчаева Е.Е.</i>	254
ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ОРИГИНАЛЬНЫХ КОПЧЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ: ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЫМОГЕНЕРАТОРА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СТЕРЖНЯМИ <i>Шахов С.В., Сухарев И.Н., Глотова И.А., Артемов Е.С., Беляева А.С.</i>	258
УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО КОПЧЕНИЯ ТВЕРДОГО СЫРА С ИНДУКТИВНЫМ ПОДВОДОМ ЭНЕРГИИ ПРИ ДЫМОГЕНЕРАЦИИ В СРЕДЕ ИНЕРТНОГО ГАЗА <i>Шахов С.В., Сухарев И.Н., Глотова И.А., Артемов Е.С., Беляева А.С.</i>	262
Секция «Аппаратные и программные средства современных информационных технических систем», научный руководитель – Мартышкин А.И.	
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ <i>Антонова Е.А., Мартышкин А.И.</i>	266
ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ <i>Афанасьева М.С., Сальников И.И.</i>	270
ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КИХ-ФИЛЬТРОВ <i>Ведюшкина А.Е.</i>	275
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ <i>Горбанёва И.В., Мартышкин А.И.</i>	278
К ВОПРОСУ АНАЛИЗА МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ОБЩЕЙ МНОГОМОДУЛЬНОЙ ПАМЯТЬЮ <i>Зоткина А.А., Мартышкин А.И.</i>	283
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ <i>Зупарова В.В., Маркова И.В., Воронцов А.А.</i>	286
ОБЗОР ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ НА ПРИМЕРЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ INTEL <i>Карасёв А.А., Данилов Е.А.</i>	290
ВЫБОР СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ <i>Кармышова Ю.В., Сальников И.И.</i>	293
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ <i>Козинев Е.И., Сальников И.И.</i>	297
ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКОЙ, СТАТИСТИЧЕСКОЙ И НЕЙРОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА <i>Колганов Д.С., Данилов Е.А.</i>	301
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ МОБИЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО КЛАССА «НАЧАЛЬНАЯ ШКОЛА» <i>Королёва А.А., Бершадская Е.Г.</i>	304
К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИГНАЛА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ <i>Маркова И.В., Зупарова В.В., Воронцов А.А.</i>	308

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА НА БАЗЕ ПЛИС <i>Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И.</i>	313
ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ И ОБРАБОТКА ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКАХ <i>Мушкова В.В.</i>	317
СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО АДАПТЕРА МАГИСТРАЛЬНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА <i>Назиров Р.Р., Мартышкин А.И.</i>	320
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕННОГО РЕНДЕРИНГА НА ОСНОВЕ ТЕХНИКИ MULTIPLE RENDER TARGETS <i>Перевалов С.С., Данилов Е.А.</i>	323
ЗОНДИРОВАНИЕ И ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ТРЕХМЕРНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ <i>Прохновский М.А., Сальников И.И.</i>	327
ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ <i>Пузренков А.Н., Сальников И.И.</i>	331
ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОПОТОЧНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПО НА ЯЗЫКЕ C++ <i>Раздобудов С.А., Сальников И.И.</i>	334
ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И БИБЛИОТЕК РЕАЛИЗУЮЩИХ ФУНКЦИИ IP-ТЕЛЕФОНИИ <i>Терёшкин Д.О., Данилов Е.А.</i>	338

CONTENTS
Technical sciences

ANALYSIS METHODS PROVIDE A SLOW ROTATION IN LABORATORY UNITS <i>Donskoi D.Y.</i>	171
INVESTIGATION OF CONSUMER PREFERENCES WITH CHOICE OF MACARONI PRODUCTS <i>Efimova A.S., Efimova T.S., Skryabin O.V.</i>	175
IMPROVEMENT OF THE CONTROL SYSTEM OF THE MODERNIZED PIPE BEND MODEL IV-3430 <i>Kozlov A.V., Vereshchagin A.S.</i>	179
IMPROVEMENT OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AXLE WHEELED PARTS LOWERED BY SURFACE-PLASTIC DEFORMATION <i>Kokoreva O.G., Fadeev F.O.</i>	187
THEORETICAL APPLICATION OF DFA TO GOST R 34.12–2015 «KUZNYECHIK» <i>Krasovsky A.V.</i>	191
USING OF SOUND-ABSORBING MATERIALS IN HEALTH FACILITIES <i>Lebedeva M.S.</i>	195
CONCEPTUAL MODELING OF CONTROL SYSTEM OF ENERGY CONSUMPTION IN MINING <i>Mamontov I.M.</i>	201
ESTIMATION OF SAFETY OF BODY AREA NETWORKS <i>Merkurev R.O.</i>	206
ESTIMATION OF THE STRESSED STATE OF HEAVY-LOADED SURFACES OF PARTS OF MACHINES UNDER STRENGTHENING BY STATIC-PULSE METHOD <i>Nuzhin A.V., Kokoreva O.G.</i>	210
MODERN ELECTROMOBILE: MAIN ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS <i>Polivanov A.A., Galushchak V.S., Zenina O.A., Tikhonin S.N.</i>	214
INVESTIGATION OF METHODS FOR CHANGING THE DIRECTION OF LIGHT RAYS IN SOLAR ELECTRICAL INSTALLATIONS <i>Polivanov A.A., Galushchak V.S., Titova M.E.</i>	217
SUPPLY OF METROLOGICAL RELIABILITY OF MEASURING INSTRUMENTS FOR MARINE EQUIPMENT USED IN ARCTIC REGION <i>Pyshko E.Y., Chromogen I.E., Kumova Z.V., Baeva L.S.</i>	220
OVERVIEW AND ANALYSIS OF READY-MADE PLATFORMS FOR CREATING ROBOTS <i>Smorkachev A.A., Monogarov S.I.</i>	226
MONITORING OF THE LIMB SPATIAL ORIENTATION DURING REHABILITATION AFTER SPINAL CORD INJURY <i>Stryzhak Y.A.</i>	230
<i>Section «Agro-biotechnology and quality management of agricultural raw materials and food products», scientific supervisor – Glotova I.A.</i>	
USE OF RABBIT MEAT IN TECHNOLOGY OF STRUCTURED SAUSAGE PRODUCTS <i>Busuverova Z.O., Ryazantsev M.S., Kurchaeva E.E., Maksimov I.V.</i>	238
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF SOFT CHEESE OF ENRICHED COMPOSITION <i>Gaydai S.A., Maksimov I.V., Kurchaeva E.E.</i>	242
PERSPECTIVE BIOSOURCES IN RECYCLING TECHNOLOGY RENEWABLE ENERGY RESOURCES <i>Glotova I.A., Kubasova A.N., Burlutskaya E.Y., Kotlyarova L.P., Bokova L.S.</i>	246
THE COMPARISON OF SPECTROPHOTOMETRIC AND PERMANGANOMETRIC RESULTS OF DETERMINATION TANNINS CONTENT IN APPLE JUICE FOR THE PRODUCTION OF CIDER <i>Koltysheva O.Y., Sokolova S.A., Dyakonova O.V., Kolobaeva A.A., Kotik O.A.</i>	250

MODERN APPROACHES TO THE CREATION OF FUNCTIONAL PRODUCTS POWER USING THE BY-PRODUCTS OF MILK PRODUCTION AND PLANT MATERIAL <i>Matyunina O.I., Manzhesov V.I., Kurchaeva E.E.</i>	254
THE PROBLEMS OF NEW ORIGINAL SMOKED PRODUCTS MANUFACTURE: JUSTIFICATION OF THERMAL REGIMES OF THE SMOKE GENERATOR WITH METALLIC RODS <i>Shakhov S.V., Sukharev I.N., Glotova I.A., Artemov E. S., Belyaeva A.S.</i>	258
INSTALLATION FOR ELECTROSTATIC SMOKING OF SOLID CHEES WITH INDUCTIVE SUBSUMPTION OF ENERGY AT DENOGENERATION IN THE MEDIUM OF INERT GAS <i>Shakhov S.V., Sukharev, I.N., Glotova I.A., Artemov E.S., Belyaeva A.S.</i>	262
Section «Hardware and software of modern information technology systems», scientific supervisor – Martyshkin A.I.	
SIMULATION MODEL OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM WITH APPLICATION OF FUNCTIONAL BLOCKS <i>Antonova E.A., Martyshkin A.I.</i>	266
APPLICATION OF WAVELET-TRANSFORMATION IN INFORMATION PROCESS ENGINEERINGS <i>Aphanaseva M.S., Salnikov I.I.</i>	270
POSSIBLE HARDWARE PLATFORMS TO IMPLEMENT FIR FILTERS <i>Vedyushkina A.E.</i>	275
PROGRAM COMPLEX FOR EVALUATION OF PERFORMANCE OF MAIN FUNCTIONS OF OPERATING SYSTEMS <i>Gorbaneva I.V., Martyshkin A.I.</i>	278
TO THE QUESTION OF THE ANALYSIS OF MULTIPROCESSOR SYSTEM WITH SHARED MULTI-MODULE MEMORY <i>Zotkina A.A., Martyshkin A.I.</i>	283
TO A QUESTION OF DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ABOUT THE CHOICE OF THE SIZES OF ELEMENTS OF A DESIGN OF MAGNETOSTRICTION CONVERTERS OF LINEAR MOVEMENTS <i>Zuparova V.V., Markova I.V., Vorontsov A.A.</i>	286
OVERVIEW OF THE HISTORY OF MICROPROCESSOR PROGRESS THE EXAMPLE OF INTEL MICROPROCESSORS <i>Karasoyv A.A., Danilov E.A.</i>	290
CHOICE TOOLS OF A REALIZATION OF ALGORITHM OF DIGITAL INFORMATION PROCESSINGS WITH USE MULTIPARAMETER FUNCTION <i>Karmyshova Y.V., Salnikov I.I.</i>	293
STUDY OF BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEMS BY KEYBOARD LACKING <i>Kozinov E.I., Salnikov I.I.</i>	297
OVERVIEW OF ANALYTICAL, STATISTICAL AND NEURAL MACHINE TRANSLATION TECHNOLOGIES <i>Kolganov D.S., Danilov E.A.</i>	301
RESEARCH OF SOFTWARE COMPLEXES FOR MANAGEMENT OF THE MOBILE COMPUTER CLASS SYSTEM «ELEMENTARY SCHOOL» <i>Koroleva A.A., Bershadskaya E.G.</i>	304
TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL MODELLING OF THE SIGNAL OF REPRODUCTION OF MAGNETOSTRICTION CONVERTERS OF LINEAR MOVEMENTS <i>Markova I.V., Zuparova V.V., Vorontsov A.A.</i>	308
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A TEST MODEL OF RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEM FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING ON FPGA BASIS <i>Martens-Atushev D.S., Martyshkin A.I.</i>	313
LINGUISTIC PROCESSORS AND PROCESSING OF TEXTS ON NATURAL LANGUAGES <i>Mushkova V.V.</i>	317
STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE DIGITAL ADAPTER OF THE MAIN PARALLEL INTERFACE <i>Nazirov R.R., Martyshkin A.I.</i>	320

RESEARCH THE DEFERRED SHADING BASED ON TECHNIQUE MULTIPLE RENDER TARGETS <i>Perevalov S.S., Danilov E.A.</i>	323
SENSING AND DISPLAYING INFORMATION IN THREE-DIMENSIONAL INTEGRAL VISUALIZATION <i>Prochnovsky M.A., Salnikov I.I.</i>	327
INFORMATION METHODS OF MEASUREMENT OF VOLUME LOOSE MATERIALS <i>Puzrenkov A.N., Salnikov I.I.</i>	331
RESEARCH AND ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF MULTI-THREADING IN SOFTWARE DEVELOPMENT BY C++ <i>Razdobudov S.A., Salnikov I.I.</i>	334
REVIEW OF SOFTWARE AND LIBRARIES IMPLEMENTING THE FUNCTIONS OF IP-TELEPHONY <i>Teroyshkin D.O., Danilov E.A.</i>	338

УДК 62–86

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕДЛЕННОГО ВРАЩЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Донской Д.Ю.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: dand22@bk.ru*

Современное, качественное лабораторное оборудование требует тщательного отбора. Факторов отбора очень много: энергетический, структурный (количество деталей, включенных в привод), геометрический (размер оборудования) и даже факторы, обусловленные сложностью обслуживания оборудования. Соответственно, методов реализации вращательного движения очень много. Обусловлено это широким диапазоном выбора приводов и двигателей. Например, разновидностей одних только приводов достаточно, чтобы осознать глобальность данного вопроса – это, например, механические, электрические и электромеханические приводы. Однако не все их виды целесообразны для применения в лабораторных установках. Например, приводы с двигателями переменного тока, которые имеют высокий КПД и высокую мощность, что зачастую излишне в лабораторных установках, требуют большое количество электроэнергии. Таким образом мы проводим полный анализ различных типов приводов.

Ключевые слова: вращение, привод, позиционирование, точность, механический, электромеханический, электрический, синхронный, асинхронный, момент, передача, передаточное число

ANALYSIS METHODS PROVIDE A SLOW ROTATION IN LABORATORY UNITS

Donskoi D.Y.

*Don State Technical University, Rostov-on-Don,
e-mail: dand22@bk.ru*

Modern, high-quality laboratory equipment requires careful selection. The selection factors are many: energetic, structural (the number of parts included in the actuator), geometric (size of equipment) and even the factors due to the complexity of maintenance of equipment. Accordingly, the methods of rotational motion very much. This is due to the wide range of drives and motors. For example, varieties alone drives enough to understand the globality of this issue, for example, mechanical, electrical, and Electromechanical actuators. However, not all types are suitable for use in laboratory settings. For example, actuators with AC motors that have high efficiency and high power that too often in laboratory settings, require large amounts of electricity. Thus, we conduct a full analysis of different types of actuators.

Keywords: rotation, the drive, positioning, precision, mechanical, Electromechanical, electrical, synchronous, asynchronous, torque, gear transmission ratio

Современные лаборатории нуждаются в полной приспособленности оборудования к различному спектру задач. В данной статье мы рассмотрим методы обеспечения медленного вращения в лабораторных установках. Это требуется для сокращения средств, затрачиваемых на узкоспециализированное оборудование, включающее в себя излишние запасы по мощности или имеющие недостаточную износоустойчивость. Все это требует тщательного анализа возможных видов данного оборудования.

Рассматривая возможные варианты реализации процесса медленного вращения, выявились следующие факторы отбора двигателя: возможность регулировки как скорости, так и направления вращения, поддержание широкого диапазона регулирования скорости и возможность осуществления вращения на низких оборотах (ино-

гда ниже 0,5 оборотов в сутки), отсутствие завышенных требований по моменту вращения (обычно не более 1 Нм) и тормозящему моменту (в среднем 1200 г·см), возможность точного позиционирования якоря и при этом отсутствие жестких требований по точности поддержания заданной скорости (низкая-средняя точность). Также не менее важны сравнительно малые габариты оборудования и по возможности отсутствие (громоздкого) вспомогательного оборудования [4].

1. Виды приводов, используемые для обеспечения вращательного движения

Рассмотрим классификацию приводов, которые могут обеспечивать низкоскоростное вращательное движение.

Сравнительные характеристики приводов вращения

	Приводы вращения	Точность поддержания скорости	Надежность	Диапазон регулирования /угол поворота	Стоимость
1.	Механический				
	на основе пружинного часового механизма	средняя	средняя	1:1	низкая
2.	Электромеханический				
	на основе часового механизма с электрическим тактированием	высокая	средняя	1:1	низкая
3.	Электрический				
	на основе синхронного двигателя, с питанием током постоянной частоты	средняя	высокая	1:1	низкая
	на основе синхронного двигателя, с частотным управлением	высокая	высокая	1:100	высокая
	на основе асинхронного двигателя, с частотным скалярным управлением	средняя	высокая	1:100	средняя
	на основе асинхронного двигателя, с частотным векторным управлением	высокая	высокая	1:1000	высокая
	на основе вентильного двигателя, с частотным управлением	Очень высокая	высокая	1:1000	высокая
	на основе двигателя постоянного тока с шим-управлением	средняя	высокая	1:100	средняя
	на основе шагового двигателя с полношаговым управлением	высокая	высокая	1.8 °	низкая
	на основе шагового двигателя с дробно-шаговым управлением	Очень высокая	высокая	0.2''	средняя

2. Возможные варианты кинематики привода вращения

Приводы прямого действия. Данный тип приводов имеет наиболее высокий КПД в рабочем диапазоне скоростей вращения и мощностей (моментов). Для данного типа характерно применение электрических приводов, которые могут обойтись без дополнительного оборудования, такого как: передаточный механизм; регулятор или колебательная система в часовом механизме; градусника, который предназначен для регулировки периода колебаний, а также самого механизма заводки пружины. Прямой привод упрощает конструкцию средств автоматизации.

Приводы ременной передачи. Данные приводы часто используются с двигателями среднего-высокого крутящего момента и мощности, к которым можно отнести

асинхронные и синхронные двигатели. Этот вид передачи реализуется за счет сил трения или сил зацепления, включает в себя гибкий элемент. Это позволяет компенсировать перегрузки (за счет проскальзывания) и сгладить пульсации, возникающие в процессе работы двигателя. Привод ременной передачи самый экономичный, то есть не требует больших затрат на замену ремней, что нельзя сказать о редукторах. Если сравнивать с зубчатой передачей, то ременная дает возможность передачи движения между валами, находящимися на значительном расстоянии друг от друга. Недостатками является малый срок службы и малая несущая способность, которая возникает из-за эффекта скольжения. Почти всех этих недостатков лишена цепная передача, за исключением эффекта растяжения во время работы.

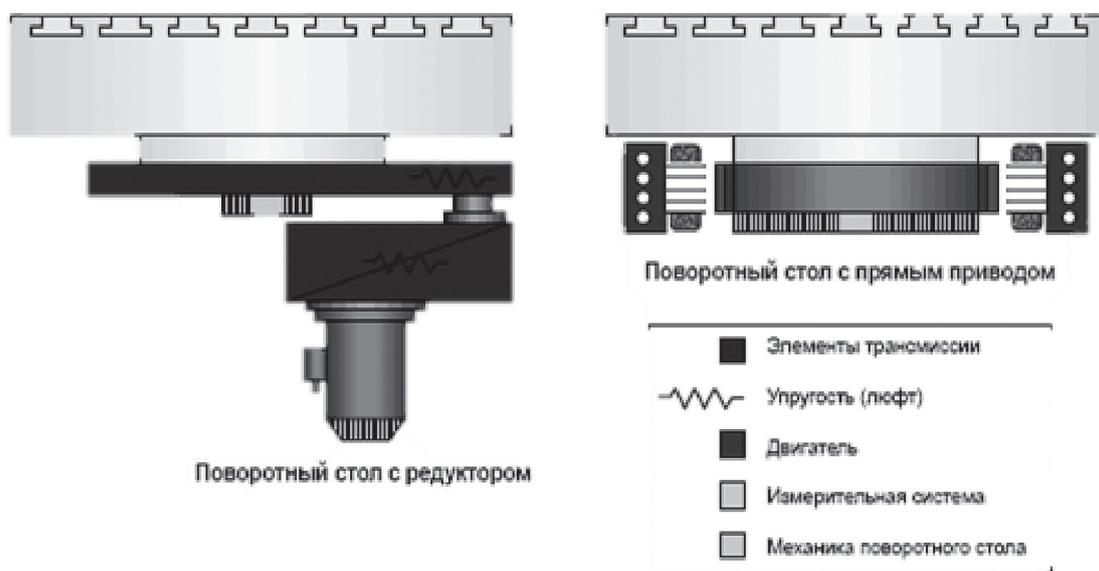


Рис. 1. Сравнение редукторной передачи с прямым приводом

Приводы редукторной (зубчатой) передачи или их разновидность приводы с ведущим роликом. Этот тип популярен как для механических и электромеханических приводов, так и для электрических. Редукторная передача зачастую используется с двигателями высоких мощностей из-за своей прочности и износоустойчивости. Его применение позволяет регулировать угол поворота якоря шагового двигателя за один поданный на него импульс (это достигается подбором передаточного числа), что принципиально важно в установках медленного вращения. [2] В приводах с ведущим роликом используется тот же принцип передаточного числа, но вместо шестерни используется валик, т.е. передача вращательного движения происходит за счет трения роликов. Данный тип передачи менее дорогостоящий и используется в маломощных установках, где не требуется высокий момент.

Приводы ременной передачи. Данные приводы часто используются с двигателями среднего-высокого крутящего момента и мощности, к которым можно отнести асинхронные и синхронные двигатели. Этот вид передачи реализуется за счет сил трения или сил зацепления, включает в себя гибкий элемент. Это позволяет скомпенсировать перегрузки (за счет проскальзывания) и сгладить пульсации, возникающие в процессе работы двигателя. Привод ременной передачи самый экономичный, то есть не требует больших затрат на замену ремней, что нельзя сказать о редукторах. Если сравнивать с зубчатой передачей, то ременная дает возможность передачи движения между валами, находящимися на значительном расстоянии друг от друга. Недостатками является малый срок службы и малая несущая способность, которая возникает из-за эффекта скольжения. Почти всех этих недостатков

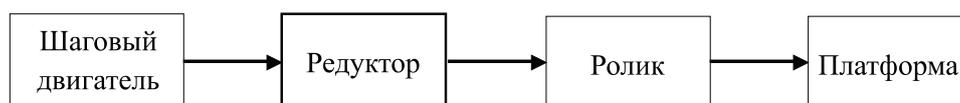


Рис. 2. Структурная схема привода с шаговым двигателем для медленного вращения круглой платформы (диска)

лишена цепная передача, за исключением эффекта растяжения во время работы.

Таким образом, мы рассмотрели возможные варианты реализации медленного вращения в лабораторных установках. Исходя из факторов подбора нужного привода, которые мы определили во введении, следует следующее заключение. Привод должен быть с ведущим роликом или иметь редукторную (зубчатую) передачу (нам не требуется использовать двигатели высокой мощности, которые создают излишние вибрации или высокий крутящий момент). Также привод должен основываться на следующих ти-

пах двигателей: двигатель постоянного тока с ШИМ-управлением, двигатель с полношаговым управлением, шаговый двигатель с дробно-шаговым управлением.

Список литературы

1. Козярук А.Е. Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. – СПб., 2004.
2. Свириденко П.А., Шмелев А.Н. Основы автоматизированного электропривода. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1970.
3. Карпенко Б.К., Ларченко В.И., Прокофьев Ю.А. Шаговые электродвигатели. – Киев: Техника, 1972.
4. Ратмиров В.А., Ивоботенко Б.А. Шаговые двигатели для систем автоматического управления // Библиотека по автоматике. Вып. 66. – М. -Л.: Госэнергоиздат, 1962.

УДК 620.2:664.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Ефимова А.С., Ефимова Т.С.,
Скрябина О.В.**

*ФГБОУ ВО «Омский ГАУ», Омск,
e-mail: eas1108@mail.ru*

Роль макаронных изделий в рационе питания трудно переоценить. Многие люди считают их основным продуктом питания. Не зря данный продукт вошел в группу товаров повседневного спроса или так называемую группу «жизненно-необходимых товаров». Они обладают относительной пищевой ценностью, являются доступными по цене, достаточно быстро и легко готовятся, в сухом виде долго хранятся без изменения свойств, прекрасно сочетаются с другими продуктами. Неслучайно макароны постоянно пользуются высоким спросом. Так как макаронные изделия являются практически основным продуктом, то необходимо проводить контроль качества данной продукции, а также исследовать ассортимент для того, чтобы выявить потребительские предпочтения, демонстрировавшие изменения вкусов и доходов потребителей, их готовность приобрести иные товары.

Ключевые слова: макаронные изделия, ассортимент, потребительские предпочтения, исследование, опрос

INVESTIGATION OF CONSUMER PREFERENCES WITH CHOICE OF MACARONI PRODUCTS

**Efimova A.S., Efimova T.S.,
Skryabin O.V.**

*Omsk State University, Omsk,
e-mail: eas1108@mail.ru*

The role of pasta in the diet is difficult to overestimate. Many people consider them to be the staple food. No wonder this product was included in the group of consumer goods or the so-called group of «vital goods». They have a relative nutritional value, are affordable, quickly and easily prepared, dry stored for a long time without changing properties, perfectly combined with other products. It is no coincidence that macaroni are constantly in high demand. Since pasta is practically the main product, it is necessary to carry out quality control of this product, and also to research the assortment in order to identify consumer preferences that have shown changes in consumers' tastes and incomes, their willingness to purchase other goods.

Keywords: pasta, assortment, consumer preferences, research, survey

Макаронные изделия – пищевой продукт, изготавливаемый из зерновых и незерновых культур и продуктов их переработки с использованием и без дополнительного сырья с добавлением воды смешиванием, различными способами формования и высушивания [2].

Для проведения исследования потребительских предпочтений был проведен социологический опрос о макаронных изделиях. Предпочтения потребителей – это привычки, традиции и вкусовые особенности покупателей. Они демонстрируют изменения вкусов и доходов потребителей, их готовность приобретать те или иные товары [6].

В опросе принимали участие люди разных возрастов. У всех 34 опрошиваемых в рационе присутствуют блюда из макарон, пасты. Для большинства людей имеет большое значение цена макаронных изделий. 9 человек (26%) тратят на покупку макаронных изделий в среднем 14–25 ру-

блей за 300 г.; 15 человек (44%) тратят 26–45 рублей; 6 человек (18%) – 46–75 рублей и 4 человека (12%) ответили, что тратят более 75 рублей за 300 г. макаронных изделий.

Исследование потребительских предпочтений при выборе макаронных изделий по цене представлено на рис. 1.

Не менее важен и бренд макаронных изделий. Наиболее популярны такие торговые марки, как Добродея и MakFa, МакСтори, Щебекинские, Макаронные изделия и Роллтон.

По 9 человек из 34 опрошенных выбрали торговые марки Добродея и MakFa (26%), МакСтори – 3 человека (9%), Щебекинские – 4 человека (12%), Макаронные изделия – 6 человек (18%) и Роллтон выбрали 3 человека (9%).

Исследование потребительских предпочтений при выборе макаронных изделий по торговым маркам представлено на рис. 2.

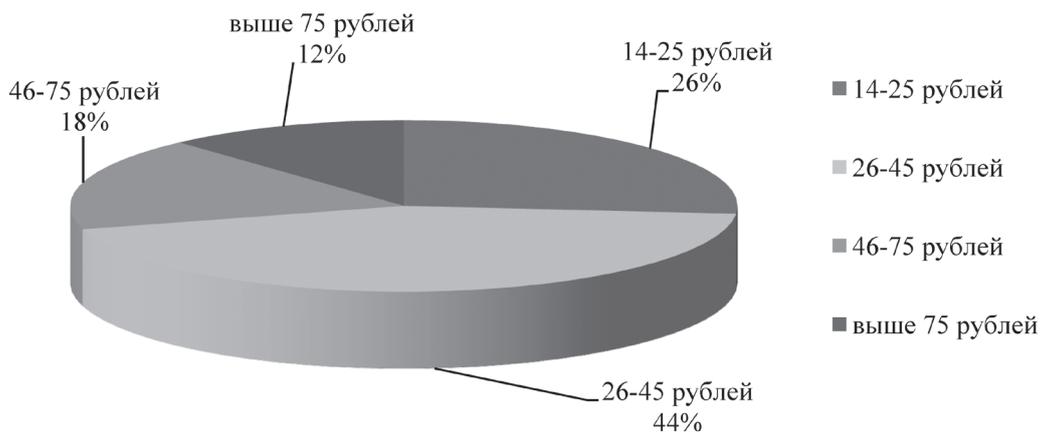


Рис. 1. Исследование потребительских предпочтений по цене

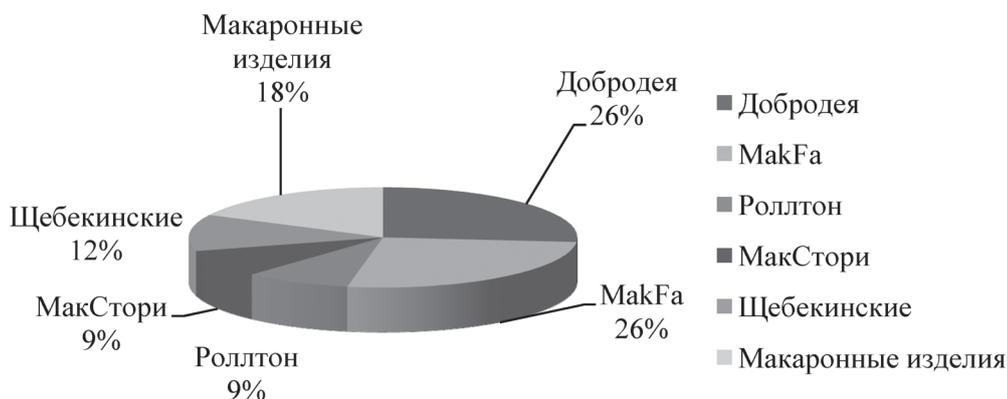


Рис. 2. Исследование потребительских предпочтений по торговым маркам

В социологическом опросе был вопрос о частоте покупки макаронных изделий. 12 человек покупают макаронные изделия 2–3 раза в месяц (35%), 10 человек приобретают макаронные изделия 1 раз в месяц (29%), 6 человек из 34 покупают макароны 1 раз в 2 месяца (18%), 4 человека часто по-

купают макаронные изделия (12%), реже 1 раза в 2 месяца покупают примерно 2 человека (6%).

Исследование потребительских предпочтений при выборе макаронных изделий по частоте покупке представлено на рис. 3.

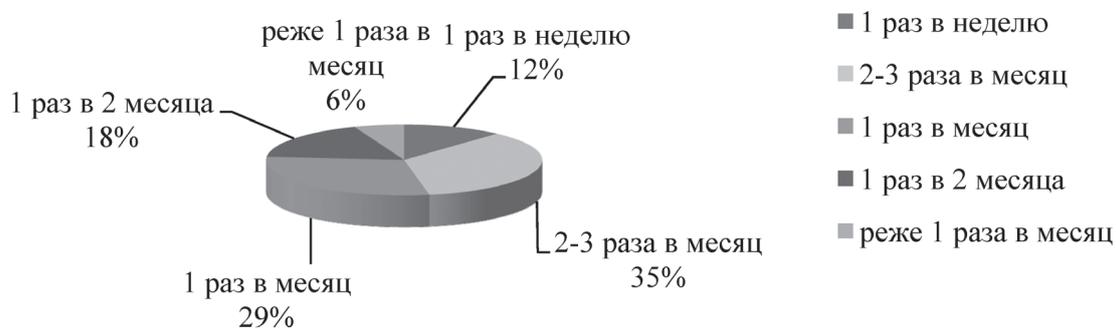


Рис. 3. Исследование потребительских предпочтений по частоте покупки

В наше время существует множество видов макаронных изделий, но самыми популярными являются спагетти, их выбрали в опросе 9 человек (25%); менее популярны перья и рожки, за них проголосовали 8 и 7 человек (24% и 21%); за бабочки, пружинки и ракуш-

ки проголосовало по 2 человека (6%) за каждый вид, и за вермишель, спираль, гнезда, лапшу проголосовало по 1 человеку (3%).

Исследование потребительских предпочтений при выборе макаронных изделий по виду представлено на рис. 4.



Рис. 4. Исследование потребительских предпочтений по виду

Практически все опрошенные приобретают макаронные изделия из твердой пшеничной муки – 29 человек, и 5 человек ответили, что предпочитают макароны из хлебопекарной пшеничной муки.

Исследование потребительских предпочтений при выборе макаронных изделий по сорту муки представлено на рис. 5.

26%. [3] Также по результатам опроса стало известно, что в среднем люди покупают макаронные изделия 2–3 раза в неделю и чаще всего такие виды как спагетти, перья или рожки. 29 человек отметили, что предпочитают изделия из твердой пшеничной муки, так как они полезнее и менее калорийны.

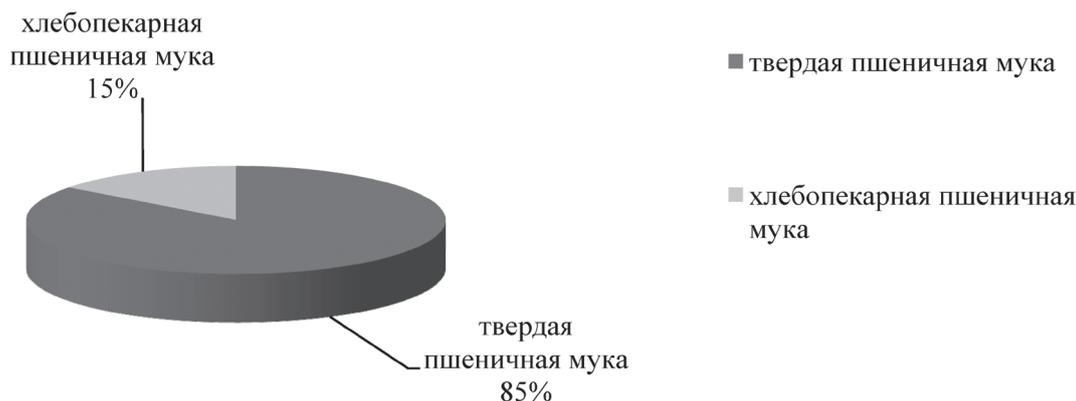


Рис. 5. Исследование потребительских предпочтений по сорту муки

Для исследования потребительских предпочтений был разработан социологический опрос, в который были включены вопросы о стоимости макаронных изделий, их вид, торговые марки, а также о сорте муки и частоте покупки.

Структура макарон по цене весьма разнообразна, но известно, что большинство (44%) покупают макаронные изделия по средней цене и лишь 12% из всех опрошенных приобретают макаронные изделия премиум-класса, то есть дорогие. Добродея и МакФа – это наиболее популярные торговые марки, за них проголосовало в опросе

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного Союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – Введ. 2013 – 07 – 01. – М., ЗАО «Кодекс». – 242 с.
2. ГОСТ 31743–2012. Изделия макаронные. Общие технические условия. – Введ. 2013 – 07 – 01, 8 с.
3. ГОСТ Р 51074–2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования». – Введ. 2005 – 30 – 06, 25 с.
4. ГОСТ Р 51303–99. Торговля. Термины и определения. – Введ. 2000 – 01 – 01, 12 с.
5. Деликатная, И.О. Безопасность товаров (продовольственных) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.О. Деликатная, И.Ю. Ухарцева. – Минск: Выш. шк., 2012. – 252 с.
6. Динер Ю.А., Скрябина О.В., Рябкова Д.С. Организация контроля при производстве макаронных изделий в ОАО «Омская макаронная фабрика» // Товаровед продовольственных товаров. – 2016. – № 12. – С. 40–43.

УДК 621.774.63

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ТРУБОГИБА МОДЕЛИ ИВ-3430

Козлов А.В., Верещагин А.С.

*Филиал ФГАОУ ВО «Южно-Уральского государственного университета», Златоуст,
e-mail: zlat-susu@yandex.ru*

Произведена модернизация серийного трубогиба ИВ-3430 для холодной гибки труб методом раскатывания. В ходе производственных испытаний модернизированного трубогиба выявлены ряд недостатков в существующей системе управления трубогибом, оказывающие негативное влияние на качество гибки труб. Для устранения недостатков произведено совершенствование данной системы. При этом были использованы следующие компоненты: преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями; датчик угла поворота (энкодер) для определения и регулировки положения гибочного ролика; программируемый логический контроллер для обработки и управления входящих сигналов, а также панель оператора для организации человеко-машинного интерфейса. Разработаны принципиальные схемы функционирования, а также циклограмма работы трубогиба с применением данных компонентов. Представлены результаты испытаний модернизированной системы управления, показывающие целесообразность внедрения данных компонентов.

Ключевые слова: совершенствование, управление, трубогиб, раскатывание, модернизация

IMPROVEMENT OF THE CONTROL SYSTEM OF THE MODERNIZED PIPE BEND MODEL IV-3430

Kozlov A.V., Vereshchagin A.S.

Branch of South Ural State University, Zlatoust, e-mail: zlat-susu@ya.ru

Modernization of the serial IV-3430 pipe bender for cold bending of pipes by rolling was performed. During the production tests of the modernized pipe bender, a number of shortcomings in the existing pipe bending control system have been identified, which have a negative impact on the quality of pipe bending. To improve the deficiencies, the system has been improved. The following components were used: frequency converters for controlling asynchronous motors; Angle sensor (encoder) for determining and adjusting the position of the bending roller; a programmable logic controller for processing and controlling incoming signals, as well as an operator panel for man-machine interface organization. Principal schemes of functioning have been developed, as well as a cyclogram of the operation of the tubing with the use of these components. The results of tests of the modernized control system are shown, showing the expediency of the introduction of these components.

Keywords: improvement, management, bending, rolling, modernization

Серийно выпускаемый трубогиб модели ИВ-3430 предназначен для гибки труб в холодном состоянии с оправкой (дорном) и без неё методом наматывания трубы на гибочный ролик. Наибольший наружный диаметр изгибаемой трубы составляет 100 мм.

Недостатками данного метода является:

- Невозможность гибки отводов с малыми (до 1,5D) радиусами;
- Высокие изгибаемые усилия;
- Большая вероятность гофрообразования.

В то же время разработанный в ЮУрГУ метод гибки с раскатыванием позволяет устранить большую часть недостатков [1].

Основные преимущества метода:

- Возможна гибка тонкостенных труб на малые (до 1,5D) радиусы гiba;
- Снижение изгибаемых усилий в 2,5–3 раза по сравнению с описанным выше методом;
- Возможна гибка труб со стенками средней и особо малой толщины;
- Снижение энергетических и экономических затрат.

На основании теоретических и практических исследований была произведена модернизация серийного трубогиба ИВ-3430. Трубогиб был снабжен механизмом раскатывания изгибаемой трубы и механизмом создания натяга, выполненном в виде инерционного нагружателя [2].

Кинематическая схема показана на рисунке 1 и состоит из: 1 – электродвигатель А112МА6У1; 2, 4, 18, 20 – шкивы; 3 – ременная передача; 5 – подшипник радиальный; 6 – червячный редуктор РЧУ100–20–51–У2; 7 – муфта; 8 – подшипник радиально-упорный; 9 – червяк; 10/11, 12/13 – зубчатые передачи; 14 – эксцентриковый зажим; 15 – ролик гибочный; 16 – ролик раскатной, 17 – зажимной винт; 19 – инерционный нагружатель; 21 – электродвигатель АИР100Д6У3; 22 – электродвигатель АИР63В4; 23 – насос Х1422М.

Рассмотрим подробно данную кинематическую схему. Труба крепится на борштангу, к концу которой закреплена раскатная головка 16. Конец трубы прижи-

мают к гибочному ролику 15 с помощью эксцентрика 14. В таком состоянии установка готова к началу работы. Двигатель М1 посредством клиноременной передачи 3, червячного редуктора 6, муфты 7 и системы зубчатых передач 10–11, 12–13 передает крутящий момент на гибочный ролик 15. Таким образом осуществляется продольное перемещение трубы. Двигатель М2 приводит во вращение шпиндельный узел, вращающий борштангу и инерци-

онный нагрузатель 19. Это обеспечивает вращение раскатной головке 16 и создание натяга. Двигатель М3 запускает насос 23, подающий в областьгиба охлаждающую жидкость.

Рассмотрим подробнее механизм создания натяга (рис. 2), основными узлами которого являются: 1 – зажимной винт; 2 – раскатная головка; 3 – борштанга; 4 – шток; 5 – шкив; 6 – шпиндельный узел; 7 – рычаги; 8 – подвижная втулка; 9 – груз.

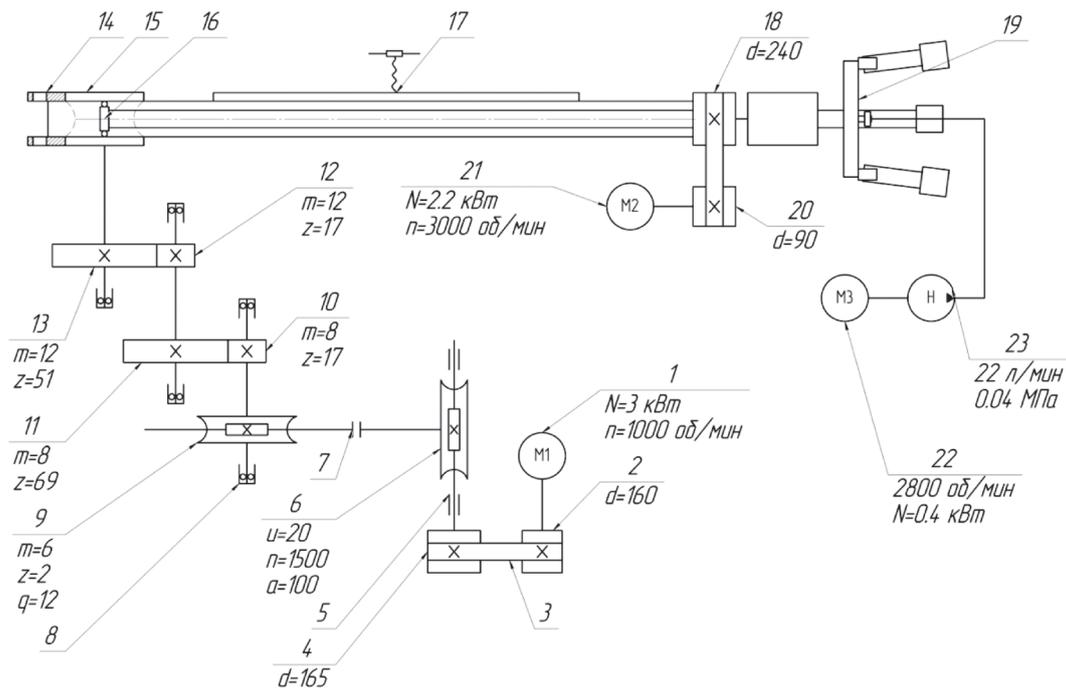


Рис. 1. Кинематическая схема модернизированного ИВ-3430

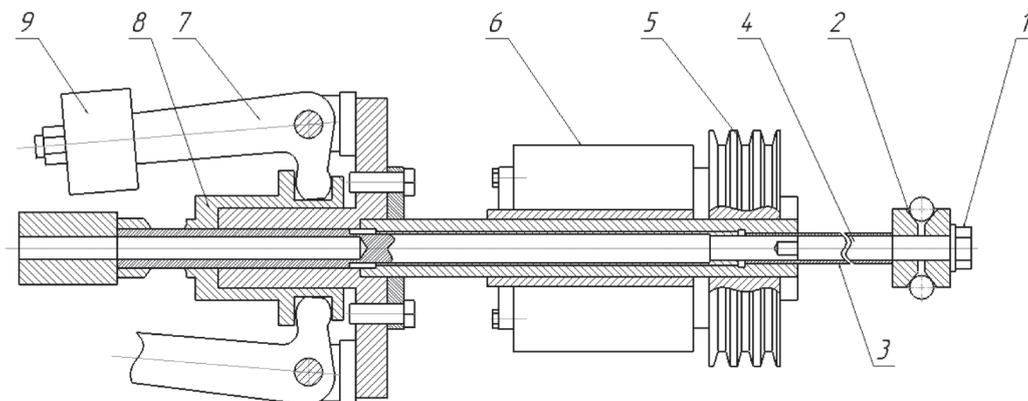


Рис. 2. Инерционный нагрузатель

Конструкция инерционного нагрузителя состоит из рычагов 7, подвижной втулки 8 и груза 9. Втулка 8 соединена с подвижным штоком 4, который находится внутри борштанги 3. Также на борштанге закреплён шпindelный узел 6 со шкивом 5. На конце штока закреплена раскатная головка 2 и зажимной винт 1. При вращении борштанги двигателем М2 происходит разведение грузов 9 инерционного нагрузителя в стороны. Рычаги 7 под действием сил инерции отводят в сторону втулку 8, которая перемещает в осевом направлении шток 4. При этом винт 1, закрепленный на конце штока, упирается в раскатную головку 2, создавая таким образом натяг.

На рис. 3 представлена электрическая схема данного трубогиба: М1, М2 – двигатели асинхронные; М3 – электронасос; КК1...КК3 – реле электротепловое; КМ1...КМ4 – магнитные пускатели; QF1 – выключатель автоматический; SB1...SB8 – кнопки пуска/останова.

Запуск системы происходит замыканием QF1. Прямой и обратный ход трубы осуществляется двигателем М1 и кнопками SB1 и SB2 соответственно. Включение двигателя раскатки М2 происходит кноп-

кой SB5. Кнопка SB7 запускает двигатель М3, запускающий подачу жидкости в областьгиба. При необходимости остановки всех двигателей используется кнопка SB8. Защиту от перепадов напряжения, высоких токов нагрузки и т.п. осуществляют электротепловые реле и автоматический выключатель.

Многолетние испытания гибки труб методом раскатывания выявили ряд недостатков в приведенной системе управления [3]. Как видно из электрической схемы (рис. 3), двигатели М1 и М2 работают не согласованно. Отсутствие регулировки времени выхода двигателей на максимальные обороты приводит к образованию на внутренней части трубы нежелательных уступов в начальный и конечный моменты временигиба (рис. 4, 5). Данный дефект может негативно сказаться на эксплуатационных свойствах трубы, а также стать причиной её разрушения в данных сечениях.

Также невозможность плавного пуска двигателей приводит к сокращению их срока службы. Ввиду отсутствия регулировки частоты вращения двигателей, гибка различных по толщине и диаметру труб осуществляется при одинаковых режимах работы.

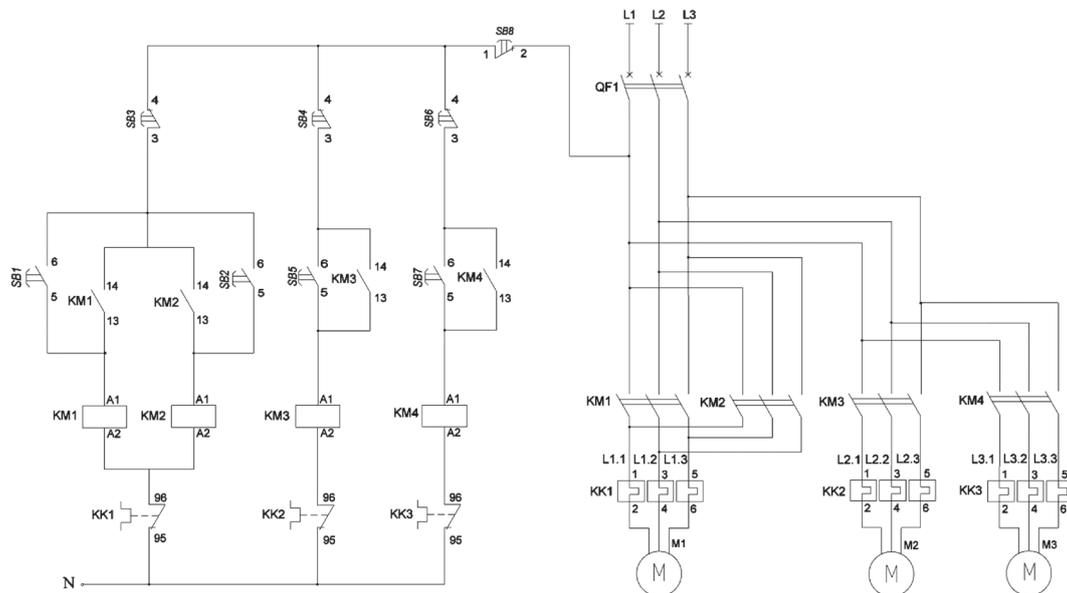


Рис. 3. Электрическая схема трубогиба ИВ-3430

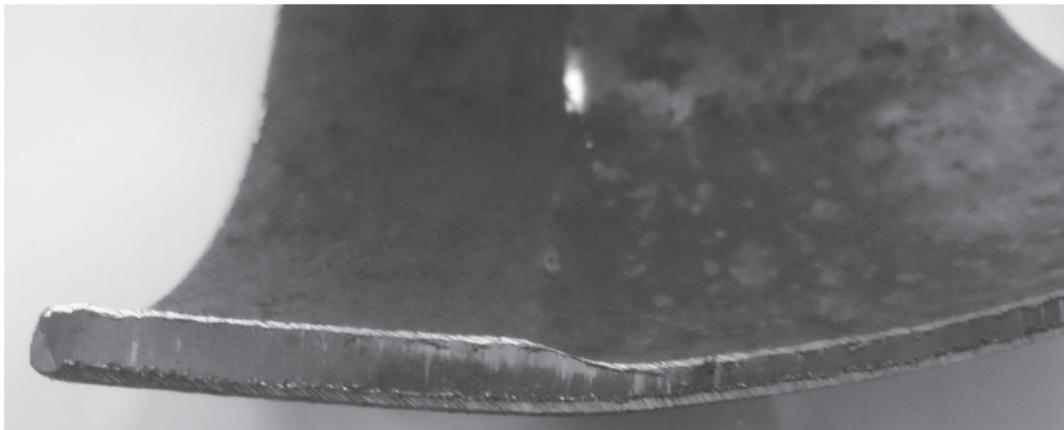


Рис. 4. Дефект внутренней стороны трубы в началегиба

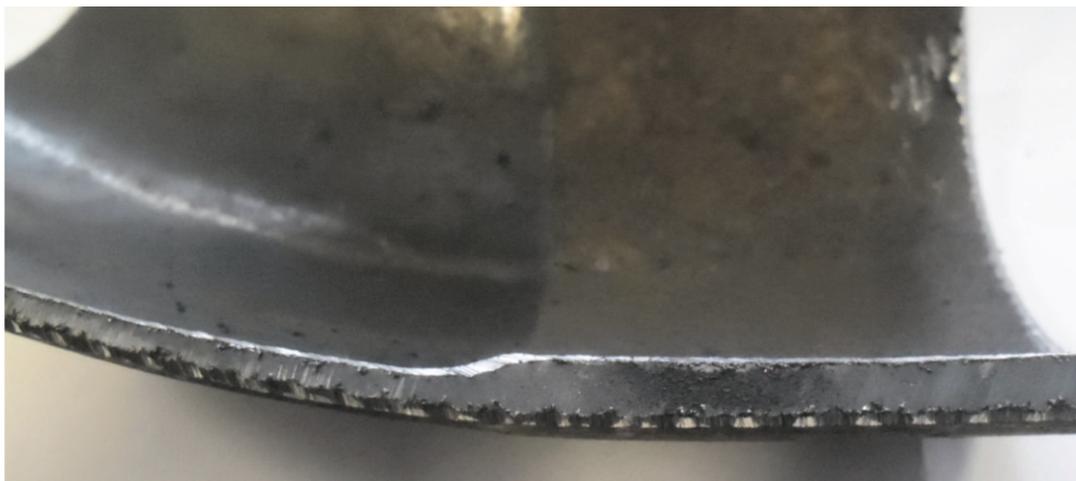


Рис. 5. Дефект внутренней стороны трубы в концегиба

Ряд перечисленных проблем можно решить путем совершенствования системы управления станка, что позволит упростить работу оператора, а также повысит точность и производительность гибки труб методом раскатывания. Для этого была разработана функциональная схема управления трубогибом, показанная на рис. 6. Выделим главные функции системы управления:

- Управление инерционным нагрузателем;
- Прямой/обратный ход гибочного ролика;

- Отображение и редактирование параметровгиба;
- Контроль углагиба.

Преобразователи частоты устраняют выделенные проблемы, связанные с работой и регулировкой частоты вращения двигателей. Датчик угловых перемещений является высокоточным устройством, который работает напрямую с промышленным контроллером. Все изменяемые параметры отображаются на панели оператора.

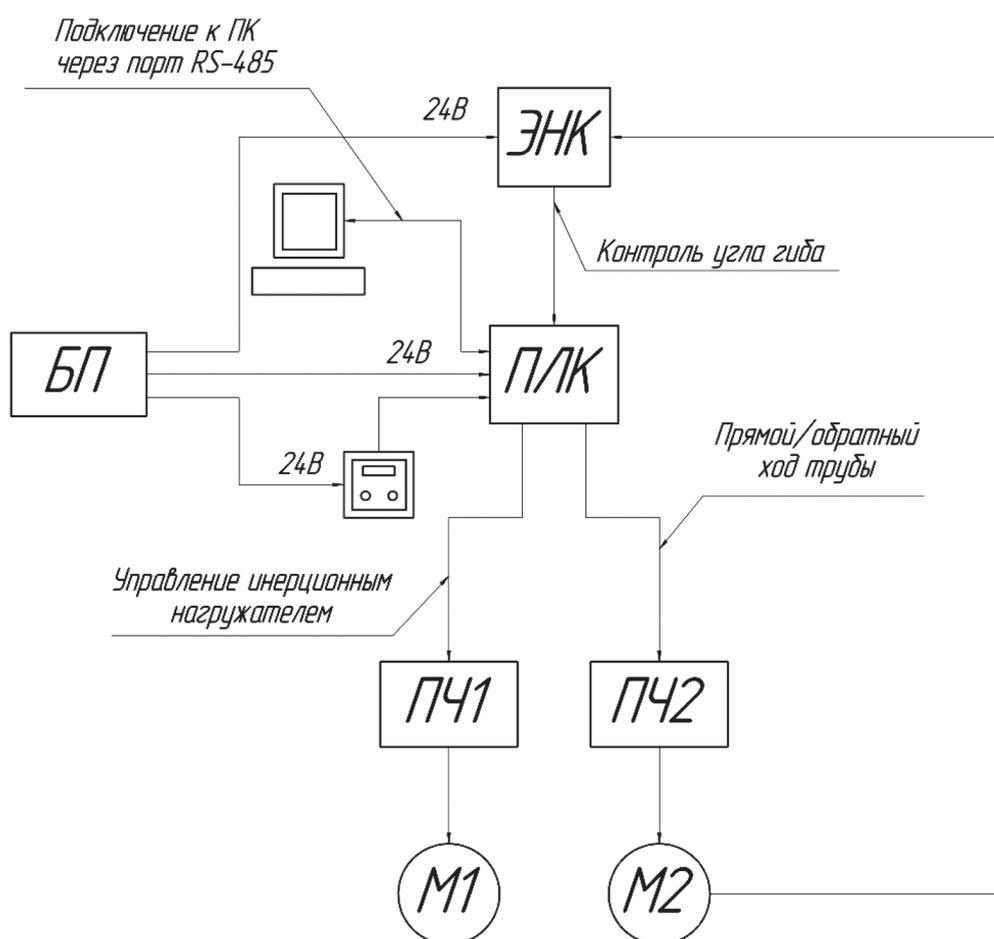


Рис. 6. Функциональная схема системы управления трубогибом
Обозначения на схеме:

 – приборная панель оператора;  – персональный компьютер; ЭНК – датчик угловых перемещений (энкодер); БП – блок питания; ПЛК – программируемый логический контроллер; M1 – привод механизма раскатки; M2 – привод механизма продольного перемещения трубы; ПЧ1/ПЧ2 – преобразователи частоты

Двигатели для плавного пуска, останова и регулирования частоты вращения подключены к преобразователям частоты. Ввод технических данных для гибки производится как с контроллера, так и с приборной панели оператора, подключенной к ПЛК.

Гибка начинается по нажатию кнопки «пуск» с панели оператора. Энкодер отправляет сигнал на ПЛК о начальном (нулевом) положении гибочного ролика. ПЛК отправляет сигнал на включение двигателей. В этот момент происходит гиб трубы. Данные об изменении положения гибочного ролика отправляются для сравнения с требуемым на ПЛК посредством обратной связи. При достижении требуемого углагиба, контроллер останавливает двигатели.

По нажатию кнопки «реверс» с панели оператора происходит отжим трубы двигателем M2 от гибочного ролика. Угол отжима является задаваемым параметром. При достижении этого угла происходит останов двигателя M2.

Внедрение новых устройств в текущую систему управления приводит к изменению электрической схемы трубогиба. На основании функциональной схемы управления (рис. 6), была разработана принципиальная электрическая схема (рис. 7). Установленные ПЧ1 и ПЧ2 заменяют собой магнитные пускатели КМ1–КМ4, защитные теплореле КК1–КК3 для двигателей, что повышает надежность системы в целом.

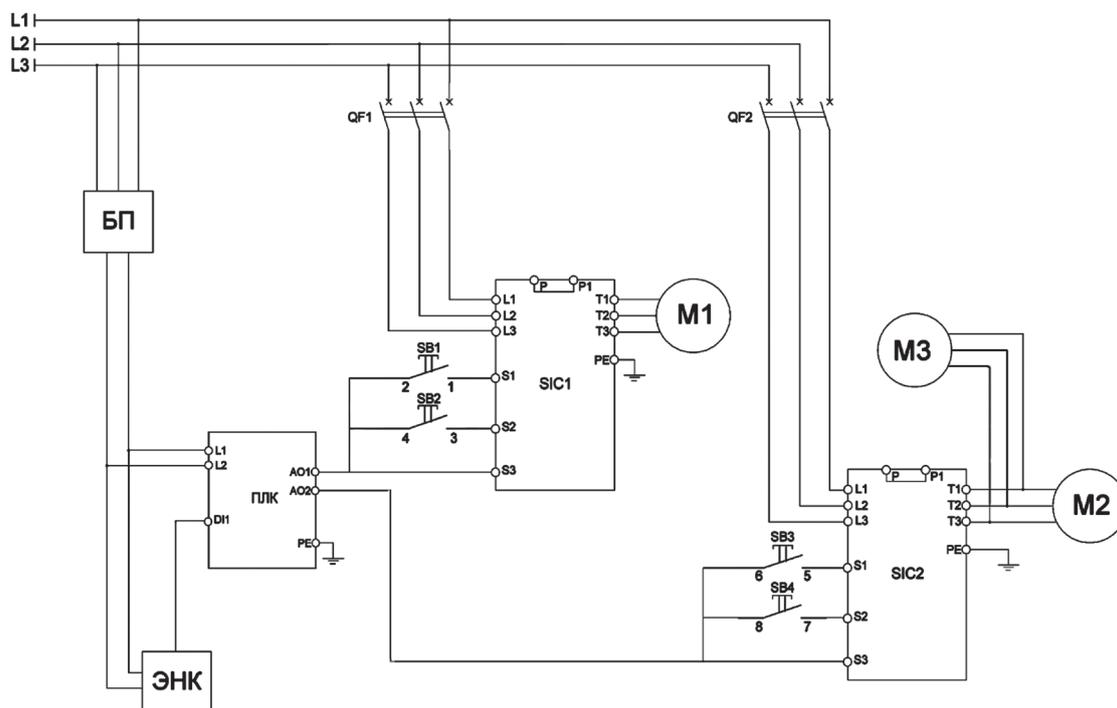


Рис. 7. Схема электрическая принципиальная

На данной схеме приведены следующие условные обозначения:

M1 – двигатель гибочного ролика; M2 – двигатель раскатной головки; M3 – двигатель подачи охлаждающей жидкости; QF1/QF2 – автоматические выключатели; SB1/SB3 – кнопки пуска и останова; SB2/SB4 – кнопки реверса и останова; SIC1/SIC2 – преобразователи частоты; ПЛК – программируемый логический контроллер; ЭНК – датчик угла поворота; БП – блок питания.

Разработана циклограмма работы трубогиба, представленная на рисунке 8. Цикл гибки трубы можно условно разделить на три временные группы: 1 – закрепление трубы; 2 – гибка трубы; 3 – снятие трубы. На участке 1 происходит загрузка трубы. В этот момент подается питание и включается ПЛК. На участке 2–3 происходит закрепление трубы с помощью зажимного механизма. Этот процесс занимает длительное время, т.к. возникает необходимость в точном позиционировании трубы на раскатной головке. На участке 4 происходит плавный пуск двигателей раскатной головки и гибоч-

ного вала от ПЧ. Также включается датчик угла поворота, который передает информацию о положении гибочного вала на ПЛК. Участок 5–6 представляет собой прямой рабочий ход. На этом этапе происходит гибка трубы гибочным роликом. На участке 7 показан плавный останов рабочего хода. Трубу на участке 8 перед обратным ходом необходимо немного отжать. В противном случае снять трубу будет проблематично ввиду сил, которые труба оказывает на механизм зажима. На участках 9–11 показан обратный ход и плавный останов двигателя гибочного ролика. Данный процесс занимает продолжительное время ввиду невысоких оборотов гибочного вала. После полной остановки происходит окончательный отжим трубы (участок 12). На участке 13 происходит снятие готовой трубы и трубогиб переходит в режим ожидания, который показан на участке 14.

Общее время работы составляет 8.5 минут и может варьироваться в зависимости от параметров трубы, технических требований, а также профессиональных навыков и опыта оператора.

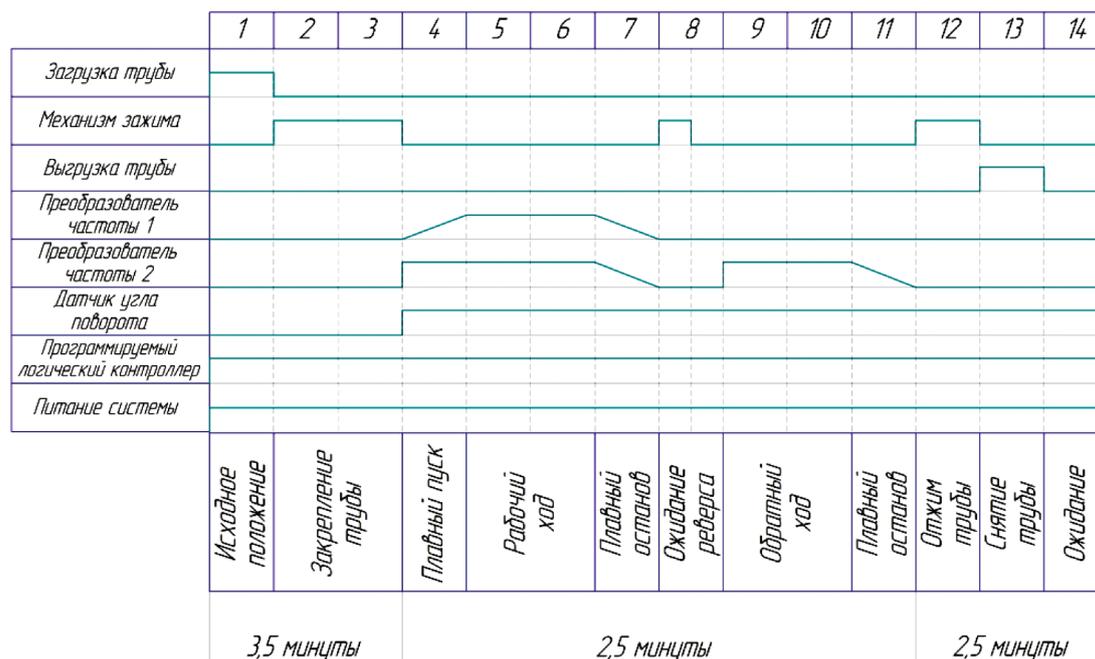


Рис. 8. Циклограмма работы трубогиба ИВ-3430

Заключение

В настоящее время реализовано векторное частотное управление асинхронными двигателями (рис. 9). Модернизированный трубогиб внедрён в производство.

Была произведена гибка опытной партии труб Ø52×5 мм из стали марки 12Х18Н10Т (рис. 10) и Ø108×5 мм из ст20. Как видно из рис. 10, удалось добиться плавного перепада на внутренней стороне трубы [4].



Рис. 9. Установленные преобразователи частоты

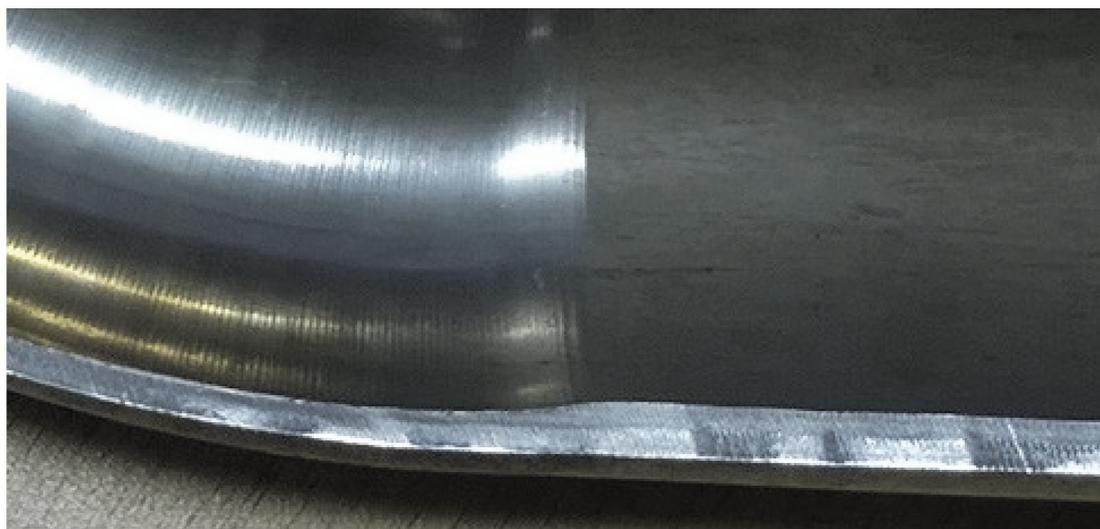


Рис. 10. Фото продольного сечения изогнутой трубы из стали марки 12X18H10T

Список литературы

1. Козлов А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 169 с.
2. Козлов А.В. Разработка оборудования для холодной гибки труб с раскатыванием / А.В. Козлов // Вестник МГТУ им. Носова. – 2010. – № 1. – С. 50–51.
3. Козлов А.В. Опыт гибки тонкостенных труб в холодном состоянии / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов, Я.М. Хилькевич // Технология машиностроения. – 2008. – № 10. – С. 21–22.
4. Козлов А.В. Контроль состояния материала труб при гибке с раскатыванием / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 11. – С.49–53.

УДК 621.8

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Кокорева О.Г., Фадеев Ф.О.

Московская государственная академия водного транспорта, филиал ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова», Москва, e-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru, fadeew.filipp@mail.ru

Важнейшим направлением в повышении надежности и долговечности является создание современных и совершенствование существующих конструкций. Установлена возможность выбора оптимальных сочетаний технологических режимов обработки для повышения износостойкости деталей. Построена модель зависимости шероховатости поверхностного слоя деталей от режимов упрочняющей обработки. Проведена оценка адекватности моделей по классической методике. Предложен эффективный технологический способ поверхностно-пластической деформации путем изменения кинематики воздействия инструмента и обработанной поверхности осей колесных пар. Представлена конструкция инструмента для упрочнения обработкой поверхностно-пластической деформации. Установлено, что путем рационального выбора режимов обработки поверхностно-пластической деформации возможно осуществлять технологическое управление параметрами шероховатости, существенно снизив износ деталей, оптимизировав при этом технологический процесс производства. Определены пути совершенствования технологической обработки тяжело нагруженных поверхностей деталей.

Ключевые слова: поверхностно-пластическая деформация (ППД), оси колесных пар (ОКП), формообразующая обработка, упрочнение поверхностного слоя, износостойкость, шероховатость

IMPROVEMENT OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AXLE WHEELED PARTS LOWERED BY SURFACE-PLASTIC DEFORMATION

Kokoreva O.G., Fadeev F.O.

Moscow State Academy of Water Transport, branch of the State University of the Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov, Moscow, e-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru, fadeew.filipp@mail.ru

The most important direction in increasing reliability and durability is the creation of modern and improvement of existing structures. The opportunity of a choice of optimum combinations of technological modes of processing for increase of wear resistance of details is established. A model is constructed for the dependence of the roughness of the surface layer of parts on the conditions of hardening treatment. The adequacy of the models was evaluated according to the classical method. An effective technological method of surface-plastic deformation is proposed by changing the kinematics of the action of the tool and the machined surface of the axes of wheel pairs. The design of the tool for hardening by the treatment of surface-plastic deformation is presented. It is established that by rational choice of the modes of processing of surface-plastic deformation it is possible to carry out technological management of the parameters of roughness, significantly reducing the wear of parts, optimizing the technological process of production. The ways of improving the technological processing of the heavily loaded parts surfaces are determined.

Keywords: surface-plastic deformation, axes of wheel pairs, form-forming treatment, hardening of the surface layer, wear resistance, roughness

В настоящее время существует ряд методов упрочняющей обработки, которые обеспечивают существенное повышение надежности и долговечности деталей машин.

В основе каждого метода лежит механизм поверхностно-пластической деформации заключающегося в деформации волокон металла в определенном направлении при накатывании роликом, что приводит к изменению текстуры. Установлено, что характер формообразующей обработки, в результате которой волокна деформируются и перераспределяются, оставаясь целыми, оказывает большое влияние на износостойкость поверхности.

Известно, что наибольшее влияние на коэффициент трения оказывают среднее арифметическое отклонение профиля Ra и относительная опорная длина тр профиля; на линейный износ и интенсивность изнашивания – параметры Ra, tr, опорная длина η_r профиля, средний шаг Sm неровностей профиля. Было установлено, что разные виды взаимодействия контактных поверхностей деталей, при которых протекают механические, физико-химические, тепловые и другие процессы, в реальных условиях эксплуатации оборудования усложняют процесс трения. Однако существует возможность выбора оптимальных сочетаний

технологических режимов обработки, позволяющих получить поверхности фактически с требуемой макро – и микрогеометрией, существенно повысив износостойкость и снизить коэффициент трения в соединениях деталей [1].

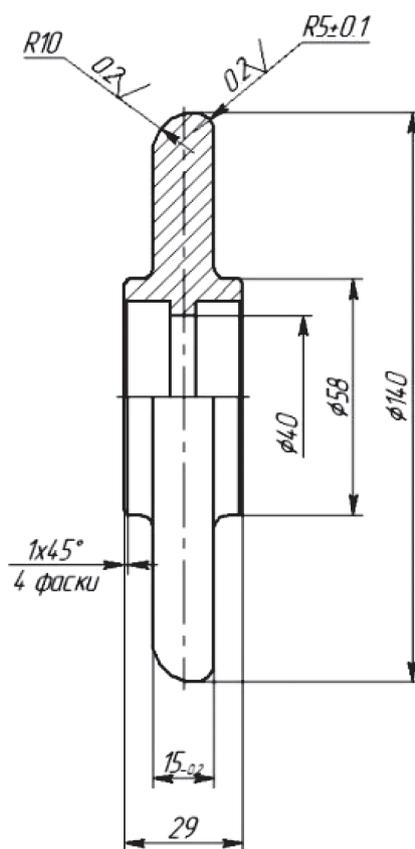
Как один из возможных технологических способов для достижения поставленной цели является использование поверхностно-пластической деформации (ППД) путем изменения кинематики взаимодействия инструмента и обрабатываемой поверхности ОКП. Это дает возможность получить требуемую траекторию деформации поверхности, позволяющую уменьшить высоту микронеровностей.

Однако анализ исследований в этой области не позволяет выявить закономерности технологии обработки ОКП с пара-

метрами качества обработанной поверхности.

Проведены исследования поверхностей осей колесных пар, изготовленных из специальной осевой стали ОсЛ ГОСТ 4728–89. При этом ось предварительно подвергалась токарной обработке на станке модели РТ2517 резцами, оснащенными пластинами твердого сплава Т15К6. Геометрические параметры режущей части резца $\alpha=8^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\varphi=\varphi_1=45^\circ$, $\lambda=5^\circ$. Режимы обработки на токарной операции $V = 60\dots75$ м/мин, $S=0,2\dots0,3$ мм/об. Шероховатость под накатывание $R_z=20$ мкм.

Упрочняющая обработка производилась роликом с криволинейной образующей (рисунком), который изготовлен из стали Х12М, который изготовлен из стали 62...64, диаметр ролика 140 мм [6].



Ролик с криволинейной образующей

Известно, что качество формирования поверхностного слоя значительное влияние оказывают такие величины, как скорость вращения, подача, пространственное расположение осей инструмента и детали.

Задача исследований сводится к планированию и реализации k -факторного эксперимента для оценки значений коэффициентов b_i функции отклика на основании существующей методики [2].

Линейное уравнение этой функции имеет вид

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i x_j, \quad (1)$$

где y – параметр оптимизации, а именно шероховатость Ra; b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты подлежащие определению и зависящие от характера обработки; x_1 – фактор S , мм/об – подача; x_2 – фактор V , м/мин – скорость обкатывания; x_3 – фактор θ , град. – знак скрещивания.

Коэффициенты оцениваются по результатам эксперимента и определяются по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} y_j}{N}. \quad (2)$$

Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно нулевого уровня. Нулевой или основной уровень определяется из анализа априорной информации, т.е. полученной до начала эксперимента. Для каждого фактора выбирается два уровня, на которых он будет варьироваться в эксперименте (табл. 1).

Число опытов, необходимое для реализации всех возможных сочетаний уровней факторов, находится по формуле

$$N = 2^k, \quad (3)$$

где N – число опытов; k – число факторов; 2 – число уровней.

Тогда: $N=2^3=8$.

Матрица планирования и результаты опытов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования

	X_1 (подача)	X_2 (скорость/частота)	X_3 (угол)	X_4 (знак угла)
Основной уровень	0,26	180	15	+
Интервал варьирования	0,04	20	5	+
Верхний уровень	0,30	200	30	+
Нижний уровень	0,22	160	20	-

Таблица 2

Матрица планирования для полного факторного эксперимента

№ опыта	Порядок реализации	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	Y
1	4	+	+0,3	+200	+30	+	0,158
2	3	+	-0,22	+200	+30	-	0,365
3	8	+	+0,3	-160	+30	-	0,168
4	5	+	-0,22	-160	+30	+	1,261
5	7	+	+0,3	+200	-20	-	1,333
6	2	+	-0,22	+200	-20	+	0,483
7	1	+	+0,3	-160	-20	+	0,808
8	6	+	-0,22	-160	-20	-	0,604

Согласно методике [2] были определены коэффициенты регрессии модели (1), вычислена дисперсия параметра оптимизации $S_y^2=0,005987$, средняя квадратичная ошибка в определении коэффициентов регрессии $s(b_i)=0,0007483$, доверительный интервал коэффициентов регрессии при 5%-м уровне значимости коэффициентов $\Delta b_i=\pm 0,12$. По доверительному интервалу были выделены статически значимые коэффициенты регрессии.

Таким образом, разработана модель зависимости шероховатости от режимов обработки ППД в виде полиному первой степени:

$$Y = 0,6475 - 0,1595X_3 + 0,1915X_1X_2 - 0,2942X_1X_3 - 0,1637X_2X_3. \quad (4)$$

Согласно полученной модели (4) параметр оптимизации (y) уменьшается с увеличением значений фактора X_3 , а также факторов X_1X_2 , X_1X_3 и X_2X_3 действующих совместно.

Проверку адекватности модели (4) проводили по F -критерию Фишера, для чего рассчитывалась дисперсия адекватности.

$$s_{Ad}^2 = 0,013435. \quad (5)$$

Модель считается адекватной, если соблюдается условие:

$$F_p < F_t, \quad (6)$$

где F_p – расчетное значение критерия Фишера; F_t – теоретическое значение критерия Фишера, по справочным данным $F_t=19,2$ [2].

$$F_p = \frac{s_{Ad}^2}{s_y^2}. \quad (7)$$

Тогда: $2,24 < 19,2$.

Следовательно, модель адекватна.

Модель зависимости шероховатости от факторов обработки ППД будет иметь вид:

$$Ra = Y = 0,6415 - 0,1595\theta + 0,1915Sn - 0,2942S\theta - 0,1637n\theta. \quad (8)$$

Анализ данной модели показывает, что на параметр оптимизации (шероховатость) оказывает влияние угол скрещивания θ осей ролика и детали, а также взаимодействие таких факторов как подача и скорость вращения, подача и угол скрещивания, скорость вращения и угол скрещивание.

На основе результатов получено следующее значение шероховатости $Ra=0,34\dots 0,4$ (требуемая $1,64\dots 3,2$ мкм) [4]. Полученные данные позволяют сделать вывод, что путем рационального выбора уровней факторов, определяющих условия обработки ППД, делают реальным возможность осуществлять технологическое управление параметрами шероховатости, и тем самым снизить износ детали, а как следствие исключить операцию шлифования из технологического процесса обработки осей колесных пар. А так же позволяет определить приоритетные пути дальнейшего совершенствования технологии обработки.

Список литературы

1. Гасанов Ю.Н. Износ поверхностей деталей, обработанных при различных сочетаниях технологических операций // Вестник машиностроения. – 2001. – №4. – С. 50–52.
2. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
3. Школьник Л.М., Шахов В.И. Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. – М.: Машиностроение, 1964, – 184 с.
4. Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар локомотивов и моторных вагонов ТИ 32 ЦТ – ВНИИЖТ – 95. – М.: ВНИИЖТ, 1995. – 14 с.
5. Комплект документов на технологический процесс обработки резанием детали «Ось колесной пары 27.03.03.04.101».
6. Орлов В.В., Кокорева О.Г. Пути повышения качества поверхностей осей колесных пар упрочненных поверхностно-пластическим деформированием // СТИН. – 2006. – №9 – С. 29–30.

УДК 004.056:003.26

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
DFA К ГОСТ Р 34.12–2015 «КУЗНЕЧИК»**

Красовский А.В.

ЮФУ ИТА ИКТИБ, Таганрог, e-mail: an.krasowsckij@gmail.com

Современная конфиденциальность гарантируется стойкостью криптографических алгоритмов. Данные алгоритмы используются во множестве разнообразных исполнений. Функции хэширования присутствуют в «block chain», ассиметричные алгоритмы шифрования в протоколах передачи данных системы «Bitcoin», симметричные алгоритмы шифрования внедрены в смарт карты и т.д. Анализ и поиск уязвимостей криптографических алгоритмов позволяет поддерживать высокий уровень конфиденциальности. В настоящий момент современным стандартом шифрования РФ является шифр Кузнечик [1]. Анализ Кузнечика – это актуальная проблема безопасности РФ. Одним из самых продуктивных способов анализа является DFA. Соответственно автор данной статьи считает крайне актуальным вопросом анализ шифра Кузнечик методом DFA в теории, что позволит выявить общие положения для применения практического анализа Кузнечика с помощью DFA.

Ключевые слова: DFA, Кузнечик, ГОСТ Р 34.12–2015, теоретический анализ

THEORETICAL APPLICATION OF DFA TO GOST R 34.12–2015 «KUZNYECHIK»

Krasovsky A.V.

SFU ETA ICTIS, Taganrog, e-mail: an.krasowsckij@gmail.com

Modern confidentiality guaranteed by the strength of cryptographic algorithms. This algorithms used in many different implementations. Hash functions used in «block chain», asymmetric cipher algorithms used in data transfer protocol in «Bitcoin» system, symmetric cipher algorithms used in smart cards etc. Analysis of crypto algorithms vulnerability allows support high level of confidentiality. Today Kuznyechik [1] is modern cipher standard in Russia Federation. Analysis of Kuznyechik is actual security problem of Russia Federation. One of the most effective approach for analysis is DFA. Author of this paper consider that analysis of Kuznyechik by DFA is very topical theme for research and it allow find common rules for practical analysis of Kuznyechik with DFA.

Keywords: DFA, Kuznyechik, GOST R 34.12–2015, theoretical analysis

В данной работе в разделе 1 описан шифр Кузнечик, в разделе 2 говорится о используемых свойствах шифра, в разделе 3 описан DFA и детали его применения, в разделе 4 описывается алгоритм применения DFA к Кузнечику.

1. Структура шифра Кузнечик

ГОСТ 34.12–2015 «Кузнечик» является блочным симметричным шифром. Он реализован в соответствии с SP сетью, где процесс дешифрования обратен шифрованию. Вход/выход и промежуточные значения имеют размерность 128 бит, ключ имеет размерность 256 бит. Далее все незатронутые детали описания шифра являются не важными для DFA и приведены в [1].

Блоки замены байта p и \bar{p} применяются в рамках блоков S и \bar{S} соответственно и имеют размерность 8 бит. Кузнечик имеет предустановленные таблицы замены, которые можно считать массивами с индексами. Выходом блоков p и \bar{p} является значение, взятое в таблице замены по индексу равному значению входа.

Блоки замены S и \bar{S} имеют входную/выходную размерность 128 бит. Обозначим логическое разбиение 128-битного текста на 16 байт как $a = a_{15} || a_{14} || \dots || a_0$, $a \in V_{128}$. Схематичное представление блоков S и \bar{S} приведено на рис. 1.

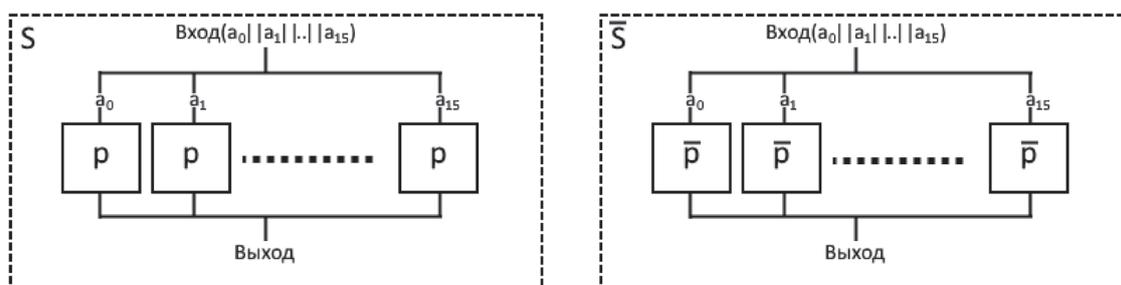


Рис. 1. Блоки S и \bar{S}

Блок l имеет размерность входа/выхода 128/8 бит соответственно. Выход генерируется в соответствии с уравнением $\ell(a)$. Умножение и сложение происходят в поле

$$GF(2)[x]/p(x),$$

где $p(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x + 1$.

Блок R и \bar{R} имеют размерность входа/выхода 128 бит. Они используют блок l для вычисления нового старшего байта

$$\ell(a_{\text{вход}}^{15} \parallel a_{\text{вход}}^{14} \parallel \dots \parallel a_{\text{вход}}^0) \parallel a_{\text{вход}}^{15}$$

А выходом является значение

$$\ell(a_{\text{вход}}^{15} \parallel a_{\text{вход}}^{14} \parallel \dots \parallel a_{\text{вход}}^0) \parallel a_{\text{вход}}^{15} \parallel a_{\text{вход}}^{14} \parallel \dots \parallel a_{\text{вход}}^1$$

Блок L и \bar{L} имеют размерность входа/выхода 128 бит. Они используют R и \bar{R} соответственно последовательно 16 раз.

Процесс шифрования/дешифрования отображается формулой (1) соответственно. Обозначим $C \in V_{128}$ как закрытый текст и $P \in V_{128}$ как открытый текст, тогда шифрования/дешифрования можно представить:

$$C = X(K_{10})LSX(K_9) \dots LSX(K_1)(P),$$

$$P = X(K_1)\bar{S}\bar{L}X(K_2) \dots \bar{S}\bar{L}X(K_{10})(C)$$

Ключ шифра имеет размерность 256 бит, а подключ 128 бит. Генерируется 10 подключей для 9 раундов и заключающего X блока. Для выработки подключей используется 32 постоянных продекларированных в стандарте значений C_i .

2. Свойства шифра Кузнецик

Основным свойством шифра Кузнецик для DFA является дифференциальное свойство (ДС) S и \bar{S} блока, а так же L и \bar{L} блока. Данное положение обусловлено характером метода. DFA предполагает сравнение промежуточных значений и дифференциалов различных ПЗ.

Блоки L и \bar{L} обладают свойством дистрибутивности, что упрощает их использование относительно DFA. Блоки S и \bar{S} обладают ДС блоков p и \bar{p} . При изучении ДС блоков p и \bar{p} было выявлено, что разные дифференциалы входов образуют разное количество уникальных выходных дифференциалов. Данное ДС для уникальности обозначим как свойство неравномерности распределения (СНР). Далее рассматривается СНР p блока.

СНР представлен на рис. 2, где $a, b \in V_{128}$ это левая и правая часть входного дифференциала соответственно, а значение в матрице кол-во уникальных выходных дифференциалов.

a/b	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.A	.B	.C	.D	.E	.F
0.	1	108	102	109	109	107	100	107	107	106	105	110	109	105	111	104
1.	110	110	105	108	106	107	106	102	110	110	107	104	113	105	109	109
2.	102	102	110	106	108	105	98	105	111	107	105	108	109	102	104	106
3.	112	113	109	100	114	113	110	103	111	107	108	107	108	107	107	108
4.	105	107	107	106	106	109	110	104	108	103	106	111	104	109	111	105
5.	106	110	108	108	104	107	103	106	114	110	104	108	104	112	104	109
6.	110	107	111	103	105	104	108	114	109	110	103	106	106	107	107	108
7.	110	106	105	101	108	104	107	108	104	112	109	107	107	104	107	106
8.	103	110	104	108	114	102	103	107	106	107	105	107	110	100	110	102
9.	104	108	105	108	110	105	107	113	101	107	109	113	107	105	100	106
A.	113	105	109	111	109	101	102	107	110	100	106	110	107	103	105	106
B.	110	103	105	106	104	101	110	110	110	112	110	113	105	111	108	105
C.	111	106	111	105	107	109	99	104	103	105	106	111	109	103	106	108
D.	109	106	113	102	103	112	108	104	105	111	106	106	105	105	111	105
E.	105	112	107	105	104	109	106	109	102	107	109	107	109	106	103	104
F.	106	111	108	112	106	107	114	107	113	112	112	113	103	108	109	112

Рис. 2. СНР p блока

Другим свойством p и \bar{p} блоков является неравномерность распределения повторений (СНП). СНП заключается в неравномерности повторений выходных дифференциалов.

На основе СНП был создан алгоритм восстановления значений (АВЗ) [2], который позволяет восстанавливать возможные значения на входе/выходе S блока зная дифференциалы на входе и выходе.

3. Описание DFA

Метод DFA (дифференциальный анализ ошибки) был впервые представлен в 1996 году [3] для RSA. Позже теория DFA была развита для применения к симметричным алгоритмам [4] и получила широкое распространение. DFA предполагает внедрение ошибки в промежуточное значения (ПЗ) этапов вычисления открытого/закрытого текста. Для DFA требуется несколько процессов шифрования/дешифрования. Так же DFA требует знания открытого и закрытого текста или одного из них в зависимости от цели анализа. Данный метод может быть активным не инвазивным или полунинвазивным.

В данной работе для теоретического анализа используется ошибка при которой изменяется один бит в ПЗ. ПЗ принимает значения до входа следующего блока и после выхода предыдущего. При изучении структуры шифра было выявлено, что DFA требует восстановления первых или последних двух подключей. В таком случае восстановление ключа требует двух этапов. На рис. 3 схематически изображаются области ПЗ для двух этапов, которым необходимо внести ошибку при шифровании и восстановления 9, 10 подключей.

4. Алгоритм применения DFA к Кузнечик

Алгоритм применения DFA прежде всего заключается в представлении процесса шифрования как указано на рис. 3. Видно, что $ПЗ_n, ПЗ_{n+1}, ПЗ_{n+2}$, где $n = 1, 4, 7, 10$ образуют группы. В данных группах ПЗ в которые внедряется ошибка приведут к схожему результату восстановления ключа. Чёрным выделен блок восстановления, к которому необходимо применять АВЗ.

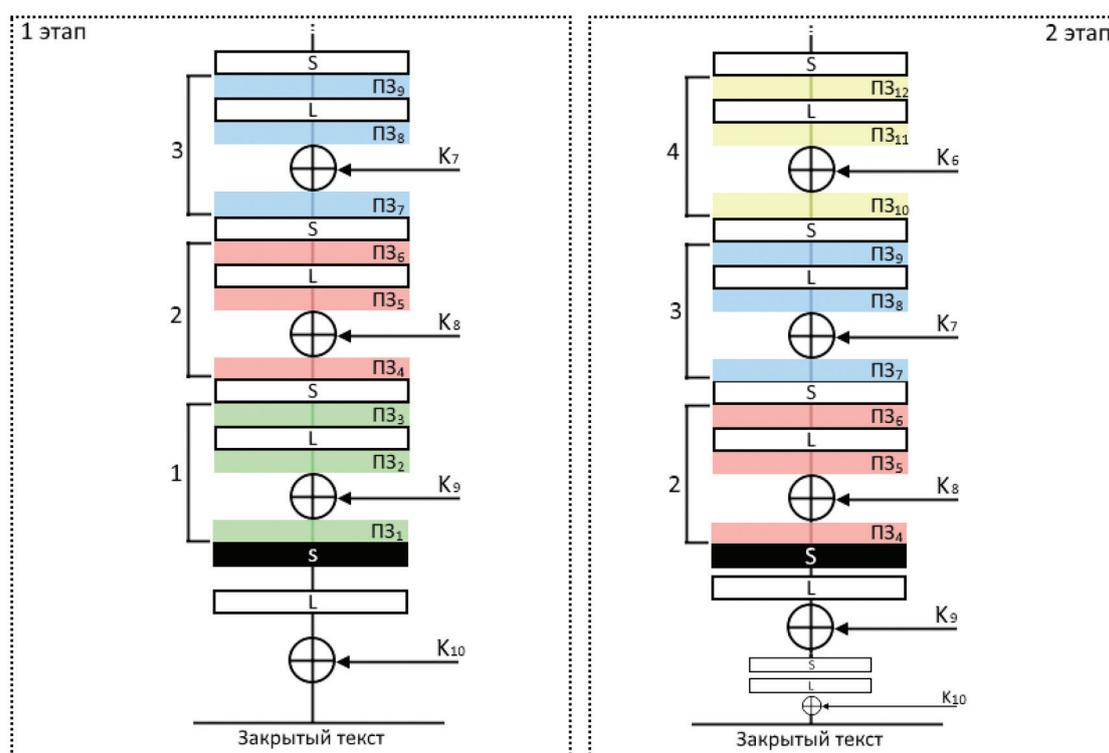


Рис. 3. Этапы анализа Кузнечика с помощью DFA

Количество восстановленных подключей в зависимости от группы

Этап	гр. i кол. диф. на вх.	гр. $i+1$ кол. диф. на вх.	гр. $i+2$ кол. диф. на вх.	гр. i кол. под-ключей	гр. $i+1$ кол. подключей	гр. $i+2$ кол. подключей
Этап №1	1	100	2^{119}	$2^{16} - 2^{48}$	$2^{112} - 2^{128}$	$2^{128} - 2^{128}$
Этап №2	1	100	2^{119}	$2^{32} - 2^{96}$	$2^{128} - 2^{128}$	$2^{128} - 2^{128}$

В первую очередь выполняется первый этап алгоритма применения DFA. Оба этапа производятся для одного и того же набора подключей. Ошибка изменяется случайный бит в запланированном ПЗ или группе. Алгоритм первого этапа следующий: шифруется текст P и получается закрытый текст C , шифруется текст P и в какой либо ПЗ внедряется ошибка и получается C' , дифференциал $C \oplus C'$ восстанавливается до выхода блока восстановления, дифференциал в каком либо ПЗ восстанавливается до входа блока восстановления, для блока восстановления применяется АВЗ, возможные значения проходят через L блок и восстанавливаются возможные десятки подключей.

Второй этап аналогичен первому, только последний S и L блок отбрасываются так как в ПЗ₃ возможно вычислить список возможных значений на основе закрытого текста и списка возможных десятых подключей. После восстановления возможных девятых подключей следует для всех пар 10 и 9 подключей вычислить остальные и отфильтровать их.

Группа в ПЗ которой внедряется ошибка влияет на количество восстановленных подключей. В таблице приведены средние значения количества дифференциалов на входе блока восстановления для двух этапов в зависимости от группы в которую внедрена ошибка и максимальное/минимальное количество восстановленных первых/вторых подключей. Следует сказать, что на рис. 3 и в таблице используется толь-

ко по 3 группы, но их может быть больше. Слишком удалённая группа от блока восстановления восстановит все возможные ключи, т.е. сложность увеличится до сложности полного перебора.

Значения в таблице представлены без вероятностного фактора фильтрации дифференциалов в АВЗ, что значительно увеличивает кол-во восстанавливаемых ключей.

В данной работе был описан способ применения метода DFA к шифру Кузнечик, представлено описание алгоритма применения DFA в общем виде. В работе описанные дифференциальные свойства блоков шифра и описан сам шифр. Так же приведена таблица сложностей восстановления ключа в зависимости от групп внедрения ошибки.

Можно заключить, что шифр Кузнечик потенциально имеет слабость относительно DFA без учёта фильтрации дифференциалов при применении АВЗ.

Список литературы

- ГОСТ 34.12.-2015. Кузнечик [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tc26.ru/standard/draft/GOSTR-bsh.pdf> (дата обращения 21.08.2017).
- Красовский А.В. Анализ криптографической стойкости шифра «Кузнечик» методом связанных ключей. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scienceforum.ru/2017/pdf/36877.pdf> (дата обращения 13.01.2018).
- Dan Boneh, Richard A. Demillo, Richard J. Lipton, On the Importance of Checking Cryptographic Protocols for Faults, Lecture Notes in Computer Science, Advances in Cryptology, proceedings of EUROCRYPT97, pp. 37–51, 1997.
- Eli Biham, Adi Shamir. Differential Fault Analysis of Secret Key Cryptosystems. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/440f/a56b0618578b34c7a4fb781fc40388bf8e18.pdf> (дата обращения 14.01.2018).

УДК 534.835

ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Лебедева М.С.

ЮФУ, Ростов-на-Дону, e-mail: mary.lebedevas@gmail.com

Данная статья посвящена актуальной в наши дни теме обеспечения учреждений здравоохранения качественными звукопоглощающими отделочными материалами на примере больниц в разных регионах России. Зачастую, медучреждения находятся в черте города, иногда в самом его центре. Плюсом такого градостроительного решения является легкий и быстрый доступ жителей города в больницу или поликлинику, однако, с точки зрения комфорта как пациентов, так и медработников, такое размещение медучреждения плохо влияет на работу и процесс реабилитации. Городская среда – это так называемый раздражитель. Различный городской шум, к примеру, от транспорта, может усложнить все внутрибольничные процессы. Даже при условии нахождения зданий подобного назначения вне города, существует ряд проблем, связанных с шумом от пациентов, врачей, иных процессов деятельности. В статье рассмотрены различные решения проблем, связанных с шумом, как внутри, так и снаружи учреждений здравоохранения, рассмотрены звукопоглощающие материалы, обоснована целесообразность их применения, а также приведены наиболее эффективные мероприятия по обеспечению тишины в помещениях, а также исследован такой раздел, как экологичность исследуемых отделочных материалов.

Ключевые слова: звукопоглощение, уровень шума, медицинские учреждения, реабилитация, комфорт, отделка помещений

USING OF SOUND-ABSORBING MATERIALS IN HEALTH FACILITIES

Lebedeva M.S.

SFU, Rostov-on-Don, e-mail: mary.lebedevas@gmail.com

This article is devoted to the current topic of providing health care institutions with high-quality sound-absorbing finishing materials by the example of hospitals in different regions of Russia. Often, medical facilities are located within the city, sometimes in its center. The advantage of such a city planning solution is easy and quick access of city residents to a hospital or a polyclinic, however, from the point of view of the comfort of both patients and health workers, such placement of the medical institution has a bad effect for the work and rehabilitation process. The urban environment is the so-called irritant. Different city noise, for example, from transport, can complicate all intrahospital processes. Even with the presence of buildings of this type outside the city, there are a number of problems associated with noise from patients, doctors, other processes of activities. The article considers various solutions to problems related to noise, both inside and outside the healthcare facilities, sound-absorbing materials are considered, the expediency of their use is justified, and the most effective measures for ensuring silence in the premises are presented, and a section such as the ecological compatibility of the investigated finishing materials.

Keywords: Sound absorption, noise level, medical facilities, rehabilitation, comfort, interior decoration

Больницы являются местами большой проходимости, массового скопления людей, благодаря чему большая часть помещений подвержена высокому уровню шума. Существует большое количество градостроительных, архитектурных и иных условий при проектировании реабилитационных центров, больниц, родильных домов и т.д. Британское исследование показало, что более 80% коммуникаций в отделении скорой помощи происходят в формате очного разговора или по телефону. Если работе сотрудников отделения мешают ненужные шумы, возрастает риск врачебных ошибок. Таким образом, шум приводит к раздражениям, беспокойству и эмоциональным перепадам, как у врачей, так и пациентов, является большой помехой для отдыха и реабилитации. Для обеспечения тихой среды внутри подобных заведений наиболее эффективными материалами являются звукопоглощающие стеновые и потолочные панели, отвечающие санитарно-гигиеническим, огнестойким, эстетическим требованиям.

На сегодняшний день существует большое количество качественных звукопоглощающих материалов, гарантирующих снижение уровня шума в помещениях любой специфики. Одним из заведений, требующих максимального звукопоглощения, являются больницы и подобные им заведения, однако, в России на 2017 год крайне малое их количество оснащено такого рода материалами. Звукопоглощение в них достигается лишь при помощи стандартного набора: оштукатуренные стены в палатах и коридорах, деревянные полы или линолеум, окрашенные в белый цвет потолки. Данное сочетание практически не дает результатов по обеспечению тишины. К примеру, самое тонкое межэтажное перекрытие, выполненное из железобетонных плит, обеспечивает индекс изоляции воздушного шума в районе $R_w = 48$ дБ. Добавив полую внутреннюю перегородку на металлическом профиле, обшитую листами гипсокартона с обеих сторон, имеющую звукоизоляцию не более $R_w = 40$ дБ. В итоге, при громком разгово-

ре с уровнем $L = 80$ дБА в соседнем помещении образовывается полная слышимость всего разговора [2].

Для акустической отделки стен применяются звукопоглощающие стеновые панели, имеющие показатели среднего коэффициента звукопоглощения в диапазоне 0,7 – 0,95.

Основные требования к отделочным материалам, направленным на звукопогло-

щение в медучреждениях: экологичность, соответствие санитарно-гигиеническим нормам, негорючесть. Так же, не должно быть содержания/выделения смол, формальдегидов, канцерогенов. Материал должен выдерживать ежедневную химическую обработку [3, 4].

Отвечающие требованиям марки акустических панелей: Ecophon, GYPTONE, Armstrong, AcousticWool, Шуманет.

Таблица 1

Уровни звукового давления в помещениях различного назначения [2]

Помещения и территории	Уровни звукового давления L (эквивалентные уровни звукового давления $L_{\text{экв}}$, Дб, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц)								Уровни звука L_A и эквивалентные уровни звука $L_{A \text{ экв}}$, Дб
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Палаты больниц и санаториев, операционные залы больниц	51	39	31	24	20	17	14	13	25
2. Жилые помещения пансионатов	55	44	35	29	25	22	20	18	30
3. Кабинеты врачей больниц, санаториев, поликлиник	59	48	40	34	30	27	25	23	35

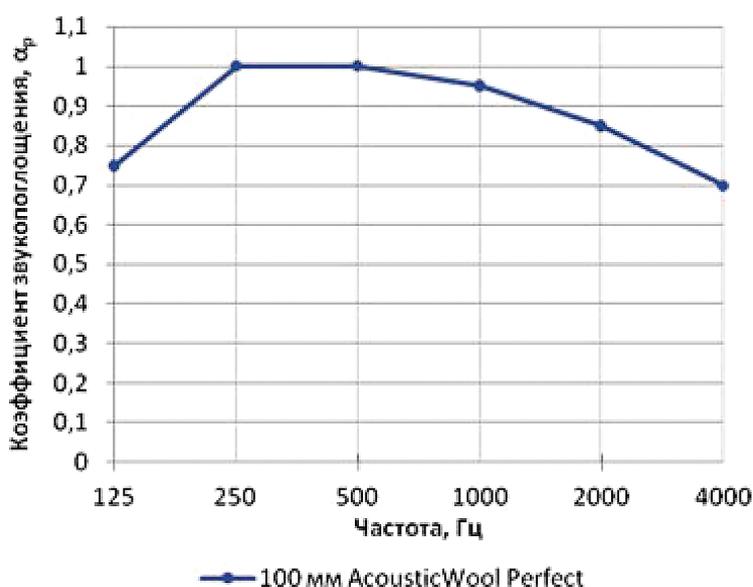


Рис. 1. Коэффициент звукопоглощения потолочной панели Ecophon Gedina

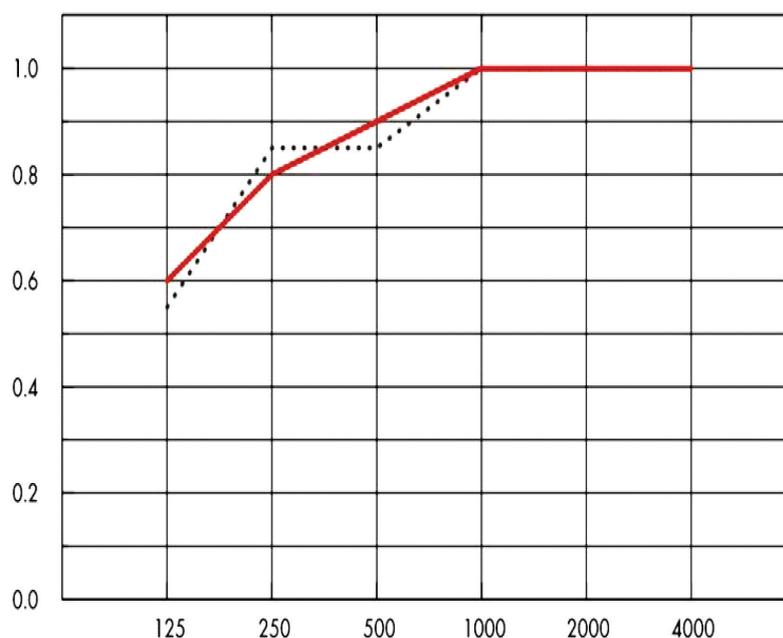


Рис. 2. Коэффициент звукопоглощения стеновой панели AcousticWool Perfect

Вывод. При применении обоих материалов в отделке помещения, получаем результат, приближенный к полному поглощению шума.

Для достижения максимальной эффективности можно использовать звукопоглощающие стеновые и потолочные акустические панели, систему «плавающий» пол, выгородки (экраны, окружающие источник шума со всех сторон. Целесообразно применять для источника шума, уровни звуковой

мощности которого на 15 дБ и более выше, чем у остальных источников шума), эхолушки [5], открытые системы с вертикальными звукопоглощающими экранами [6]. Так же, дополнительными звукопоглощающими средствами могут служить мягкая мебель, декорации, шторы, занавеси, однако, в условиях жестких санитарных требований, текстиль не подходит для широкого использования в больницах.

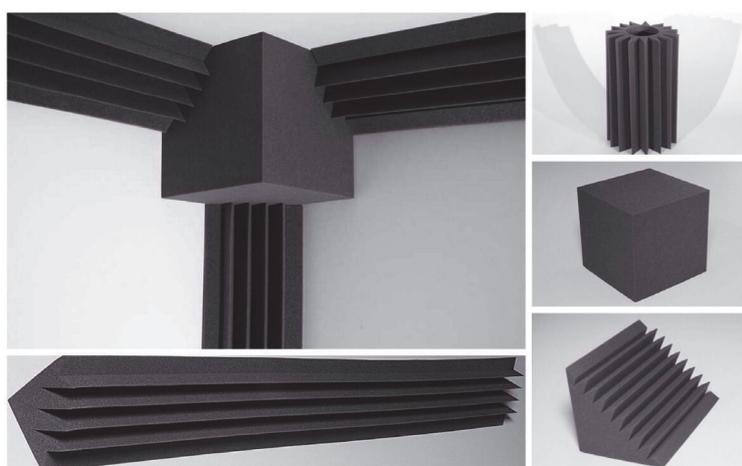


Рис. 3. Басовые эхолушки



Рис. 4. Акустическая потолочная система Ecorphon

Для волокнистых структур при низких частотах эффективными являются материалы размером пор от 350 до 400 мкм и для высоких частот от 20 до 50 мкм.

Важные детали при выборе отделочного материала: негорючесть, химическая пассивность и, как следствие, отсутствие коррозии на металлах, находящихся в контакте с минеральной ватой. Качество звукопоглощения реализуется за счет хаотичного расположения волокон [1, 4].

Достоинствами звукопоглощающих систем являются [3]:

1. Высокий практический коэффициент звукопоглощения до 1.00;

2. Доступ в межпотолочное пространство через люк. Панели легко демонтируются. Закрепленные при помощи специальных

клипс панели, позволяют производить чистку в подвешенном состоянии;

3. Возможность ежедневной влажной уборки, а также кварцевание и чистка под высоким давлением без потери качественных характеристик акустической панели;

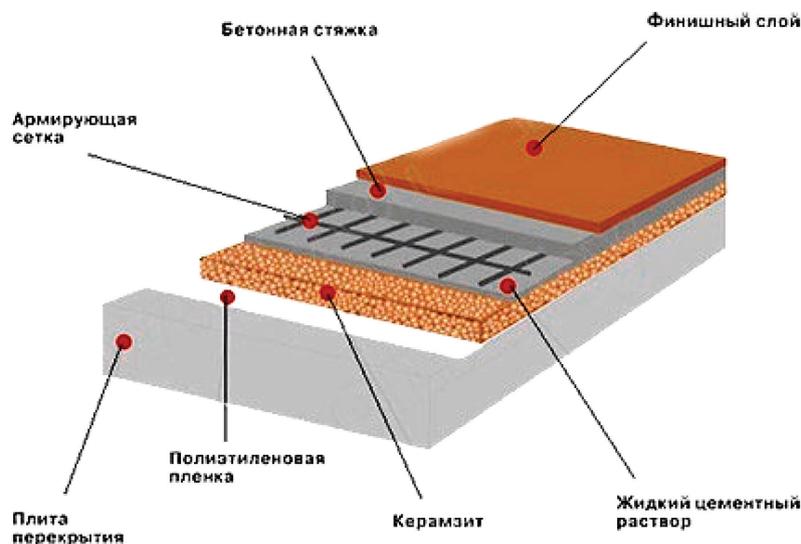
4. Светоотражение до 84%;

5. Влагостойкость. Панели выдерживают постоянную относительную влажность воздуха до 95% при температуре 30°C без деформаций, провисания или расслоения;

6. Негорючесть материала;

7. Пригодность панелей для вторичной переработки;

8. Стекловолокно не содержит формальдегид, в следствие чего имеет низкий уровень выбросов.



Изучение и анализ материалов проводится на примере таких компаний-производителей, как Ecophon (Швеция) и Armstrong (США). Анализируя помещения ЛПУ, больниц, домов престарелых, перинатальных центров и ряда подобных учреждений, можно сделать вывод, что в большей части помещений требуются определенные условия по соблюдению уровню шума. Сегодня, существует ряд мер по обеспечению всех необходимых требований в операционных залах, палатах больниц, родильных отделениях, помещениях операторов скорой помощи и т.п. Наиболее распространённым решением по обеспечению тишины в помещениях являются стеновые и потолочные акустические панели, а также система «плавающий пол».

В работе исследована звукопоглощающая потолочная система Ecophon Hygiene Meditec A и Ecophon Gedina, предназначенные для использования в помещениях, где требуется регулярная дезинфекция и / или уборка. Стеновые акустические панели используются как дополнение к акустическому потолку для достижения наилучшей акустики в помещении, а также с целью избежать эффекта «порхающее эхо». Данные панели изготовлены из стекловолокна высокой плотности по технологии 3RD, на поверхность которых нанесено покрытие Akutex™ TH, которое можно чистить. Задняя поверхность панели покрыта стеклохолстом. Лицевая часть панели имеет 3 различных варианта покрытия [4].

Наиболее важными помещениями, где должна соблюдаться максимальная тишина являются [4]:

1. Операционные залы;
2. Родильное отделение;
3. Отделение скорой помощи, посты связи;
4. Отделения для ММГН и людей пожилого возраста;
5. Детские отделения.

Одним из ключевых моментов в медицинских учреждениях является качество воздуха. На него могут влиять различные факторы, такие, как раздражители в виде неприятных,

химических, едких запахов, интенсивность вентиляции, температурный режим, уровень реверберации, качество освещения. Все вышеперечисленные факторы должны быть учтены при отделке помещений.

Инженерное и медоборудование

Все медицинские учреждения оборудованы мощными системами инженерного оборудования (вентиляция, закрытая циркуляция воздуха, кондиционирование) для поддержания комфортного микроклимата и стерильной среды в помещениях палат/операционных залах/родильных отделениях и т.д. Как инженерное, так и медицинское оборудование являются источниками шума и вибраций, в связи с чем, требуется максимальное звукоизолирование для создания звукового комфорта в помещениях.

Еще одно направление звукоизоляции в медучреждениях – звукоизоляция специального медоборудования. Весь диапазон аппаратов и устройств, применяемых во врачебной практике, способен производить шум и вибрации высокой интенсивности. Допустимый уровень шума для медоборудования: 50 – 65 дБ. Производимый шум имеет вибрационную природу, поэтому для увеличения звукопоглощающего эффекта следует использовать вибропоглощающие материалы, предназначенные для поглощения вибрации и вызываемых шумов при работе инженерного и санитарно-технического оборудования (пример: упругие опоры из эластомерных материалов типа SYLOMER с повышенной устойчивостью к воздействию химических веществ). Средство звукоизоляции воздуховодов: оборудование гибкими вставками и глушителями. Для большего эффекта – помещение воздуховода в оплетку из виброизолирующего/шумопоглощающего материала [4].

Учреждения России, в отделке которых применены звукопоглощающие материалы:

1. Госпиталь для ветеранов войн, г. Санкт-Петербург. (Применение потолочной системы и стеновых панелей медицинской линейки).



2. Больница им. Боткина, г. Москва. (Применение стеновых и потолочных панелей).



3. Краевая клиническая больница им. Очаповского, г. Краснодар. (Применение стеновых и потолочных панелей медицинской линейки).



Вывод. Важнейшими задачами звукопоглощающих систем являются эффективное снижение помех от оборудования, сохранение общего уровня звука максимально низким. Тем самым, при решении всех пунктов можно добиться спокойствия пациентов, а также персонала больницы. Совмещение коммуникативного комфорта, комфортабельной среды для больных и соблюдение жестких требований к санитарно-гигиеническим нормам приводит к положительным результатам в жизнедеятельности любого медицинского учреждения.

Список литературы

1. СНиП 23–03–2003. Защита от шума (Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 51.13330.2010).
2. СП 23–103–2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций.
3. Ecorphon/ Акустический дизайн и здоровье. Звуковая среда в учреждениях здравоохранения: Каталог исследований.
4. Ecorphon в медицине [Электронный ресурс]. – http://www.e-phon.ru/news/news_37.html.
5. Акустика. Басовые ловушки // E-home Recording Studio [Электронный ресурс], – <https://ehomerecordingstudio.com/ru/bass-traps/>.
6. Карабут Т. От больницы до филармонии. Зачем социальным объектам акустический комфорт [Электронный ресурс]. – http://www.acoustic.ru/ref_book/articles/Ot_bolnitsi_do_filarmonii/.

УДК 621.31:[658.26+622.012]

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**Мамонтов И.М.***Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва,
e-mail: ioann_mamont@mail.ru*

Горнодобывающая отрасль является крупнейшим потребителем энергоресурсов. Актуальность рационального использования энергоресурсов связано с экологическим фактором и ростом цен на них. В данной статье выполнен анализ структуры горнодобывающего предприятия с целью обоснования применения концептуальной модели управления энергоресурсами. Целью научной статьи было, прежде всего разработка концепции управления базой данных для последующего составления программы применительно для обычных ПК на базе Microsoft. Предложена система управления базой данных энергопотребления, основанной на алгоритме глубинного поиска. Разработана реляционная модель и представлена таблица идентификаторов для системы ПАКУЭ. На основании этих данных приведены особенности концептуальной модели управления базой данных для оценки энергоэффективности предприятия в реальном времени на всех уровнях энергопотребления.

Ключевые слова: концептуальная модель, энергоэффективность, управление базой данных**CONCEPTUAL MODELING OF CONTROL SYSTEM OF ENERGY CONSUMPTION IN MINING****Mamontov I.M.***National research technological University «MISIS», Moscow, e-mail: ioann_mamont@mail.ru*

The mining industry is the largest consumer of energy resources. The relevance of rational use of energy resources is associated with environmental factors and rising prices. This article analyzes the structure of the mining enterprise in order to justify the application of the conceptual model of energy management. The aim of scientific articles was primarily to develop management concepts database for the subsequent preparation of the programme with respect to conventional PC-based Microsoft. The system of energy consumption database management based on the deep search algorithm is proposed. Developed a relational model and a table of identifiers for system PAKUA. On the basis of these data, the features of the conceptual model of database management for real-time energy efficiency evaluation of the enterprise at all levels of energy consumption are given.

Keywords: conceptual model, energy efficiency, database management

На современном этапе развития вычислительной техники, открылись большие возможности для расчета, отслеживания изменения, контроля потребления энергоресурсов, а так же создания централизованного информационного и методического банка информации. Системы, объединяющие в себе описанные выше возможности, а также использующие в своей основе принципы, позволяющие создавать, корректировать и применять модели для управления энергопотреблением горных предприятий находятся стадии разработки или начального этапа внедрения. Одним из примеров является прошедший сертификацию и внедренный в СУЭК-Красноярск и СУЭК-Хакасия «Программно-аналитический комплекс управления энергоресурсами» (ПАКУЭ), разработанный в НИТУ «МИСиС» под руководством заведующего кафедрой ЭЭГП проф., д.т.н. А.В. Ляхомского. Опыт эксплуатации показал целесообразность предложения совершенствования системы управления базой данных ПАКУЭ.

Анализ электропотребления, проведенный на горнодобывающих предприятиях, показал, что при добыче и транспортировке руд полезных ископаемых величина потребления электроэнергии зависит от значительного числа технологических факторов, таких, как система отработки месторождения полезных ископаемых, технологические параметры процесса добычи и транспортировки, системы вентиляции, водоотлива, система функционирования вспомогательного производства т.д.

Определение влияния технологических факторов на величину электропотребления, представляет собой одну из важных задач повышения энергоэффективности горнодобывающих предприятий.

На современном этапе развития вычислительной техники, открылись большие возможности её применения для расчета, отслеживания изменения, контроля потребления энергоресурсов, а так же создания централизованного информационного и методического банка информации.

Постоянный рост компьютеризации предприятий минерально-сырьевого комплекса привел к необходимости создания децентрализованных систем обработки и хранения информации описывающей всевозможные аспекты их работы. Так примером может служить повсеместно успешно используемая система хранения и обработки информации «1С». Систем же объединяющих в себе описанные выше возможности, а так же использующие в своей основе принципы, позволяющие создавать, корректировать и применять модели для отслеживания управления энергопотреблением горных предприятий работниками энергетической сферы практически не существует.

В этой связи, целесообразно предложить в качестве меры по решению задач энергосбережения [1] создание концептуальной модели системы управления базы данных с использованием программно-аналитического комплекса управления энергоресурсами.

Целью создания базы данных комплекса для управления энергоресурсами является образование сети автоматизированных рабочих мест персонала, участвующего в процессе потребления энергоресурсов [2].

Функционирование программно-аналитического комплекса для управления энергетическими ресурсами предприятий горнодобывающего комплекса позволяет:

- обеспечить всех участников процесса управления энергопотреблением в единой системе информационно-аналитическими данными;
- дискретизировать информационные потоки о процессе энергопотребления по организационно-технологическим уровням управления предприятия;
- выполнять интеграцию энергетических, производственных и экономических показателей в единой системе мониторинга и управления энергоресурсами;
- визуализировать анализируемые в программно-аналитическом комплексе производственные показатели в режиме реального времени;
- обеспечивать единой связью всех участников процесса управления потреблением энергетических ресурсов предприятия.

Программно-аналитический комплекс, позволяет реализовать функции системы в виде программного продукта на всех уровнях управленческих воздействий.

Внедрение системы управления энергоресурсами позволит реализовать современные

тенденции энергетического менеджмента, существенно повысить энергоэффективность горного предприятия, что, в свою очередь, обеспечит снижение затрат энергии и повышение конкурентоспособности.

Разработанный программно-аналитический комплекс позволяет решать следующие задачи:

- производить мониторинг в режиме реального времени основных технологических процессов производства, обеспечив тем самым прозрачность действий персонала любого уровня;
- производить мониторинг своевременности действий управляющего персонала по обеспечению эффективного потребления энергоресурсов;
- формировать обоснованные закономерности энергопотребления по всем видам энергоресурсов в виде математических моделей;
- рационально управлять энергопотреблением на основе учета, нормирования и планирования потребления различных видов энергоресурсов;
- повышать уровень обоснованности и точности плановых заданий, норм расхода энергоресурсов с учетом адаптации к фактическим объемам производства;
- оптимизировать использование энергоресурсов технологическим оборудованием и всем предприятием в целом, повысить эффективность рационального использования энергоресурсов за счет оптимального управления режимами энергопотребления.

Концептуальная модель – модель предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней. По своей сути концептуальная модель – это (минимальный) набор абстрактных понятий, описывающих отдельную область применения, класс задач или систем.

В соответствии с парадигмой объектно-ориентированного программирования программно-аналитический комплекс состоит из нескольких программных модулей, организованных с помощью внутренних и внешних связей. Структурная схема связей между программными модулями комплекса представлена на рис. 1.

В табл. 1 представлены идентификационные ключи к элементам структуры концептуальной модели управления электрооборудованием горного предприятия.

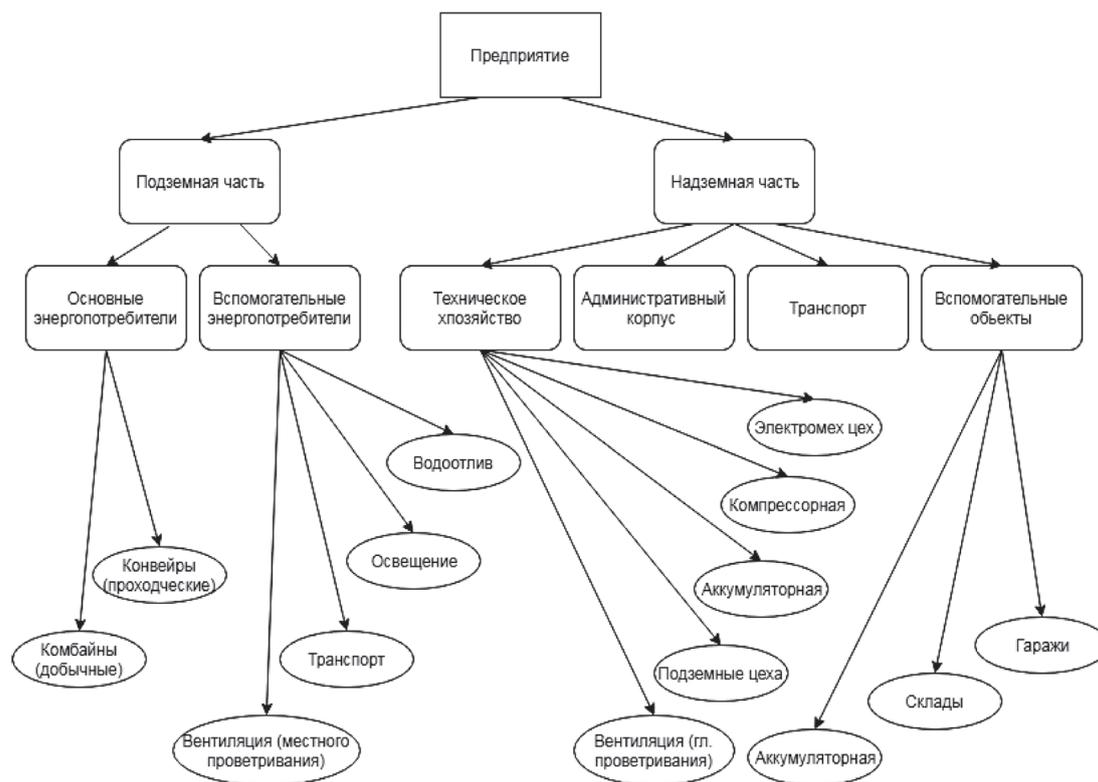


Рис. 1. Структурная схема связей между программными модулями

Первичные ключи объектов для БД

Таблица 1

ED	Имя	Parent Id	ED	Имя	Parent Id
1	Организация	0	13	Освещение	9
2	Подземная часть	1	14	Транспорт	9
3	Надземная часть	1	15	Вентиляция местного проветривания	9
4	Основные энергопотребители	2	16	Электромехцех	10
5	Вспомогательные энергопотребители	3	17	Компрессорная	10
6	Техническое хозяйство	4	18	Аккумуляторная	10
7	Административный корпус	5	19	Подземные цеха	10
8	Транспорт	6	20	Вентиляция главного проветривания	10
9	Вспомогательные объекты	7	21	Аккумуляторная	11
10	Комбайны (добычные)	8	22	Склады	11
11	Конвейеры (проходческие)	8	23	Гаражи	11
12	Водоотлив	9			

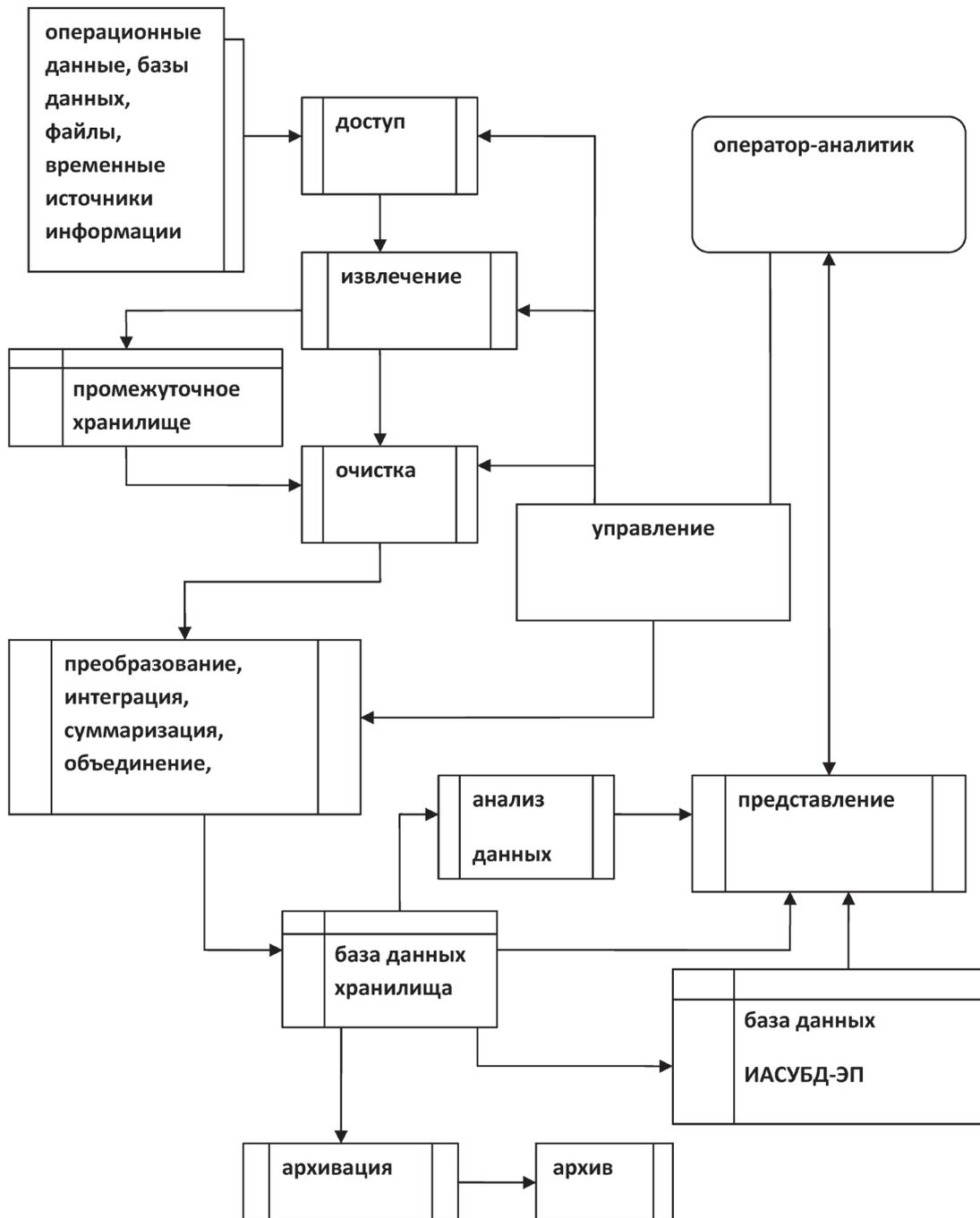


Рис. 2. Функциональная модель ИАСУБД-ЭП

Реализация задач контроля электропотребления в системе оперативного управления горного предприятия может быть основана на базе информационно-аналитической системы (ИАСУБД-ЭП) [3].

Функциональная модель (рис. 2) ИАСУБД-ЭП для включает в себя следующие основные компоненты:

- операционные данные в существующих источниках данных (файлах, базах данных, внешних источниках информации);
- процессы доступа, извлечения, очистки, преобразования, интеграции, суммаризации, объединения и загрузки операционных данных;
- процессы доставки аналитических данных конечным пользователям;
- процессы исследования и анализа данных;
- аналитические данные в базе данных информационного хранилища.

Организация доступа к данным в ИАСУБД-ЭП осуществляется в соответствии со стандартом *ODBC* при помощи алгоритма доступа, основанного на системе *Microsoft Word* и языка четвертого поколения *Visual Basic*.

Процессы доступа, извлечения, очистки, преобразования, интеграции, суммаризации, объединения, и загрузки данных реализуются с помощью специализированных *ETL*-инструментов.

Процесс исследования данных включает в себя три основных операции: получение среза информации, представление информации и ее детализация.

Получение среза данных, позволяет оперативно выявить в нем значения контролируемых параметров в режиме реального времени. Самым простым способом поиска

подобных параметров является представление их в виде диаграмм или графиков.

Применение операции по детализации, позволяет определить характер и динамику изменения контролируемого параметра и его составляющих.

В результате исследования формируется соответствующий отчет, включающий в себя состав данных, структуру и внешний вид контролируемых параметров.

Программно-аналитический комплекс предназначен для эффективного внедрения энергетического менеджмента на горно-добычных предприятиях.

Реализованный комплекс предназначен для широкого круга пользователей и ориентирован на распределенность вычислений в локальной сети. Однако его можно использовать и как локальное программное обеспечение, но с ограничением некоторых функций.

Потенциал применения программно-аналитического комплекса достаточно широк. Начиная от обеспечения «прозрачности» действий персонала до повышения научно-технической обоснованности и точности плановых заданий, норм расхода энергоресурсов.

Список литературы

1. Ляхомский А.В., Дьячков Н.Б. Многомерный анализ электропотребления при обогащении алмазосодержащих руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – №8. – С. 15–23.
2. Ляхомский А.В., Фашиленко В.Н., Дьячков Н.Б. Повышение эффективности планирования оперативного управления и отчетности за энергопотребление. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – №7. – С. 282–286.
3. Пичуев А.В. Информационно-аналитическая система анализа надежности и безопасности эксплуатации электроустановок на горных предприятиях. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №3. – С. 355–359.

УДК 004.78:004.056

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ НАТЕЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ**Меркурьев Р.О.***ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»,
Хабаровск, e-mail: o-radik@ya.ru*

Последние достижения электроники дают возможность создавать беспроводные сенсорные сети в, на, или вокруг тела человека. Беспроводные нательные сети используются не только в медицинских приложениях, но также в немедицинских областях, таких как развлекательные и военные. Беспроводные нательные сети имеют громадный потенциал для революционного преобразования будущих оздоровительных технологий. В данной статье рассмотрено, чем является беспроводная нательная сеть и каковы области ее применения как в медицинской, так и в немедицинской областях. Произведена оценка безопасности и требования по защите беспроводной нательной сети. Рассмотрены ключевые требования к нательной компьютерной сети (конфиденциальность, целостность, доступность) и обозначено, что перечисленные требования вместе гарантируют надежное сохранение данных, их передачу и беспрепятственный доступ к ним уполномоченными лицами.

Ключевые слова: нательная компьютерная сеть, требования безопасности, защита нательной сети

ESTIMATION OF SAFETY OF BODY AREA NETWORKS**Merkurev R.O.***Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, e-mail: o-radik@ya.ru*

Recent advances in electronics allow the creation of wireless sensor networks inside, inside or around the human body. Wireless internal networks are used not only for medical purposes, but also in non-medical areas, such as entertainment and the military. Wireless networks have enormous potential for transforming future health technologies. This article examines what is the wireless network and what are the areas of its application in both medical and non-medical fields. The security and requirements for the protection of the wireless network are assessed. The main requirements for the computer network (confidentiality, integrity, availability) are considered and indicated that the listed requirements together guarantee reliable storage of data, their transfer and unhindered access to authorized persons.

Keywords: body area networks, security requirements, protection of the network

Интеграция вычислительных устройств и здравоохранения изменила представление современной медицины. Имплантируемые медицинские устройства (Implantable medical devices (IMDs), ИМУ), или медицинские приборы, встроенные внутри человеческого тела, сделали возможным непрерывно и автоматически управлять состоянием здоровья, начиная нарушением сердечного ритма, и заканчивая болезнью Паркинсона. Беспроводные нательные сети (Body Area Networks (BAN), БНС, называемые также беспроводными нательными сенсорными сетями – БНСС)) позволяют осуществлять удаленный мониторинг состояния здоровья пациента.

Беспроводная нательная сеть (Body Area Network (BAN), беспроводная нательная компьютерная сеть WBAN, также нательная компьютерная сеть) – беспроводная сеть надеваемых компьютерных устройств. БНС устройства могут быть встроены в тело, имплантированы, прикреплены к поверхности тела в фиксированном положении или совмещены с устройствами, которые люди носят в различных местах (карманах, на руке или в сумках) [1].

Описание беспроводной нательной сети

Нательная компьютерная сеть позволяет провести недорогой и продолжительный мониторинг тела в реальном времени через Интернет. Несколько интеллектуальных физиологических аппаратов могут быть интегрированы в надеваемые устройства, которые могут использоваться для компьютерной реабилитации или заблаговременного обследования состояния здоровья. Эта область основывается на возможности имплантации очень маленьких датчиков внутрь человеческого тела, которые очень удобны и не нарушают нормальную деятельность человека.

Применение БНС

БНС имеют большой потенциал для нескольких применений, включая удаленную медицинскую диагностику, интерактивные игры и военные применения.

Приложения внутри тела включают мониторинг и программу изменений для пеймейкеров и имплантируемых сердечных дефибрилляторов, контроль функций мочевого пузыря и реабилитацию движения ко-

нечностей [2]. Медицинские применения на теле человека включают в себя мониторинг ЭКГ, давления крови, температуры и дыхания. К немедицинским применениям относятся: мониторинг забытых вещей, создание социальных сетей, снижение усталости солдат и повышение боеготовности. Ниже подробнее рассмотрены некоторые применения.

Сердечно-сосудистые болезни. Традиционно холтеровские мониторы использовались для сбора нарушений сердечного ритма в режиме “offline” без обратной связи. Однако, в таком режиме использования иногда трудно обнаружить переходные аномалии. Например, многие сердечные заболевания ассоциируются с эпизодическими, а не с непрерывными аномалиями, такими как волны перехода в кровяном давлении, мерцательная аритмия или индуцированные эпизоды ишемии миокарда, и время их наступления на может быть точно предсказано. БНС является ключевой технологией предупреждения наступления инфаркта миокарда, мониторинга эпизодических событий и других аномальных условий и может быть использована для амбулаторного наблюдения за здоровьем.

Обнаружение рака. Рак остается одной из самых больших опасностей для жизни человека. Согласно Национальному центру статистики здоровья, в 1999 году 9 миллионов жителей США имели диагноз ракового заболевания. Множество миниатюрных сенсоров, способных обнаружить раковые клетки могут быть равномерно интегрированы в БНС. Это позволит медикам диагностировать новообразования без биопсии.

Астма. БНС могут помочь миллионам людей, страдающих от астмы, путем мониторинга аллергенов в воздухе и предоставления медикам обратной связи в режиме реального времени. Предложен прибор на основе GPS-технологии, который осуществляет мониторинг факторов окружающей среды и включает сигнал тревоги при обнаружении информации об аллергенах для пациента.

Искусственная сетчатка. Чипы с протезом сетчатки могут быть имплантированы в глаз человека, что помогает пациенту с ослабленным зрением, или незрячему видеть на адекватном уровне.

Поле боя. БНС могут быть использованы для связи между солдатами на поле боя и передачи данных об их активности командиру – бежит солдат, стреляет или ползет. В данном случае солдаты должны иметь се-

кретный канал связи, чтобы предотвратить засады [3].

Оценка требований безопасности

Безопасность и конфиденциальность физиологических и неврологических данных пациентов, генерируемых VAN, являются двумя незаменимыми компонентами VAN. Эти требования вместе гарантируют, что данные надежно хранятся, передаются и доступны уполномоченным лицам. С этой целью конфиденциальность, целостность и доступность данных являются ключевыми требованиями. Эти свойства должны сохраняться на протяжении всего жизненного цикла устройств IMD и VAN, включая надежную утилизацию эксплантированных устройств.

1. Конфиденциальность: данные, информация об устройствах и устройства системы должны быть доступны только уполномоченным организациям (то есть соответствующим объектам), и эти объекты должны быть аутентифицированы (то есть идентификация объектов, взаимодействующих с устройствами, должна поддаваться проверке). В частности, данные должны храниться конфиденциально как при хранении, так и при передаче.

Данные должны храниться в надежном месте во время хранения на центральном сервере. Даже если взломан узел или сервер, злоумышленник не должен иметь возможность получить какую-либо информацию.

2. Целостность: данные, информация об устройствах и устройства системы не должны модифицироваться несанкционированными лицами. Система должна также удовлетворять аутентификации источника данных; источник любых полученных данных должен поддаваться проверке.

Целостность данных относится к обеспечению того, что несанкционированные изменения данных не могут быть сделаны во время хранения или передачи. Любые вредоносные изменения должны быть обнаружены перед использованием и соответствующие лица должны быть предупреждены. Это может быть достигнуто посредством протоколов аутентификации данных. Аутентификация данных позволяет получателю убедиться, что заявленный отправитель отправил сообщение. Очень важно проверить, что данные были отправлены доверенным датчиком, а не злоумышленником, который взломал узел или контроллер, чтобы принять ложные данные. В VAN

аутентификация данных может быть выполнена с использованием симметричных методов.

3. Доступность: данные, информация об устройствах и устройства системы должны быть доступны по запросу уполномоченных лиц.

Доступность данных означает, что полным пользователям доступны правильные данные. Невозможность получить правильные данные может стать угрозой для жизни. Также необходимо аутентифицировать любой обмен данными с другими машинами или людьми. Если злоумышленники смогут захватить важные узлы, здоровье пациентов будет подвергаться риску.

Таким образом, данные, хранящиеся в распределительном порядке в узлах BAN, должны отвечать, иногда противоречивым требованиям. Они должны быть безопасными, безопасно передаваться на центральный сервер через Интернет, когда пациент прибывает в больницу или в другое место; следует контролировать латентность (скрытность); также и для своевременной диагностики, и для лечения, новые данные всегда должны быть доступны для врача. Помимо перечисленных выше основных требований безопасности и конфиденциальности, BAN должны также удовлетворять следующим требованиям.

1. Личная конфиденциальность устройства: неавторизованные лица не должны иметь возможность определить, что у пациента есть IMD или BAN.

2. Конфиденциальность устройства: если конфиденциальность существования устройства невозможна, неавторизованные лица не должны иметь способность определить, какой тип IMD или BAN используется.

3. Индивидуальная идентификация конкретного устройства: неавторизованные лица не должны иметь возможность определять уникальный идентификатор датчика IMD или BAN.

4. Измерение и конфиденциальность журнал защиты: неавторизованные лица не должны иметь возможность определять частную телеметрию или доступ к хранимым данным о пациенте.

5. Личная конфиденциальность пользователя: неавторизованные лица не должны использовать свойства IMD или BAN для идентификации пациента.

6. Отслеживание: несанкционированные объекты не должны использовать физический уровень (например, контролировать аналоговые датчики или сопоставлять

радиоприемник отпечатка пальца), чтобы отслеживать или находить пациента.

7. Контроль доступа: тип и объем данных, доступных для различных заинтересованных сторон, таких как врачи, вспомогательный персонал, аптеки и страховые агентства, должны быть четко контролируемы. Система должна предоставлять разные права доступа для разных пользователей.

8. Свежесть данных: злоумышленник может воспроизводить старые данные. Наряду с конфиденциальностью и целостностью важно обеспечить отправку данных в том порядке, в котором они были созданы. Существует два типа свежести данных: слабая свежесть, которая гарантирует упорядочение частичных данных, но не гарантирует задержку и сильную свежесть, которая гарантирует упорядочение данных, а также задержку. Некоторые приложения, такие как мониторинг артериального давления, могут хорошо работать при слабой свежести, в то время как во время синхронизации требуется сильная свежесть, например, когда контроллер передает сигнал.

9. Масштабируемость: по мере роста сети и увеличения числа пользователей система должна масштабироваться без чрезмерной задержки. Требуется контролировать вычислительные и накладные расходы хранилища. Он не должен быть ресурсоемким для реализации политик доступа, а также накладные расходы на управление также должны быть под контролем.

10. Гибкость: пациент может поменять местами больницы или врача, и можно будет легко переносить центральные серверы и средства контроля доступа. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций врачи, которые раньше не видели пациента, должны получить разрешение немедленно. Система должна также обрабатывать непредвиденные обстоятельства, связанные с тем, что пациент находится в бессознательном состоянии или психически неспособен контролировать работу BAN.

11. Подотчетность и неотказуемость: отправитель сообщения не должен впоследствии ложно отрицать, что он отправил сообщение, и этот факт должен быть поддающимся проверке независимо третьим лицом, не зная слишком много о содержании оспариваемого сообщения.

12. Безопасное распределение ключей: это необходимо для обеспечения шифрования и дешифрования для достижения желаемой безопасности и конфиденциальности.

Контроллер должен иметь возможность выполнять безопасную ассоциацию и диссоциацию узлов [4].

Заключение

Безопасность в VAN является одним из наиболее важных вопросов. Имеются некоторые реализации криптографии с симметричным ключом. Однако криптография с открытым ключом обеспечивает более высокую безопасность, но при высоких затратах на энергию.

Необходимы дополнительные исследования, чтобы поднять безопасность и конфиденциальность VAN-систем на новый уровень, а также необходимо исследовать

эффективные схемы аутентификации, основанные на человеческих чертах лица и сигналах ЭЭГ. Для бессознательных пациентов необходим определенный метод, основанный на биометрии и аутентификации на основе физиологических сигналов.

Список литературы

1. IEEE 802.15 WPAN. Body Area Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ieee802.org>.
2. Связь RF и несколько протоколов доступа в сети датчиков для тела / Сана Улла, Генри Хиггинс // Международный журнал по технологии цифрового контента и его приложениям, 2008. – С. 9–16.
3. Инструменты для публикации и обмена информацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/>.
4. Исследование беспроводных нательных сетей / Бенуа Латр, Барт Брем, Ингрид Моерман, Крис Блондия // Беспроводная сеть, 2011. – С. 1–18.

УДК 621.8

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ УПРОЧНЕНИИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Нужин А.В., Кокорева О.Г.

*Московская государственная академия водного транспорта,
филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»,
Москва, e-mail: Mr.nuzhin@yandex.ru*

Представлена аналитическая модель напряженного состояния тяжело нагруженных поверхностей деталей машин при упрочнении статико-импульсным методом. Проведен анализ остаточных напряжений образцов в результате поверхностно-пластической деформации при статико-импульсном упрочнении. Выявлена зависимость глубины упрочненного слоя в зависимости от режимов упрочнения и геометрии инструмента. Рассмотрено влияние статико-импульсной обработки на эксплуатационные свойства изделий через напряженное состояние. Выявлена связь теории напряженного состояния и процесса поверхностно-пластической деформации. Установлено влияние параметров обработки на формирование остаточных напряжений. Рассмотрена динамика напряжено-деформационного состояния поверхностного слоя в зависимости от параметров СИО. Исследованы основные параметры очага деформации под единичным отпечатком. Установлено, что упрочнение поверхностей деталей СИО позволяет подавить вредное влияние растягивающих напряжений в поверхностном слое.

Ключевые слова: поверхностно-пластическая деформация, статико-импульсная обработка, остаточные напряжения, напряжения сжатия, удлинение поверхностного слоя, сила вдавливания, предел текучести

ESTIMATION OF THE STRESSED STATE OF HEAVY-LOADED SURFACES OF PARTS OF MACHINES UNDER STRENGTHENING BY STATIC-PULSE METHOD

Nuzhin A.V., Kokoreva O.G.

Moscow State Academy of Water Transport, branch of the State University of the Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov, Moscow, e-mail: Mr.nuzhin@yandex.ru

An analytical model of the stressed state of the heavily loaded surfaces of machine parts is presented for hardening by a static-pulse method. The residual stresses of the samples are analyzed as a result of surface-plastic deformation under static-pulsed hardening. Dependence of the depth of the hardened layer is determined depending on the hardening conditions and the tool geometry. The influence of static-pulse treatment on the operational properties of articles through a stressed state is considered. The connection between the theory of stressed state and the process of surface-plastic deformation is revealed. The effect of processing parameters on the formation of residual stresses is established. The dynamics of the stress-strain state of the surface layer as a function of the parameters of the SIO is considered. The main parameters of the focus of deformation under a single imprint are investigated. It is established that hardening of the surfaces of SIO parts allows to suppress the harmful influence of tensile stresses in the surface layer.

Keywords: surface-plastic deformation, static-impulse treatment, residual stresses, compressive stresses, elongation of the surface layer, force of indentation, yield stress

Положительное влияние поверхностно-пластической деформации (ППД) на качество изделий в основном связывается с упрочнением поверхностного слоя и поведением остаточных напряжений. При этом следует иметь в виду, что процессы ППД по всем вышеупомянутым упомянутым параметрам требуют оптимизации, иначе то или иное воздействие способно привести к отрицательным результатам. Статико-импульсная обработка (СИО) проявляет свое влияние на эксплуатационные свойства изделий через их напряженное состояние [1]. Целесообраз-

ность упрочняющих процессов состоит прежде всего в том, чтобы подавить вредное влияние растягивающих напряжений в поверхностном слое. В основе теории остаточных напряжений, наводимых пластической деформацией, лежит так называемая теория о разгрузке [2]. Суть ее состоит в том, что остаточные напряжения равны разности между напряжениями в упругопластическом теле (до снятия внешней нагрузки) и теми напряжениями, которые создавались бы в нем той же нагрузкой в предположении об идеальной упругости материала.

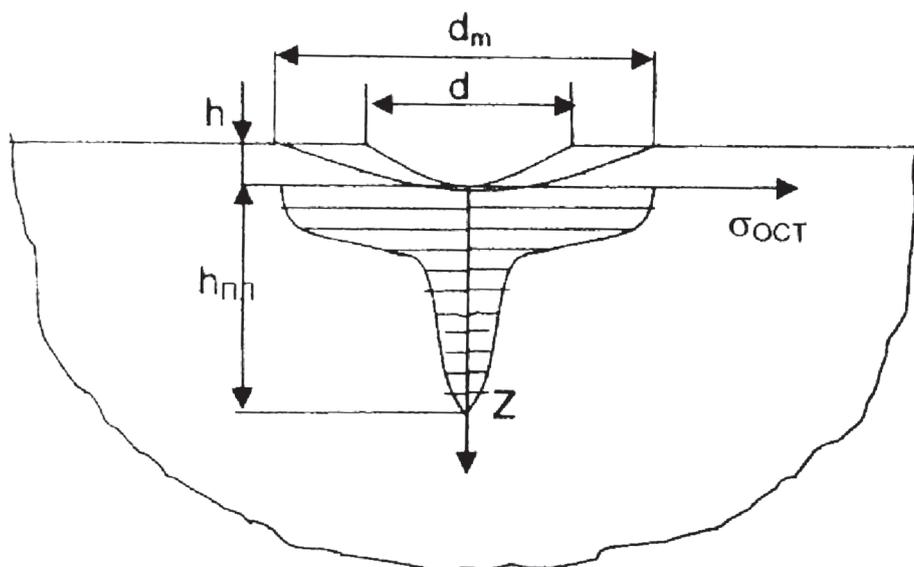
Процесс обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием сопровождается различными явлениями: упругими и пластическими деформациями, трением, изменением пластических и прочностных свойств материала. Остаточные напряжения являются результатом воздействия двух основных факторов: собственно деформации и протекающих при этом тепловых процессов. От методов и режимов упрочнения, степени деформации структуры и свойств материала зависят величина, характер и глубина распространения остаточных напряжений.

При деформации вследствие значительного роста плотности дислокаций происходит некоторое увеличение удельного объема деформируемого слоя, чему препятствуют слои, лежащие ниже. В результате такого взаимодействия в наружных слоях возникают напряжения сжатия, а во внутренних уравновешивающие их растягивающие напряжения. При динамическом контакте область максимальных касательных напряжений, в которой начинает зарождаться пластическая деформация, располагается на некоторой глубине от поверхности, поэтому можно ожидать, что в верхней области, непосредственно примыкающей к поверхности пластическая деформация начнется позже и будет протекать менее интенсивно. Тогда максимум напряжений может оказаться смещенным в глубину слоя. Это остается справедливым, если рассматривать деформацию по линии действия сжимающей силы. По мере удаления от этой линии картина меняется. Поэтому в зависимости от конкретных условий обработки (нормальной силы, размеров инструмента и детали, а также в зависимости от свойств материала) напряжения могут формироваться с максимумом, как на поверхности, так и в глубине слоя. Поскольку увеличение объема происходит в пластически деформированной зоне, деформационные напряжения должны соответствовать толщине этой зоны. Следовательно, все параметры обработки, определяющие упрочнение слоя, оказывают влияние и на формирование остаточных напряжений. Пластическая деформация происходит по следующей схеме: снижение толщины в радиальном направлении, незначительное увеличение ширины в окружном и увеличении длины в осевом направлениях. Удлинение поверхностного слоя в осевом направлении вызывает упругое удлинение всего сечения детали. На ее торце возни-

кает наплыв металла, в результате чего возрастает остаточные напряжения сжатия. Упругие деформации, действующие в окружном направлении релаксируются на небольшую величину, снижаются тангенциальные напряжения. При этом увеличение кратности приложения усилия при упрочнении способствует увеличению глубины сжатого слоя. Под воздействием давления и упругопластического восстановления составляющие структуры стремятся к восстановлению своей формы до деформации. При этом происходит частичное снятие и перераспределение остаточных напряжений. Это является одной из главных причин возникновения спада остаточных напряжений. Глубина распространения максимальных остаточных напряжений для высокомарганцовистой стали (ВМС) находится в пределах 0.05–0.12 мм [3]. В результате силового воздействия деформирующей среды на поверхности создаются лунки, обуславливающие определенное напряженно-деформированное состояние по глубине. При полном укрытии поверхности отпечатками можно предположить, что сжатие всех слоев по глубине в среднем будет соответствовать деформациям осевого сжатия под одним отпечатком, качественная эпюра которых представлена на рисунке.

Задача определения напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев сводится к исследованию основных параметров очага деформации под единичным отпечатком.

Исследование процесса СИО показывают, что размеры сечения детали в направлении действующих сил остаются практически неизменными, но с характерными признаками деформации поверхностных слоев: искажением их решетки и искривлением плоскостей скольжения, повышением твердости и увеличением плотности дислокаций. Это свидетельствует о том, что при статико-импульсной обработке осуществляется сложное нагружение. Последующее динамическое воздействие вблизи каждого отпечатка ведут к перераспределению деформаций под ними так, что при отсутствии объемных изменений размеры детали при полном укрытии поверхности отпечатками оказываются неизменными. Задача определения напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев сводится к исследованию основных параметров очага деформации под единичным отпечатком.



Эпюра остаточных напряжений деформаций осевого сжатия

Из параметров деформированного состояния следует рассмотреть степень поверхностной деформации, толщину пластически деформированного слоя и интенсивность изменения деформаций в наиболее характерной зоне вдавливания индентора.

После снятия нагрузки происходит упругое восстановление лунки, которое сопровождается изменением ее диаметра и кривизны (рис. 1). Степень деформации Ψ_B в восстановленной лунке будет определяться:

$$\Psi_B = 1 - \left(\frac{d_H}{d}\right)^2 - \left(\frac{d_H}{d}\right)^2 \frac{h}{D_1}, \quad (1)$$

где D_1 – диаметр кривизны лунки; d_H – начальный диаметр; d – диаметр остаточного отпечатка; h – глубина восстановления лунки.

$$\Psi_B = 1 - \frac{d_H / d}{1 + 4(h/d)^2}, \quad (2)$$

Критерий d/D принимаем в качестве показателя поверхностной деформации. Чаще $d_H / d \approx 1$, поэтому:

$$\Psi_B = 4(h/d)^2, \quad (3)$$

Параметр h/d -показатель степени остаточной деформации, d/D -основной показатель деформационного состояния поверхности при исследовании силовых факторов поверхности.

Толщина пластически деформированного слоя $h_{пл}$, соответствует размерам очага деформации осевой зоны единичного вдавливания:

$$h_{пл} = \sqrt{P / \sigma_T}, \quad (4)$$

где P – сила вдавливания; σ_T – предел текучести материала.

В динамических процессах:

$$h_{пл} = K_{пл} \cdot d, \quad (5)$$

где $K_{пл} = 1,5$.

Однако следует учитывать, что динамическое упрочнение поверхности статико-импульсной обработкой может происходить в результате многократного воздействия индентора на поверхность детали. В этом случае поверхностный слой будет подвергаться многократному деформированию, приводящему всякий раз к дополнительному упрочнению и повышению температуры. В результате этого величина и градиент деформационных и термических напряжений, возникающих в момент первичной деформации, претерпевают изменения. Соответственно меняются и суммарные напряжения. Поскольку при такой обработке повторные деформации происходят главным образом за счет пластического течения металла в осевом направлении, то осевые остаточные напряжения, вызванные пластической деформацией, формируются с максимумом на поверхности. Его смещение в глубину слоя со снижением осевых напря-

жений у поверхности может происходить как из-за высокого локального нагрева, так и вследствие перенаклепа. Однако на осевые напряжения тепловой эффект влияет в меньшей степени, чем на тангенциальные, этим и объясняются случаи формирования суммарных осевых напряжений с максимумом в глубине слоя.

Установлено, что задача упрочнения поверхностей деталей статико-импульсной обработкой состоит в том, чтобы подавить вредное влияние растягивающих напряжений в поверхностном слое. При этом определение напряженно деформированного состояния поверхностных слоев заключается

в исследовании основных параметров очага деформации под единичным отпечатком. Увеличение кратности приложения усилия при СИО способствует увеличению глубины сжатого слоя, увеличивая тем самым глубину упрочнения.

Список литературы

1. Мастренко А.Л., Дуб С.Н. Прогнозирование износостойкости хрупких материалов по твердости и трещиностойкости // Заводская лаборатория. – 1991. – №2. – С. 52–54.
2. Некоторые вопросы усталостной прочности стали / Под ред. чл. АН УССР Н.Н. Давиденкова. – М.: Машгиз, 1953. – 214 с.
3. Карашевич Ю.И. Новожилов В.В. Теория пластичности, учитывающая остаточные микронапряжения. // АН СССРМТТ. – 1981. – №5. – С. 98–110.

УДК 629.331

СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**Поливанов А.А., Галушчак В.С., Зенина О.А., Тихонин С.Н.***Камышинский технологический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: polivanov@kti.ru*

Статья посвящена рассмотрению основных проблем и перспектив создания, разработки и производства электромобилей. Этот вид транспорта в настоящее время набирают популярность, причем с каждым годом все больше и больше. При изготовлении электромобилей применяют легкие и прочные конструкционные материалы, эффективные системы электропривода, последние достижения аэродинамики, гелио- и электротехники, электроники и ряда других смежных наук. При этом одним из наиболее перспективных направлений развития электромобильного транспорта является возможность использования возобновляемых источников энергии на самом электромобиле, в первую очередь – фотоэлектрических преобразователей. По мнению многих специалистов, развитие этого вида транспорта в общем и активное внедрение фотоэлектрических преобразователей в частности, безусловно, является чрезвычайно важной и актуальной задачей.

Ключевые слова: электромобиль, фотоэлектрический преобразователь, возобновляемые источники энергии**MODERN ELECTROMOBILE: MAIN ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS****Polivanov A.A., Galushchak V.S., Zenina O.A., Tikhonin S.N.***Kamyshin Technological Institut, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: polivanov@kti.ru*

The article is devoted to the main problems and perspectives of the creation, development and production of electric vehicles. This type of transport is currently gaining popularity, with every year more and more. In the manufacture of electric vehicles, lightweight and durable construction materials, efficient electric drive systems, the latest achievements in aerodynamics, helio- and electrical engineering, electronics and a number of other related sciences are used. At the same time, one of the most promising areas for the development of electromobile transport is the possibility of using renewable energy sources on the electric vehicle, primarily photovoltaic converters. According to many experts, the development of this transport type in general and the active introduction of photoelectric converters in particular is certainly an extremely important and urgent task.

Keywords: electric vehicle, photoelectric converter, renewable energy sources

Сегодня электромобили стремительно набирают популярность, причем с каждым годом все больше и больше. Это происходит в первую очередь, по причине постоянного развития новых технологий, что делают производство и эксплуатацию электротранспорта с каждым годом дешевле, а также с постоянным ростом цен на органическое топливо для обычных (бензиновых и дизельных) автомобилей и ухудшением экологической обстановки, вызванной массовыми выбросами вредных веществ двигателями автомобилей [1].

При этом в настоящее время существует большое количество мнений по поводу электромобилей, причем зачастую диаметрально противоположных [5, 6, 8]. Одни утверждают, что автомобили, использующие электрическую тягу в скором времени полностью заменят транспорт с двигателями внутреннего сгорания, а другие утверждают, что этого не будет и электромобиль никогда не сможет заменить автомобиль. Но многие эксперты предполагают, что в скором времени электромобили станут основным видом внутригородского транспорта [3]. Так как в городе основные недостатки такого вида транспорта как малый запас хода и аккумуляторные батареи с ядовитыми

веществами, которые отправляются после конца срока службы на вторичную переработку, безопасную для окружающей среды, становятся менее существенными, по сравнению с магистральными показателями. К настоящему моменту многими экспертами было объективно доказано, что электро- и гибридные виды транспорта более эффективно используют исходные источники энергии по сравнению с ДВС. Экологическая и полная эффективность значительно выше у электро- и гибридных машин, чем у двигателей внутреннего сгорания. Поэтому они отлично подходят для перевозок в городских условиях, где перевозки осуществляются с небольшой скоростью и на относительно небольшие расстояния. Так, современный электромобиль для передвижения по городу должен иметь относительно небольшую максимальную скорость движения 70–100 км/час, небольшой вес (не более 400–500 кг с полезной нагрузкой до 200 кг), электродвигатель, имеющий мощность номинальную порядка 4–6 кВт с пиковой мощностью достигающей 20 кВт. Ключевыми показателями для конкурентоспособности электромобилия являются запас хода (минимум 300–400 км) и время перезарядки на электрозаправках (менее 1 часа),

поскольку именно достижение указанных показателей позволит в будущем перевести на электротягу всю (или практически всю) грузовую и пассажирскую автомобильную логистику [6].

Следует отметить, что к настоящему моменту созданы и производятся серийно модели автомобилей с электротягой, которые способны конкурировать с авто с двигателем внутреннего сгорания, как по мощности, так и по максимальной скорости движения и дальности хода на одной заправке. Так, компания Tesla выпустила полноценный автомобиль на электротяге Tesla Model S с разгоном до 100 км/ч всего за 6 секунд и максимальной скоростью более 200 км/ч, но его цена в России составляет на данный момент от 5000000 рублей, что является роскошью для большинства людей [4]. Однако, как установили эксперты, эксплуатация такого электромобиля оказывается экономически эффективнее автомобиля с дизельным (а тем более с бензиновым) ДВС, даже в условиях такой страны, как Германия, где цены на электроэнергию одни из самых высоких в Европе [3].

Вместе с тем, ряд экспертов утверждает, что фактическая энергетическая эффективность «классических» электромобилей существенно завышена [7]. Причины таких оценок в первую очередь заключаются в следующем. Действительно, электромобиль работает исключительно на электричестве и его двигатель не производит вредных выбросов в атмосферу (за исключением испарений электролита в аккумуляторах, которые совершенно ничтожны и неспособны нанести какой – либо ощутимый вред экологии). Но электроэнергия производится на электростанциях, большая часть из которых (в частности, в России) – тепловые, работающие на органическом топливе, сжигание которого как раз и загрязняет окружающую среду. Атомные электростанции хотя и не загрязняют атмосферу вредными выбросами, но в процессе их эксплуатации образуются радиоактивные отходы, которые требуется где – то хранить и утилизировать. Экологическая безопасность гидроэлектростанций тоже под большим вопросом, в связи с необходимостью строительства больших водохранилищ и затопления значительных территорий, что крайне негативно сказывается на всей экосистеме района такого строительства. Фактический КПД современных электростанций также редко превышает 50%. При производстве электроэнергии и доставке ее конечному потребителю (в данном случае это аккумуля-

торная батарея электромобиля) неизбежны потери, в ряде случаев превышающие 10–15 %. В итоге, непосредственно до электромобиля доходит не более 10% энергии, которая была затрачена на ее производство на электростанции. Если же отследить всю цепочку работы электромашин, а это – электростанция – зарядное устройство – аккумулятор – преобразователь – электропривод – то суммарный (фактический) КПД такой системы будет, по мнению экспертов, ниже по сравнению с классическим ДВС, работающим на бензине или дизельном топливе. Таким образом, можно сделать вывод, что выброс загрязняющих веществ, в данном случае, будет переноситься от электромашин к электростанциям. Это как убрать у себя грязь, и выкинуть к соседу. А если учесть, что экологические требования к современным автомобилям чрезвычайно жесткие, что достигается применением эффективных систем впрыска топлива, каталитических нейтрализаторов отработавших газов, многоуровневых систем коррекции топливopодачи, поглотителей паров топлива, фильтров и т.д., то объем вредных выбросов в новых ДВС постоянно снижается. Альтернативные же источники энергии по своей эффективности, надежности и стоимости конечной энергии пока не способны составить существенную конкуренцию «классическим».

Другая, не менее существенная причина ограниченности использования электромобиля – невозможность постоянных и многокилометровых ежедневных поездок по делам и для отдыха, поскольку специализированных зарядных станций для таких автомобилей пока еще недостаточно. Запуск сети зарядных станций в регионах будет целесообразен, когда электромобили будут доступны массовому потребителю.

Не менее актуальной является проблема обеспечения комфорта водителя и пассажиров, в первую очередь – обеспечение приемлемого микроклимата. В бензиновом или дизельном автомобиле для обогрева салона используется тепло, вырабатываемое самим двигателем, которое в любом случае нужно отводить. Для охлаждения воздуха в салоне в основном используется кондиционер, компрессор которого приводится в действие с помощью ДВС. В электромобиле для этих целей нужно делать отдельный обогреватель и охладитель, для работы которого затрачивается драгоценная энергия. Если прибавить сюда затраты энергии на работу навигационного оборудования, мультимедийной системы, освещения и т.д.,

то они окажутся настолько существенными, что даже могут превысить затраты энергии на работу тягового двигателя, что совершенно неприемлемо. Поэтому проблема обеспечения комфорта водителя и пассажиров в электромобиле пока еще остается открытой и в ближайшем будущем вряд ли будет решена.

Таким образом, даже не смотря на большой прогресс в развитии электромобилей, особенно в последнее десятилетие, в наше время этот вид транспорта пока еще уступает по своим характеристикам автомобилям с классическим ДВС в целом.

Для того, чтобы повысить преимущества электромобиля перед классическими транспортными средствами, следует обеспечить возможность более длительной работы двигателя, и, как следствие – дальности пробега. Одним из наиболее доступных способов позволяющих реализовать такую возможность, на наш взгляд, является возможность использования возобновляемых источников энергии на самом электромобиле. В первую очередь, речь идет об использовании солнечной энергии для питания энергетической установки электромобиля, то есть о солнцемобиле, который авторы называют «СОЛНЦЕКАР» [2].

Солнцекар – это электромобиль, снабженный фотоэлектрическими преобразователями (солнечными батареями) высокой мощности, в которых энергия света преобразуется в электрический ток. Установив солнечные батареи на крыше транспортного средства, становится возможным производить подзарядку аккумуляторных батарей, как в процессе движения, так и на стоянках. Конечно, мощность такой системы окажется несравнимо меньше профессиональной зарядной станции, но зато электромобиль не будет привязан к энергетической инфраструктуре, благодаря чему становится возможным эксплуатация электротранспорта на территориях, где зарядные станции отсутствуют (по крайней мере, такое решение позволит хотя бы частично покрыть энергетические потребности электромобиля). Это обстоятельство имеет чрезвычайно важное значение для государств, имеющих большие территории с неразвитой или слабо развитой дорожной и энергетической инфраструктурами. В их числе такие страны, как Россия, Казахстан, Узбекистан, Китай, Индия, Австарлийский Союз, Бразилия, США, Канада и т.д. Суммарная площадь таких территорий в перечисленных, а также ряде других стран, по многим экспертным оценкам значительно больше половины площа-

ди земной суши. Одновременно необходимо сохранить возможность заряда аккумуляторов как на специализированных зарядных станциях, так и от бытовой электросети.

Следует отметить, что подобные практические решения для построения солнцекаров далеко не новые. Впервые их начали применять еще в 70-е годы 20-го века. Однако в основном это были опытные образцы, разработанные специально для специальных спортивных соревнований. Неофициальной родиной таких соревнований стал Австралийский Союз. Подобные спортивные мероприятия проводятся там уже более 25 лет. Для изготовления таких спортивных электрокаров всегда применялись и применяются самые передовые инновационные достижения. Так, именно у солнцемобилей достигнут минимальный для наземных экипажей коэффициент аэродинамического сопротивления, равный 0,1. Специально для солнцемобилей были сконструированы легкие бесколлекторные двигатели постоянного тока с магнитами из редкоземельных металлов и КПД до 98%, а также эффективные микропроцессорные системы управления.

Тем не менее, создание полноценного серийного солнцемобиля пока еще невозможно, в первую очередь, из-за отсутствия мощных и высокопроизводительных солнечных батарей. Специалисты полагают, что солнечный транспорт станет всерьез конкурировать с автомобильным, когда эффективность доступных по цене фотоэлектрических преобразователей составит 40–50%. Пока же их КПД в большинстве случаев не превышает 20%.

Тем не менее, развитие этого вида транспорта в общем и активное внедрение фотоэлектрических преобразователей в частности, безусловно, является чрезвычайно важной и актуальной задачей.

Список литературы

1. Антоненков В.О., Цыганков Д.В., Лукашов Н.И. Рост интереса к электромобилям в мире // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2015. – № 5–2. – С. 119–121
2. Жиганшин М.Р., Карпухин К.Е. Применение солнечных батарей на электромобилях и автомобилях с комбинированной энергоустановкой // Интеллектуальные транспортные системы повышения энергоэффективности и безопасности движения, 2016. – С. 327–336.
3. Кокорин А. Три главные причины, по которым мы все будем ездить на электромобилях // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2015. – № 4. – С. 46–48.
4. Ларин В. TESLA-электромобиль // Энергия: экономика, техника, экология. – 2016. – № 1. – С. 69–72.
5. Неведин Н.А., Дубинина О.И. Что такое электромобили и почему все машины еще не электромобили? // Сборник статей студенческих научно-практических конференций факультета агротехники и энергообеспечения кафедры инженерной графики и механики 2014–2015 г., 2015. – С. 34–38.
6. Смир В. Миф: будущее принадлежит электромобилям // Главный механик. – 2011. – № 3. – С. 30–32.
7. Трескова Ю.В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 563–565.
8. Эйдинов А.А. Электромобиль сегодня и завтра // Труды НАМИ. – 2011. – № 248. – С. 21–28.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Поливанов А.А., Галушчак В.С., Титова М.Е.

Камышинский технологический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: polivanov@kti.ru

Статья посвящена рассмотрению способов изменения направления лучей в солнечных электроустановках. В настоящее время электростанции на основе солнечных батарей приобретают все большую популярность, имея массу преимуществ перед другими средствами генерации. Но у солнечных батарей есть и недостатки, наиболее существенным из них является зависимость мощности генерации от положения солнца относительно батареи. Максимальная генерация достигается при ортогональном падении солнечных лучей на поверхность батареи, а при изменении этого угла мощность резко падает. Очевидным решением этой проблемы является использование различных средств изменения направления луча, положения самой батареи, отражателей или концентраторов солнечной энергии. В статье рассмотрены различные виды концентраторов солнечной энергии и других способов изменения направления луча или самой солнечной батареи. Особое внимание уделено адаптивным методам изменения направления солнечных лучей. По мнению многих специалистов, разработка концентраторов солнечной энергии, использующих адаптивные немеханические методы поворота луча, является чрезвычайно важной и актуальной задачей.

Ключевые слова: солнечная батарея, концентратор солнечной энергии, фотоэлектрический преобразователь, возобновляемые источники энергии

INVESTIGATION OF METHODS FOR CHANGING THE DIRECTION OF LIGHT RAYS IN SOLAR ELECTRICAL INSTALLATIONS

Polivanov A.A., Galushchak V.S., Titova M.E.

Kamyshin Technological Institut, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: polivanov@kti.ru

The article is devoted to the consideration of ways of changing the direction of rays in solar electrical installations. Currently, solar-powered power plants are becoming increasingly popular, with many advantages over other means of generation. But solar batteries have disadvantages, the most significant of them is the dependence of the generation power on the position of the sun relative to the battery. The maximum generation is achieved by orthogonal incidence of sun's rays on the battery surface, and when this angle is changed, the power drops sharply. An obvious solution to this problem is the use of various means of changing the direction of the beam, the position of the battery itself, reflectors or concentrators of solar energy. Different types of solar energy concentrators and other ways of changing the direction of the beam or the solar cell are considered in the article. Particular attention is paid to adaptive methods of changing the direction of the sun's rays. According to many experts, the development of solar energy concentrators using adaptive nonmechanical methods of beam rotation is an extremely important and urgent task.

Keywords: solar battery, solar energy concentrator, photoelectric converter, renewable energy sources

В настоящее время солнечные батареи как источники электропитания широко применяются как на стационарных, так и подвижных объектах. Совершенно очевидно, что источники питания такого типа являются наиболее перспективными и будут активно применяться в будущем, сфера их использования – расширяться, а стоимость – снижаться.

Но при этом одним из наиболее существенных недостатков солнечных батарей всех типов является зависимость мощности генерации от положения солнца относительно батареи. Максимальная генерация достигается при ортогональном падении солнечных лучей на поверхность батареи, а при изменении этого угла мощность резко падает. Так, например, при значении угла падения луча $>60^\circ$ мощность генерации падает на 80%, что совершенно неприемлемо [1].

Очевидным решением этой проблемы является использование различных средств изменения направления луча, положения самой батареи, отражателей или концентраторов солнечной энергии, которые позволяют обеспечить ортогональное падение лучей на поверхность солнечной батареи. Это, безусловно, влияет на надежность работы станции, усложняет ее эксплуатацию, обслуживание и в конечном итоге влияет на стоимость вырабатываемой электроэнергии [1].

Все методы изменения направления светового луча делятся на две большие группы:

- механические;
- оптические.

В механических методах солнечная батарея устанавливается на поворотную платформу – гелиостат, либо используется зеркало (призма), которое поворачивается при движении солнца по горизонту и от-

ражает луч таким образом, чтобы он падал на солнечную батарею ортогонально.

В оптических методах применяются различные немеханические способы поворота луча, основанные на законах геометрической оптики – преломление луча, интерференция, дифракция и т.д. В свою очередь, они делятся на две группы:

- адаптивные;
- неадаптивные.

В адаптивных методах вследствие внешнего воздействия на вещество, выполняющее поворот луча, происходит изменение его оптических свойств, в результате угол поворота может изменяться в зависимости от внешних условий (изменение положения солнца на горизонте, изменение расположения объекта в пространстве и т.д.).

В неадаптивных методах величина изменения направления луча фиксированная и не будет зависеть от внешних условий. Совершенно очевидно, что наиболее перспективными являются адаптивные оптические методы изменения направления светового луча.

Во всех механических методах изменения направления светового луча используется либо поворот самой солнечной батареи по отношению к солнцу, либо поворот специального зеркала (призмы) которое перенаправляет световой луч, так, чтобы он падал на солнечную батарею ортогонально.

В частности, одним из известных примеров практической реализации такого метода, является солнечная электростанция СЭС – 5, построенная в 80-е годы прошлого века в Крыму [2]. Следует отметить, что станции такого типа крайне ненадежны и громоздки, и поэтому не получили широкого распространения в мире.

Для современных солнечных электростанций небольшой мощности существуют портативные системы слежения за солнцем, примером может служить привод солнечной электростанции «Астро Эл-320 Синхрон», который позволяет ориентировать батареи относительно сторон света.

Однако очевидно, что применение механических систем поворота солнечных батарей, отражателей или других элементов является малоперспективным, поскольку сложность и низкая отказоустойчивость такой системы не вызывает сомнений, и с увеличением количества подвижных элементов она будет только возрастать. В связи с этим перспективно создавать модули со стационарными концентраторами, позволяющими исключить механические системы слеже-

ния, то есть использовать оптические методы поворота солнечных лучей.

Эти методы позволяют создавать фотоэлектрические установки с концентраторами солнечной энергии, позволяющие вырабатывать электроэнергию без слежения за положением Солнца [4].

Простейшим примером является использование неподвижных линз особой конструкции, фокусирующих солнечную энергию непосредственно на поверхность солнечной батареи. Это позволяет повысить энергоотдачу солнечной батареи, но весьма незначительно – не более чем на 10%. Следует отметить, что в любых оптических концентраторах независимо от их конструкции происходят потери излучения, связанные с отражением от поверхности и поглощением, причем по мере загрязнения поверхности концентратора эти потери будут только возрастать. В результате фактический прирост энергоотдачи за счет применения таких простых концентраторов солнечной энергии может быть даже сведен к нулю. По этой причине линзовые концентраторы солнечной энергии доказали свою низкую эффективность и не получили широкого распространения.

Дальнейшим развитием оптических концентраторов солнечной энергии стало появление отражателей, имеющих поверхность сложной геометрической формы, обеспечивающей отражение солнечных лучей с больших азимутальных углов, в частности, конусов сложной формы и призм. Еще более совершенным решением является использование в качестве преломляющих элементов так называемых гелиотехнических линз или призм Френеля [1]. Их рабочий профиль представляет набор призматических элементов, при этом преломляющие их способности подобраны в соответствии с необходимыми принципами формирования освещенности на поверхности приемника излучения.

Главным недостатком концентрирующих систем в виде призм является наличие хроматических аберраций, которые уменьшают степень концентрации солнечного излучения и снижают эффективность системы в целом. Кроме этого, конструкция модуля концентратора солнечной энергии, изготовленная таким образом, может оказаться достаточно громоздкой и тяжелой, что может быть неприемлемо, особенно при использовании солнечной батареи на подвижных объектах.

Самым совершенным видом устройств такого типа, созданных до сегодняшнего

дня, являются голографические солнечные концентраторы. Эти фотоэлектрические преобразователи обеспечивают отбор из потока наиболее подходящих для генерации световых частот [5, 6]. По сравнению с солнечными батареями без концентраторов, здесь для получения одного ватта требуется на 50–85% меньше кремния, что является одним из условий низкой цены голографических панелей. К тому же сами голографические плёнки намного дешевле больших зеркал или линз. Однако, в солнечных батареях такого типа рабочая область используется крайне нерационально – большую часть поверхности батареи составляют не фотоэлементы, а «пустые» поля. Это приводит к значительному увеличению общей площади батарей, следовательно, габаритов электростанции в целом. И если солнечная электростанция является стационарной, данная проблема несущественна, а на подвижных объектах (например, электромобилях, самолетах, яхтах и т.д.), где на счету каждый квадратный сантиметр площади, это, скорее всего, будет неприменимо. Не следует забывать и о том, что часть полезного излучения будет неизбежно поглощаться внутри голографического концентратора.

Адаптивные методы изменения направления солнечных лучей позволяют управлять углом поворота луча в зависимости от положения Солнца на горизонте, а также самих солнечных батарей, если речь идет о подвижных объектах. В основе данного метода используется свойство некоторых материалов изменять свои характеристики (показатель преломления, прозрачность, угол поворота плоскости поляризации, переход из аморфного состояния в кристаллическое и наоборот и т.д.) в результате какого – либо внешнего воздействия – электростатического, электромагнитного, акустического, теплового и т.д. Такие материалы известны давно и широко применяются в технике, в частности, во всех видах жидкокристаллических индикаторов и экранов, однако в литературе пока не встречаются сведения об их использовании для управления углом поворота светового луча на солнечных электростанциях. Тем не менее, именно данное направление видится нам наиболее перспективным, особенно применительно к использованию на подвижных объектах, которые могут занимать произвольное пространственное положение по отношению к солнцу, и неадаптивные концентраторы солнечной энергии в этом случае могут оказаться неэффективными.

Для определения целесообразности такого подхода авторами статьи был проведен эксперимент, в котором использовалась полая прозрачная призма, заполненная оптически активной жидкостью. На жидкость внутри призмы оказывалось электрофизическое воздействие регулируемой мощности. Через призму проходил лазерный луч с длиной волны 630 нм. В результате эксперимента авторам удалось добиться отклонения лазерного луча на угол, равный $0,7^\circ$. Разумеется, столь незначительные углы отклонения не позволяют реализовать возможность немеханического изменения направления светового луча в реальных солнечных электроустановках, но таким образом была доказана принципиальная возможность предложенного подхода. В дальнейшем эксперименты будут продолжены, в ходе которых планируется опробовать различные виды оптически активных веществ, конструкции отклоняющих призм, электрофизических воздействий, способы их приложений и сочетаний.

Поскольку опыт строительства и эксплуатации установок с концентраторами солнечной энергии всех типов еще незначителен, необходимо продолжать их активное изучение и расширять перспективы применения. В целом можно утверждать, что в настоящее время имеется высокая целесообразность и экономическая эффективность проектирования, разработки и строительства фотоэлектрических станций с применением концентраторов солнечной энергии, причем современное состояние развития науки и техники позволяет с успехом реализовывать эти достижения в промышленном масштабе. Особенно актуальным является такое направление, как разработка адаптивных концентраторов солнечной энергии, предназначенных для установки на подвижных объектах.

Список литературы

1. Бавин М.Р. Разработка и исследование преломляющих фотоэлектрических установок: Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 139 с.
2. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
3. В США сгорела крупнейшая в мире солнечная электростанция – Газета.Ru: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/science/2016/05/23_a_8260373.shtml.
4. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
5. Строительная Мастерская КМС: Голографические солнечные батареи: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://masterskaykms.blogspot.ru/2014/05/blog-post_1.html.
6. Патент ВУ. Голографический концентратор солнечной энергии / Пилипович В.А., и др. // Заявл. 2009–07–06; Оpubл. 10.11.2010.
7. Патент РФ № 2172903. Солнечный модуль с концентратором / Стребков Д.С., Тверьянович Э.В., Иродионов А.Е. и др. // №2000108561/06; Заявл. 07.04.2000; Оpubл. 27.08.2001.

УДК 629.5:[531.714+006.015.7](98)

ЗАПАС МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Пышко Е.Ю., Храмогин И.Е., Кумова Ж.В., Баева Л.С.

ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», Мурманск,
e-mail: kumovazhv@mstu.edu.ru

Объектом исследования наряду с современными высокотехнологичными средствами измерения послужил традиционный точный мерительный инструмент, являющийся универсальным базовым средством измерения, к которому относят такие простые средства измерения линейных размеров, как штангенциркуль, микрометр, нутромер. Для изучения методов и способов повышения надежности сборки судовых технических средств проводились экспериментальные исследования с использованием метода, который характеризует критерий «запас метрологической надежности». Разработанное программное обеспечение для оценки запаса метрологической надежности средства измерения позволяет проконтролировать его точность с целью обеспечения единства измерений, произвести анализ и дать оценку качества технического состояния. В результате есть возможность конкретно прогнозировать сроки для проведения поверок средств измерений с целью выявления оценки их технического состояния на данный момент времени.

Ключевые слова: погрешность, метрологическая надежность, поверка, средство измерения

SUPPLY OF METROLOGICAL RELIABILITY OF MEASURING INSTRUMENTS FOR MARINE EQUIPMENT USED IN ARCTIC REGION

Pyshko E.Y., Chromogen I.E., Kumova Z.V., Baeva L.S.

Murmansk state technical University, Murmansk, e-mail: kumovazhv@mstu.edu.ru

The object of the study along with modern high-tech instrumentation was traditional precise measuring tool that is universal in the basic measure, which includes such simple means of measuring linear dimensions, like Vernier caliper, micrometer, bore gauge. To explore methods and ways to improve the reliability of the Assembly of ship technical means conducting a pilot study using a method that characterizes the criterion of «margin of metrological reliability». The software developed for the stock assessment of metrological reliability of measuring instruments allows to control its accuracy with the aim of ensuring the uniformity of measurements, to analyze and to assess the quality of technical condition. The result is the ability to specifically predict the timing for verification of measuring instruments to identify the evaluation of their technical condition at this time.

Keywords: uncertainty, metrological reliability, testing, measuring means

В процессе работы проводились экспериментальные исследования при изучении методов и способов повышения надежности сборки судовых технических средств на кафедре технологии металлов и судоремонта Мурманского государственного технического университета с помощью метода, который характеризует критерий «запас метрологической надёжности».

Объектом исследования наряду с современными высокотехнологичными средствами измерения (СИ) как, например, координатно-измерительные машины и комплексы, послужил традиционный точный мерительный инструмент, являющийся универсальным базовым СИ, к которому относят такие средства измерения линейных размеров, как штангенциркуль, микрометр, нутромер.

В ходе исследований между значениями погрешности в «начале» и «конце» диапазона измерений линейных размеров существует возможность выбора критерия запас метрологической надежности (ЗМН) в каче-

стве контролируемого параметра в учебном процессе и в научных исследованиях.

Цель работы заключалась в определении и оценке допустимости основных метрологических характеристик, к которым относят систематическую и случайную погрешность средств измерений для актуального исследования причин аварийных происшествий на судах флота рыбной промышленности в условиях Арктического региона, а также усовершенствования технического обслуживания и ремонта судов флота рыбной промышленности.

Понятие надежности относится к технико-экономическим показателям качества продукции. Надежность СИ определяет его поведение с течением времени и является комплексным понятием, характеризующим стабильность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность (для восстанавливаемых СИ) и сохраняемость.

Качественной характеристикой СИ, отражающей неизменность во времени его метрологических характеристик (МХ) яв-

ляется стабильность. Она описывается временными зависимостями параметров закона распределения погрешности. Надежность и стабильность по метрологическим понятиям различные свойства одного и того процесса старения СИ. Стабильность относится к «внутренним» свойствам СИ, то есть содержит своего рода больше сведений о постоянстве метрологических свойств СИ. Надежность относится к «внешним» свойствам, так как зависит от стабильности, от точности измерений и значений используемых допусков.

Ключевой проблемой оценки исправности средств измерений (СИ) является планирование измерений погрешности, а также выбор и расчет их с помощью критериев оценки исправности СИ [1, 2].

1. Метрологические отказы при эксплуатации СИ и влияющие на них факторы

Метрологические отказы являются случайными событиями, все характеристики надежности имеют вероятностный смысл, численные значения которых вычисляются с помощью статистических и вероятностных методов.

Оборудование может отказать в связи с изменением внешней среды и по причине физического износа деталей, находящихся как снаружи, так и внутри оборудования. Отказы являются следствием износа или разрегулировки узлов.

Факторы ошибок можно рассматривать как совокупности факторов, влияющих на процесс из-за неправильно принятых решений.

Постепенные метрологические отказы характерны при эксплуатации СИ и обусловлены дрейфом, который в конечном итоге приводит к их выходу за допуски. В этом случае необходимо производить метрологические поверки.

2. Теоретические аспекты точности СИ

К числу самых распространенных измерительных инструментов – средств измерений линейных размеров относятся: штангенциркуль, штангенглубиномер, микрометр и нутрометр, позволяющие получить довольно точные результаты, однако даже при использовании метрологически аттестованных измерительных инструментов существует погрешность измерения.

Точность измерений может быть большей или меньшей, в зависимости от:

- средств измерений,
- проведения измерений,
- внешних условий и др. факторов, влияющих на ход проведения измерений.

Вследствие несовершенства применяемых методов и СИ, нестабильности условий измерений и других причин результат каждого измерения отягощен погрешностью.

Точность средства измерений – характеристика качества СИ, отражающая близость его погрешности к нулю. Считается, что чем

Таблица 1

Факторы оценки экономической эффективности метрологических работ

Групповые факторы	Единичные факторы
Метрологические характеристики	Погрешность измерений Быстродействие измерений
Оборудование	Измерительная техника Внедрение новых средств измерений Модернизация старых средств измерений Испытания и сертификация оборудования
Персонал	Квалификация работников Аттестация персонала Подготовка, переподготовка персонала
Нормативно-техническая база	Качество нормативно-технической документации Методики выполнения измерений
Факторы ошибок	Признание негодным годного изделия Разбраковка ошибочно забракованного изделия Повторный контроль и испытания Признание годным негодного изделия Пропуск бракованной продукции в эксплуатацию

меньше погрешность, тем точнее средство измерений.

Применять учебные СИ в рамках научной работы или оказания услуг предприятиям промышленности и транспорта недопустимо без их метрологической аттестации. Проведение пробных поверок необходимо для оценки технического состояния и степени износа различных СИ с целью решения вопроса об их замене. Актуальной проблемой можно считать проведение пробных поверок учебных СИ своими силами для оценки целесообразности подачи заявки в официальную метрологическую службу [3].

Кроме того, при использовании точно настроенного измерительного инструмента, нельзя исключить возможность ошибки. Основными причинами, приводящими к неточностям измерений, являются неумение пользоваться инструментом (неквалифицированная работа оператора), использование поврежденного инструмента (к примеру, со

сбитой нулевой отметкой на шкале), загрязнение рабочих поверхностей инструмента и самого измеряемого предмета, измерение нагретой или охлажденной детали. Работая, например, с таким СИ, как штангенциркуль важно держать инструмент перпендикулярно детали, чтобы губки плотно прилегали к измеряемой поверхности.

На достоверность измерений такими инструментами, как штангенциркули, микрометры, нутромеры и другие с регистрацией результатов линейных измерений по нониусу, электронному дисплею или по индикаторной круговой шкале оказывает существенное влияние человеческий фактор.

На кафедре технологии металлов и судоремонта Мурманского государственного технического университета проводились метрологические исследования деталей судовых технических средств, которые позволили зафиксировать результаты на примере исследования этих простых СИ (см. рис. 1).



Рис. 1. Регистрация результатов линейных измерений по нониусу и электронному дисплею

3. Запас метрологической надежности

В качестве основной метрологической характеристики принят простой и эффективный критерий – запас метрологической надежности (ЗМН). Основное его назначение в предотвращении метрологических отказов СИ при их эксплуатации, между текущей и последующей поверкой с заданной вероятностью β .

В реальной жизни по мере изнашивания механизма приборов могут накапливаться систематические погрешности, для выявления которых и предназначены периодические поверки. Для решения этой метрологической проблемы был введен критерий, названный запасом метрологической надежности.

ЗМН служит основной метрологической характеристикой и является квантилем двухпараметрического нормального распределения Z вероятности β недостижения предела погрешности h_a . Происходит учет изменения как систематической h_{cn} , так и случайной $\sigma_{сл}$ погрешности прибора в соответствии с формулой (1):

$$Z = (h_a - h_{cn})/\sigma_{сл} \Rightarrow \beta = cnorm(Z). \quad (1)$$

Это значит, что с его помощью можно объективно оценивать надежность СИ путем сравнения фактической вероятности с нормативным значением $P_{доп}$ или, что равноценно, путем сравнения фактического запаса надежности Z с допустимым запасом $Z_{доп}$.

Чаще всего в статистике применяется запас надежности $Z_\beta = 3$ при $\beta z \gg 0,999$ (правило «трех сигм»). Однако для конкретных типов СИ эта величина может принимать другие значения, что зависит от их назначения и конструкции.

Для учебных СИ может использоваться запас метрологической надежности $Z = 1$ (что соответствует $\beta z = 0,84$), в то время как то же СИ при использовании в промышленности должно иметь $Z = 2$, а в науке его величина может достигать значения трех и более.

В соответствии с Основными положениями Руководства по выражению не-

определенности измерения есть понятие коэффициента охвата, который является квантилем нормального распределения, равный 2 при односторонней вероятности 0,9775 (что соответствует двухсторонней вероятности 0,95).

Ориентируясь на эти данные, и условную классификацию СИ по признаку последствий отказов принимаем нормы требований по надежности по табл. 2.

Следовательно, для большинства СИ приемлема норма $Z_H = 2$, а для учебных может использоваться $Z_H = 1$. Обоснование допустимых норм ЗМН должны выполнять соответствующие метрологические подразделения поставщиков СИ данного типа. Таким образом, решение этой проблемы зависит от соотношения фактического, верхнего и нижнего уровней ЗМН и других факторов.

Опыт применения этого критерия выявил его важное свойство – возможность оценивать степень влияния систематических и случайных погрешностей на запас надежности.

Стремление при выполнении первичных поверок создавать условия, при которых случайная погрешность равна нулю, можно сравнить с точной стрельбы, производимой хорошим стрелком из хорошего ружья, где наблюдается совсем небольшой разброс, а отклонений от десятки почти нет. В этом случае можно применять правило «трех сигм». Появление в формуле (1) систематической ошибки в виде составляющей Δh_{cn} соответствует случаю, когда стрельба производится пусть даже хорошим стрелком, но из плохого ружья со сбитой мушкой. Систематическая погрешность Δh_{cn} может возникнуть по разным причинам, в том числе в результате износа механизма прибора.

Выявление составляющей Δh_{cn} имеет важное практическое значение и при калибровке СИ после поверки. В общем же случае может быть обнаружена большая погрешность прибора под влиянием как случайных, так и систематических факторов.

Таблица 2

Нормы требований по надежности

Категория	Z_H	β	Требования по надежности	Пример назначения СИ
Первая	3	0,9987	Высокие	Контроль жизнедеятельности
Вторая	2	0,9772	Умеренные	Бытовые приборы
Третья	1	0,8414	Невысокие, но допустимые	Учебные СИ

4. Программное обеспечение вероятностной оценки запаса метрологической надежности средств измерений

Разработанная программная система «Вероятностная оценка запаса метрологической надежности средств измерений линейных размеров» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» и дает возможность определить оценку исправности средства измерения с помощью критерия запас метрологической надежности (ЗМН).

Именно такими вопросами исправности СИ для оценки их запаса метрологической надежности в течение ряда научных исследований занимались в Мурманском государственном техническом университете на кафедре технологии металлов и судоремонта под руководством доктора технических наук, профессора Леонида Владимировича Ефремова.

В задачи программной системы входит обеспечение выполнения ряда конкретных функций:

– достаточно быстро и столь же эффективно предотвратить метрологические отказы СИ при его эксплуатации между текущей

и последующей поверкой с заданной вероятностью β ;

– расчеты, произведенные по формулам в среде EXCEL, служат базой для организации дальнейшей поверки учебных СИ для измерения линейных размеров при помощи СИ разного принципа действия и назначения (например, нониус, электронный дисплей, либо индикаторная круговая шкала);

– варианты расчета и данные в числовой форме визуализированы. Визуализация метода оценки качества СИ и позволяет говорить о допустимости полученных метрологических характеристик.

Программная система входит в блок программ, зарегистрированных в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации. Тип ЭВМ: IBM PC. Язык программирования: Pascal. Процедура дает возможность установки операционной системы ОС с графическим интерфейсом: Windows XP, 7. Объем программы: 1,23 Мб [4].

В столбец «ДП, мм» (Диагностический Параметр) заносятся данные результатов прямых измерений, полученные контактным методом заносятся в таблицу. Далее выполняется расчет при выборе соответствующей позиции в нижней строке окна «Произвести расчет».

Номер	Дата	Включен	Выключен	Время, мс	ДП, мм	Пгр	Отн. ДП
1	08.11.17	13.34	13.35	1	29,90		
2	08.11.17	13.36	13.37	1	29,95		
3	08.11.17	13.38	13.39	1	30,00		
4	08.11.17	13.40	13.41	1	30,00		
5	08.11.17	13.42	13.43	1	30,01		
6	08.11.17	13.44	13.45	1	30,00		
7	08.11.17	13.46	13.47	1	30,00		
8	08.11.17	13.48	13.49	1	30,04		
9	08.11.17	13.50	13.51	1	30,06		
10	08.11.17	13.52	13.53	1	30,00		

Рис. 2. Программная система «Вероятностная оценка запаса метрологической надежности средств измерений линейных размеров»

В правой части окна на рис. 2 видны полученные значения оценки качества СИ.

Затем выполняется команда при выборе соответствующей позиции в нижней строке окна «Сохранить отчет», формирование которого производится по заданным формулам (рис. 3) в электронных таблицах EXCEL [4].

Предотвращение аварий является для отрасли актуальной задачей.

Многочисленные исследования дают возможность конкретно прогнозировать сроки для проведения поверок СИ с целью выявления оценки их технического состояния на данный момент времени.

Вероятностная оценка запаса метрологической надежности средств измерений линейных размеров												
5	Средство измерения (тип, марка)		ШЦ-1-250-0,02 ГОС			Число эталонов	1	Число циклов	10			
6	Диагностический параметр, размерность		30 мм		Эталон	30	мм	Доп. погрешность	0,02	мм		
7	Периодичность циклов испытаний		15		Год ввода	2017		Оценка СИ	4			
10	Результаты измерений											
11	Номер	Дата	Включено	Выключено	Время, мин	Измерения						
12						ДП, мм	Пгр	Отн. ДП				
13	1	08.11.2017	13.34	13.35	1	29,9	-0,1	0,996667	-0,004	0,451754	Запас метрологической надежности	
14	2	08.11.2017	13.36	13.37	1	29,95	-0,05	0,998333	0,044272	0,674277	Вероятность β не достижения предела погрешности	
15	3	08.11.2017	13.38	13.39	1	30	0	1	0,361403			
16	4	08.11.2017	13.40	13.41	1	30	0	1	0,641101			
17	5	08.11.2017	13.42	13.43	1	30,01	0,01	1,000333				
18	6	08.11.2017	13.44	13.45	1	30	0	1				
19	7	08.11.2017	13.46	13.47	1	30	0	1				
20	8	08.11.2017	13.48	13.49	1	30,04	0,04	1,001333			Данные, которые вводятся	
21	9	08.11.2017	13.50	13.51	1	30,06	0,06	1,002			Фиксированные данные	
22	10	08.11.2017	13.52	13.53	1	30	0	1			Формула	
23											Результат	

Рис. 3. Формирование отчета в электронных таблицах EXCEL

Программное обеспечение для оценки запаса метрологической надежности СИ линейных размеров позволяет проконтролировать точность СИ с целью обеспечения единства измерений, произвести анализ и дать оценку качества их технического состояния с помощью критерия запаса метрологической надежности [5].

В ходе проведенных работ, результаты полученных измерений линейных размеров представили принципиальную возможность выбора критерия запаса метрологической надежности в качестве контролируемого параметра для оценки метрологической исправности СИ как в учебном процессе, так и в научных исследованиях, не имея при этом возможности произвести его метрологическую поверку с помощью специальных служб.

Результаты исследований могут быть использованы при выборе методов и способов технической диагностики, дефектации, использующих характеристики СТС и корпусных конструкций судна, что позволяет обеспечить высокую надежность СТС и корпусных конструкций и судна в целом.

Проведенные исследования актуальны при выявлении причин аварийных происшествий объектов морской техники в условиях Арктического региона.

Список литературы

1. Ефремов Л.В. Вероятностная оценка метрологической надежности средств измерений: алгоритмы и программы / Л.В. Ефремов. – СПб.: Нестор-История, 2011. – 200 с.
2. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс / А.Э. Фридман. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 284 с.
3. Ефремов Л.В. Вероятностная оценка метрологических характеристик учебных средств измерений / Л.В. Ефремов, Ж.В. Кумова, М.А. Чистякова // Наука и образование – 2010 [Электронный ресурс]: материалы междунауч. конф., Мурманск, 5 – 9 апреля 2010 г. / МГТУ. – Электрон. Текст дан. (139 М). – Мурманск: МГТУ, 2010. – С. 1395 – 1398.
4. Ефремов Л.В. Метрологическая оценка надежности мерительного инструмента учебного и научного назначения / Л.В. Ефремов, Ж.В. Кумова // Приборостроение. – 2012.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Вероятностная оценка запаса метрологической надежности средств измерений линейных размеров / Кумова Ж.В., Петрова Н.Е., Ефремов Л.В., Баева Л.С.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Мурм. гос. техн. ун-т» – № 2015616989; заявл. 01.12.2014; опубл. 26.06.2015, Заяв. № 2014662303.

УДК 62-521

ОБЗОР И АНАЛИЗ ГОТОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РОБОТОВ**Сморкачев А.А., Моногаров С.И.***Армавирский механико-технологический институт, филиал ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Армавир, e-mail: smorkachev95@mail.ru*

Аннотация: В статье представлен обзор и анализ готовых платформ для создания робота. Робототехника – молодая область научного знания. Несмотря на то, что в фантастических книгах и фильмах роботы уже давно выполняют всевозможные задачи, в повседневную жизнь человека они проникли совсем недавно. На сегодняшний день многие любители робототехники пытаются создать своего робота. Есть два варианта разработки робота, можно полностью самому спроектировать, построить и запрограммировать его. Однако самый простой способ для новичка – это купить готовый каркас и самому модернизировать его. В работе рассмотрены три основных типа платформ, описаны принципы их работы, показаны все преимущества и недостатки. Также затронута тема использования различных моделей электродвигателей в шасси роботов. Проанализирована возможность использования разных моделей сервоприводов в работе-пауке.

Ключевые слова: платформа, робот, шасси, Arduino**OVERVIEW AND ANALYSIS OF READY-MADE PLATFORMS FOR CREATING ROBOTS****Smorkachev A.A., Monogarov S.I.***Armavir Institute of Mechanics and Technology, branch of Kuban State University of Technology, Armavir, e-mail: smorkachev95@mail.ru*

The article provides an overview and analysis of ready-made platforms for creating a robot. Robotics is a young field of scientific knowledge. Despite the fact that in fantastic books and films, robots have long been performing all sorts of tasks, they have penetrated into the daily life of a man quite recently. To date, many fans of robotics are trying to create their own robot. There are two options for developing a robot, you can fully develop it, create and program it. However, the easiest way for a beginner is to purchase a ready frame and upgrade it. The document considers three basic types of platforms, describes the principles of their operation, shows all the advantages and disadvantages. The topic of using different models of electric motors in the chassis of robots is also touched upon. The possibility of using different models of servo drives in a spider robot is analyzed.

Keywords: platform, robot, chassis, Arduino

Один из возможных принципов создания роботов на основе платы Arduino – это использование готовых корпусов и разработка собственной начинки. В интернете можно найти большое количество различных видов каркасов, которые зачастую также включают в себя механическую базу (гусеницы, колеса, двигатели, шарниры и т.п.). Купив готовый корпус, можно целиком сосредоточиться на модификации робота и создании программы для управления. Рассмотрим наиболее популярные, из имеющихся в свободном доступе, корпуса-скелеты роботов. Существуют 3 основных типа платформ для роботов:

- Платформа на колесах (Четырехколесные, Двухколесные);
- Платформа на гусеницах;
- Платформа «шагающая» (робот-паук)

Платформа, оснащенная четырьмя колесами, на каждое из которых крепится и подключается отдельный мотор – это, однозначно самая эффективная и простая база для построения робота. Поскольку все колеса вращаются независимо, то такой тип привода называется дифференциальным. Колеса вращаются отдельно друг от друга, поэтому для разворота на месте достаточно

один ряд колес запустить вперед, а другой ряд – назад. И платформа будет разворачиваться на месте вокруг центра между рядами колесами. В интернете продается много различных заготовок такого типа. Моторы идут в комплекте. Такая платформа может быть использована как основа автомобиля или любого другого ездящего робота. При использовании всех колес в качестве ведущих увеличивается проходимость, скорость и грузоподъемность робота. А также мы можем использовать более дешевые типы моторов, т.к. в этом случае количество компенсирует их качество.



Рис. 1. Платформа на четырех колесах [1]

Следующей платформой для создания робота на базе Arduino мы рассмотрим двухколесную платформу. Шасси имеет два ведущих колеса, для дополнительной устойчивости встраивают шаровые или вращающиеся роликовые ножки. Данный тип робота также использует дифференциальный тип привода. Из положительных качеств платформы такого типа можно отметить: снижение веса конструкции, уменьшения ее стоимости, возможность уменьшить ее габариты. В связи с тем, что только к двум колесам подключены моторы, значительно уменьшается проходимость робота, его скорость, грузоподъемность, ухудшается устойчивость.



Рис. 2. Трехколесная платформа для робота [2]

Гусеничный привод работает аналогично дифференциальному у четырехколесной платформы. Отличие заключается в том, что гусеничная лента соприкасается с землей не в одной точке, как колесо, а площадь контакта растянута по всей длине. Что увеличивает сцепление с поверхностью и проходимость, на мягком грунте уменьшает проскальзывание при движении. При слишком большой силе трения, гусеничная лента может слететь с колес, что довольно часто происходит с дешевыми шасси. [8] Роботы на гусеничных шасси более устойчивые и обладают большей проходимостью чем те, что на колесах. Однозначным плюсом такой конструкции является то, что достаточно всего двух моторов, по одному на каждую ведущую звездочку, чтобы привести систему в движение. Но это является и недостатком, так как появляется необходимость в более мощных, а значит и более дорогих, моторах.

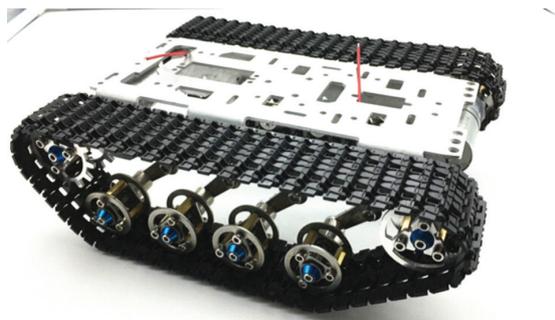


Рис. 3. Гусеничные шасси [3]

В перечисленных выше каркасах используются моторы постоянного тока с рабочим напряжением до 12 В. Рассмотрим два электродвигателя, которые кардинально отличаются друг от друга ценой и мощностью.

Самый распространенный электродвигатель 130 класса (Напряжение питания: 3 – 12 В, Скорость: 270 об/мин (6В), Крутящий момент: 1.4 кг·см (6В)). Данный тип двигателя имеет небольшой вес, малую стоимость и неплохие показатели скорости и крутящего момента. Его мощности хватает для использования в четырехколесных и двухколесных шасси. Однако для больших корпусов на гусеницах силы двух таких моторов может не хватить для того, чтобы сдвинуть робота с места.



Рис. 4. Электродвигатель 130 класса с редуктором [4]

Электродвигатель постоянного тока 775 класса (Напряжение питания: 12 – 24 В, Скорость: 3500 об/мин (12В), Крутящий момент: 2 кг·см). В сравнении с предыдущим двигателем, данный обладает намного большей скоростью и мощностью, что сказывается на его габаритах и значительном увеличении стоимости. Данный мотор можно применять как в гусеничном, так и в многоколесном шасси.



Рис. 5. Электродвигатель 775 класса [5]

Одна из популярных форм робота на сегодняшний день – паук. Такой робот обладает хорошей устойчивостью, проходимостью, возможностью изменять свою высоту во время движения. Из минусов можно отметить небольшую скорость и плохую маневренность. В отличие от платформ на колесах, конструкция паука предусматривает движение в любую сторону без поворота. Вторым его отличительным признаком является использование сервоприводов в качестве движущего элемента. В большинстве моделей под каждую лапу нужно 2–3 привода, и таких лап обычно не меньше четырёх. Кроме того, из-за большого числа сервоприводов для управления потребуется – многоканальный контроллер управления сервоприводами. В итоге стоимость паука может получиться достаточно высокой.



Рис. 6. Корпус для робота-паука [6]

В модели паука как правило используют либо дешевый сервопривод SG90, либо более дорогой и более мощный MG 996R. Серво привод MG996R (Рабочее напряжение: 4.8 – 7.2 V, Усилие: 10 кг/см, Размеры: 40.7 x 19.7 x 42.9 мм, Угол поворота: 120°) позволяет делать тяжелых металлических роботов с большой грузоподъемностью и достаточно быстрой скоростью передвижения.



Рис. 7. MG996R [7]

SG 90 (Напряжение питания: 3 – 5В, Усилие на валу: 1.2кг/см (4.8В); 1.6кг/см (6.0В), Размер: Микро (22 мм x 11,5 мм x 27 мм), Угол поворота: 160°). В сравнении с предыдущим данный сервопривод является менее мощным и не обладает большой скоростью поворота. Как правило, используется в небольших и легких моделях, сделанных из пластика, либо гибридах из железа и пластика.



Рис. 8. SG90

Готовые корпуса для роботов, которые были рассмотрены, предполагают большое разнообразие в проектировании. В них нет ограничения по использованию плат, будь то Arduino или другие «мозги». Одно из главных преимуществ данного способа перед разработкой робота с нуля в том, что мы можем не отвлекаться на проектирование конструкции и поиск нужных материалов. Такой привод для робота выглядит вполне серьезно и делает любой проект похожим на промышленный. [9]

Однако самым интересным, но и очень сложным, является полностью самостоятельное проектирование и создание робота. Разработка платформы из подручных материалов, будь то приспособленные для этих целей игрушечные машинки, или старые компьютерные мышки, или другой отслу-

жившая свой срок техника может стать не менее увлекательной, чем программирование готового робота. Да и полученный результат будет совершенно уникальным. Исходя из выше приведённого, нам наиболее интересно для создания робота платформа на четырех колесах.

Список литературы

1. Aliexpress: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: <http://s.aliexpress.com/7nmQVbal?fromSns=> (дата обращения 10.02.2018).
2. Интернет-магазин «DealExtreme» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dx.com/ru/p/smart-robot-car-chassis-kit-for-arduino-transparent-yellow-152984> (дата обращения 10.02.2018).
3. Aliexpress: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: <http://s.aliexpress.com/QNVjIfYN?fromSns=VK> (дата обращения 10.02.2018).
4. Arduino Kit: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: https://arduino-kit.ru/catalog/id/motor-reduktor-s-kolesami-komplekt-4-sht_ (дата обращения 10.02.2018).
5. Bang good: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: https://www.banggood.com/ru/775-Gear-Motor-DC-12V-36V-3500-9000RPM-Motor-Large-Torque-High-power-Motor-p-1091058.html?cur_warehouse=CN (дата обращения 10.02.2018).
6. Aliexpress: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: <http://s.aliexpress.com/3iI6rA3?fromSns=> (дата обращения 10.02.2018).
7. Aliexpress: Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – URL: <http://s.aliexpress.com/UnqEbYFJ?fromSns=> (дата обращения 10.02.2018).
8. Частное мнение: Интернет журнал [Электронный ресурс]. – URL: <http://journal.caseclub.ru/2015/11/19/robot-kolesniy-ini-gusenichniy/> (дата обращения 10.02.2018).
9. Занимательная робототехника [Электронный ресурс]. – URL: <http://edurobots.ru/2014/05/obzor-gotovih-korpusov-dlya-sozdaniya-robotov-arduino/> (дата обращения 10.02.2018).

УДК 004:616.711-002-07

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КОНЕЧНОСТЕЙ ВО ВРЕМЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА

Стрижак Ю.А.

*Московский государственный технический университет им. Баумана, Москва,
e-mail: stryzhakyuliya@gmail.com*

В последнее время был продемонстрирован потенциал использования интерфейсов головной–спинной мозг в восстановлении походки после повреждения спинного мозга у нечеловекообразных приматов. В замкнутом цикле, состоящем из записи деятельности головного мозга, стимуляции спинного мозга и отслеживания походки оптическим путем, естественное движение парализованной нижней конечности было восстановлено. В данной замкнутой системе отслеживание характерных участков походки имеет решающее значение для анализа кинематики во время ходьбы и обеспечения обратной связи к стимулирующему устройству для калибровки электрического сигнала стимуляции. Однако оптическая система, используемая в текущих исследованиях, имеет ряд недостатков. Для решения этой проблемы разработано имплантируемое устройство с низким потреблением мощности на основе инерциального измерительного датчика.

Ключевые слова: спинной мозг, повреждение, отслеживание походки, прототип, низкое потребление, инерциальный измерительный датчик

MONITORING OF THE LIMB SPATIAL ORIENTATION DURING REHABILITATION AFTER SPINAL CORD INJURY

Stryzhak Y.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: stryzhakyuliya@gmail.com

Recently, the potential of using brain-spine interfaces in restoring gait after a spinal cord injury in non-human primates was shown. In a closed loop consisting of brain activity recording, spinal cord stimulation, and optical gait tracking, natural movement of a paralyzed lower limb was restored. Within this closed loop, tracking the gait pattern was crucial for analyzing gait kinematics and providing a feedback to the stimulation device in order to calibrate the electrical stimulation signal. However, the optical system used in the study has number of drawbacks. In order to tackle this problem the low-power design of an implantable device based on inertial measurement unit has been developed.

Keywords: spinal cord, injury, gait tracking, prototype, low-power, inertial measurement unit (IMU)

Повреждение спинного мозга нарушает коммуникацию между головным мозгом и спинномозговыми соединениями, которые иницируют движение. Некоторое время назад на примере крыс было показано, что эпидуральная электрическая стимуляция поясничного отдела спинного мозга способна воспроизвести естественную активацию синергических групп мышц, производящих локомоцию [1, 2]. Дальнейшее расширение такого подхода восстановления локомоции было применено к нечеловеческим приматам (обезьянам). Для этой цели был реализован интерфейс головной мозг-позвоночник, который расшифровывает двигательное намерение, содержащееся в сигналах головного мозга, минуя поражение. Этот интерфейс передает информацию из головного мозга в область спинного мозга ниже травмы, чтобы воспроизвести преднамеренные характерные движения, являющиеся фазами ходьбы – разгибание и сгибание. Таким образом, в небольшую зону коры головного мозга обезьян, которая контролирует двигательную деятельность конечности и от-

правляет информацию из всех нейронов, был имплантирован массив электродом. Нейронные сигналы записываются на компьютер, где они расшифровываются как двигательное намерение приматов. Затем компьютер отправляет эту информацию о намерениях имплантируемому генератору электрических сигналов, который способен обеспечить стимуляцию в нужном месте и с правильной синхронизацией, чтобы воспроизвести фазы походки [3]. В случае с людьми имплантация электродов в кору головного мозга недопустима. Поэтому требуется определять фазы разгибания и сгибания, используя альтернативный метод. Было обнаружено, что существует корреляция между пространственной кинематикой конечности и сигналами от зоны головного мозга, ответственной за эту конечность. В рамках экспериментов с обезьянами отслеживание кинематики всего тела производилось с использованием высокоскоростной системы захвата движения Simi Reality Motion Systems [1]. Для этого светоотражающие белая индикаторы непосредствен-

но наносились на выбритую кожу обезьян. Данная оптическая система с 2D рефлексивными трекерами движения ограничивает свое применение к лабораторным условиям и не позволяет свободно перемещаться в 3D пространстве.

нии FIS1100 в сочетании с предоставляемой производителем библиотекой XKF3 9D sensor fusion [5], система позволяет определять крен и тангаж с точностью $\pm 3^\circ$ и рысканье с точностью $\pm 5^\circ$. XKF3 – это алгоритм, основанный на теории Extended Kalman

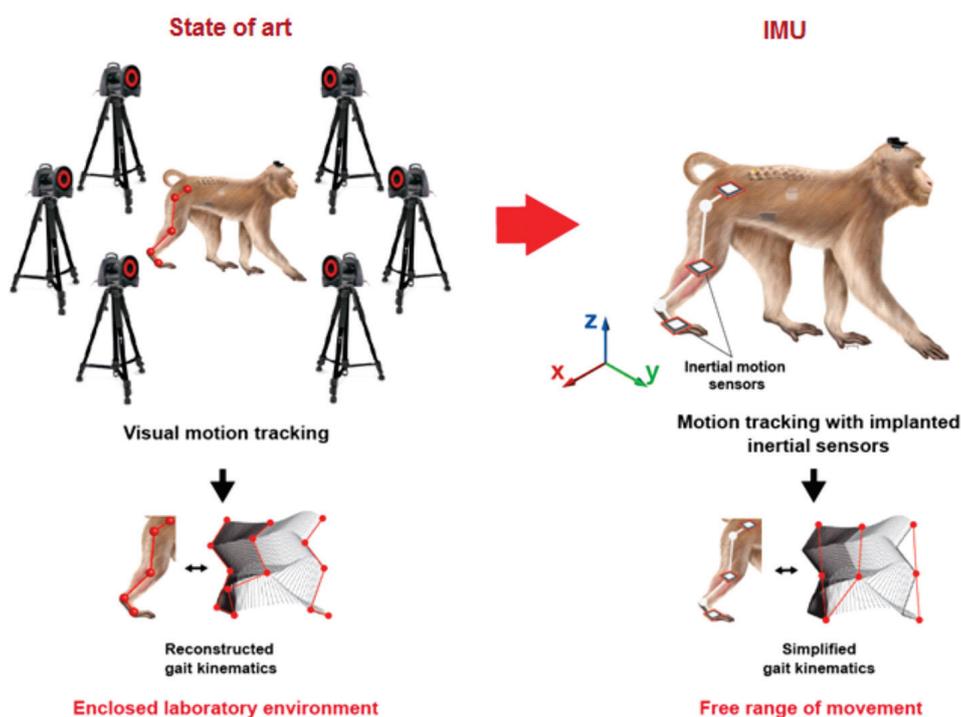


Рис. 1. Альтернативный метод отслеживания походки

Инерционный датчик движения на основе инерциального измерительного датчика (IMU), имплантированного непосредственно в конечность, не ограничивает движение в 3D пространстве и, следовательно, вызывает значительно меньший дискомфорт по сравнению со светоотражающими трекерами (рис. 1). Поскольку система датчика движения должна питаться от имплантированной не перезаряжаемой батареи, основной целью этого проекта было максимизировать срок службы батареи. Кроме того, маломощное управление обеспечит минимальные неблагоприятные утечки тока в случае повреждения упаковки устройства.

Ядром модуля IMU является чип FIS1100. FIS1100 – это полнопользовательская 6D микроэлектромеханическая система IMU с сенсорным слиянием «sensor fusion» для определения точности ориентации на уровне системы. При использова-

Filter. Вход в XKF3 обеспечивается с помощью AttitudeEngine [4] инерциального сенсора FIS1100 от производителя Fairchild, который представляет собой пользовательский векторный цифровой сопроцессор, передающий потоки данных движения по выбранному пользователем частотам выходных данных (ODR) при чрезвычайно низком потреблении энергии. Комбинация XKF3 и AttitudeEngine обеспечивает точное трехмерное отслеживание движения при потреблении энергии процессором до 1 мА или менее [5]. На рис. 2 представлены внедряемые в прошивку конструктивные компоненты, осуществляющие поддержку IMU. Драйвер FIS1100 обеспечивает высокоуровневый интерфейс C99 для аппаратного обеспечения FIS1100. Этот интерфейс можно использовать для настройки сенсоров, настройки их работы и считывания откалиброванных данных.

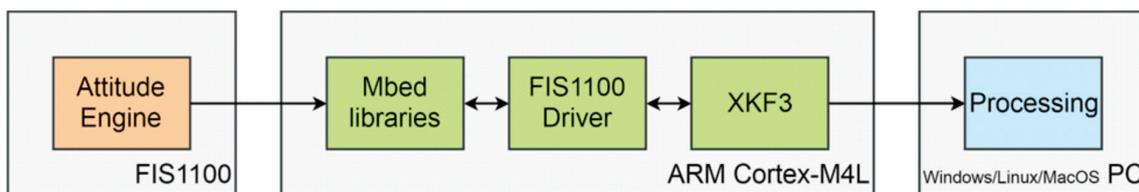


Рис. 2. Конструктивные компоненты внедряемые в прошивку

Диаграмма общей функциональности, приведенная на рис. 3, дает общее представление о принципе работы разрабатываемого прототипа и о связях между его различными частями. Прототип состоит из двух печатных плат – Ctrl_node и IMU. Выходные данные, поступающие из ядра IMU, чипа FIS1100, представляют собой набор из четырех кватернионов. Кватернионы передаются в ядро Ctrl_node, микроконтроллер (мк) STM32, с помощью интерфейса I2C, который работает на частоте 400 кГц. Предполагается, что разрабатываемый прибор будет подключен к существующей системе восстановления походки, которая уже имеет внешний беспроводной передатчик. Поскольку беспроводной передатчик представляет собой однонаправленный порт, пересылающий полученные данные на главный компьютер, и поскольку устройство будет имплантировано, оптимальным решением для обеспе-

чения связи с устройством является герконовый датчик, расположенный на Ctrl_node. Каждый раз, когда магнит будут подносить на очень близкое расстояние от места имплантации, и сразу после этого магнит будут отдалять, устройство будет включаться или отключаться в зависимости от его предыдущего состояния. В целях загрузки прошивки в мк и ее отладки перед имплантацией прототипа используется программатор/отладчик ST-Link. ST-Link выбран, поскольку он предназначена для программирования процессоров STM, а также ST-Link удобен тем, что на его борту имеется UART, обеспечивающий получение данных из Ctrl_node. Затем полученные данные передаются на персональный компьютер (PC) через USB из ST-Link, что позволяет контролировать выходные данные до завершения отладки кода. USB-связь с PC предназначена только для отладки.

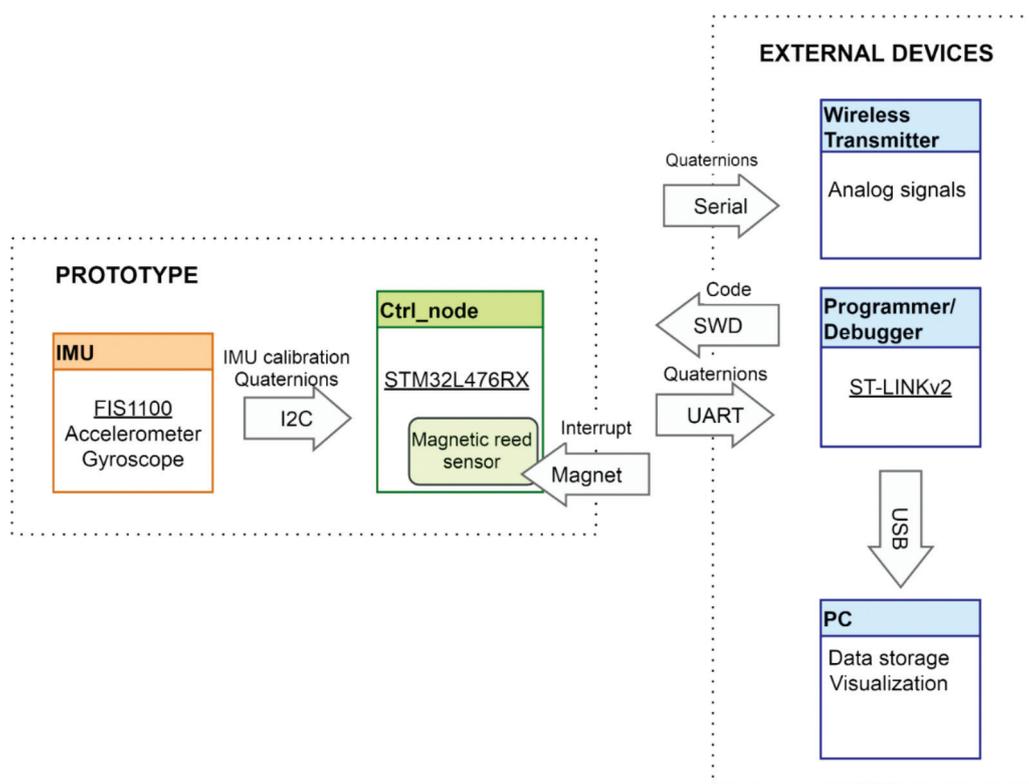


Рис. 3. Диаграмма общей функциональности разрабатываемого прототипа

Разработка прошивки выполнялась на отладочной плате NUCLEO STM32 на базе 32-разрядного мк ARM Cortex-M. Блок-схема на рис. 4 объясняет алгоритм кода, который загружается в мк. Состоянием прибора по умолчанию является SENSING_OFF. В этом состоянии два регулятора напряжения (LDO), которые питают IMU, и схемы уровня сдвига (level shifters), отключены, что в свою очередь обесточивает IMU и схемы уровня сдвига со стороны IMU. Это достигается посредством внешнего контроля состояния со стороны мк. В случае, когда магнит был поднесен близко к месту имплантации и тут же отдален, устройство меняет свое состояние на SENSING_ON, что приводит в действие регуляторы напряжения и схемы уровня сдвига, и в результате IMU включается. После запуска, IMU инициализируется с помощью библиотек драйверов Fairchild. IMU начинает отправлять данные на мк

STM32, которые затем обрабатываются с помощью XKF3. Выходные данные, которые обеспечивает XKF3, представляют собой четыре кватерниона типа данных с плавающей точкой, то есть 32 бита на кватернион. Чтобы получить двоичный вывод, состоящий из последовательности «1» и «0», выполняется преобразование типа данных. Затем набор кватернионов в цифровой двоичной форме записывается в одну из ножек мк для генерации аналогового сигнала. Наконец, аналоговый сигнал от устройства отправляется на беспроводной передатчик. Во время режима энергосбережения мк спит. Во время сна мк ожидает выполнения вычислений XKF3, преобразования типа данных и не генерирует аналоговый сигнал. Таким образом, мк спит между этими задачами. Герконовый датчик и микросхема FIS1100 генерируют прерывания, причем любое из прерываний выводит мк из сна.

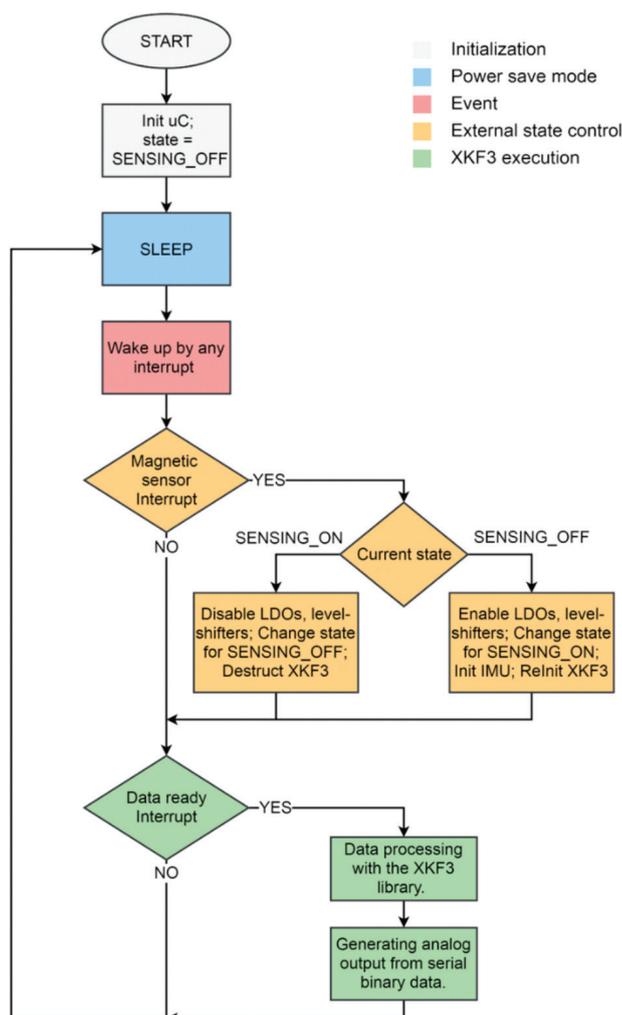


Рис. 4. Алгоритм прошивки микроконтроллера

Прошивку, загружаемую в мк, можно разделить на две основные задачи, которые выполняет мк и которые определяют потребляемую им мощность. Круговая диаграмма (рис. 5) показывает рабочую нагрузку мк в течение всего периода работы, то есть процентное соотношение времени, которое мк тратит на выполнения каждой из двух задач при частоте выходных данных ODR, равной 8 Гц.

Первая задача, «ХКФЗ» – это время, затрачиваемое на чтение данных, поступающих из IMU и их обработку с помощью библиотеки ХКФЗ. Согласно результатам, которые выдает компилятор используемой среды разработки кода, процесс вычисления ХКФЗ занимает разное время в диапазоне от 1,7 мс до 3,7 мс. Для обеспечения надежности для оценки было принято значение с запасом – 3,7 мс. В случае использования более одного IMU время и потребление энергии увеличиваются пропорционально количеству IMU. Вторая задача «Serializing» – это время, которое мк тратит на преобразование типа выходных данных. ХКФЗ выдает данные типа с плавающей

точкой, которые необходимо преобразовать в целочисленный двоичный тип. Так же, во время «Serializing» происходит запись преобразованных цифровых данных на один из выводов общего назначения мк (I/O pin), чтобы получить аналоговый последовательный выходной сигнал, где цифровые «0» и «1» соответствуют уровням напряжения 0 В и 3.3 В. Полный процесс занимает 0,5 мс. Однако значение 0,5 мс относится к скорости передачи в бодах 1 Мбод, это означает, что время между передачами одного бита на вывод I/O составляет 1 мкс. Кроме того, если скорость последовательной передачи на внешний беспроводной передатчик должна быть ниже 1 Мбод, необходимо изменить период последовательных данных (1 / скорость передачи). Это увеличит время, затрачиваемое на задачу «Serializing». И, следовательно, энергопотребление мк также будет увеличиваться прямо пропорционально. Все остальное время мк спит, чтобы обеспечить низкое энергопотребление. На рис. 6 представлено процентное соотношение времени, в течение которого мк спит с учетом каждого из частот ODR.

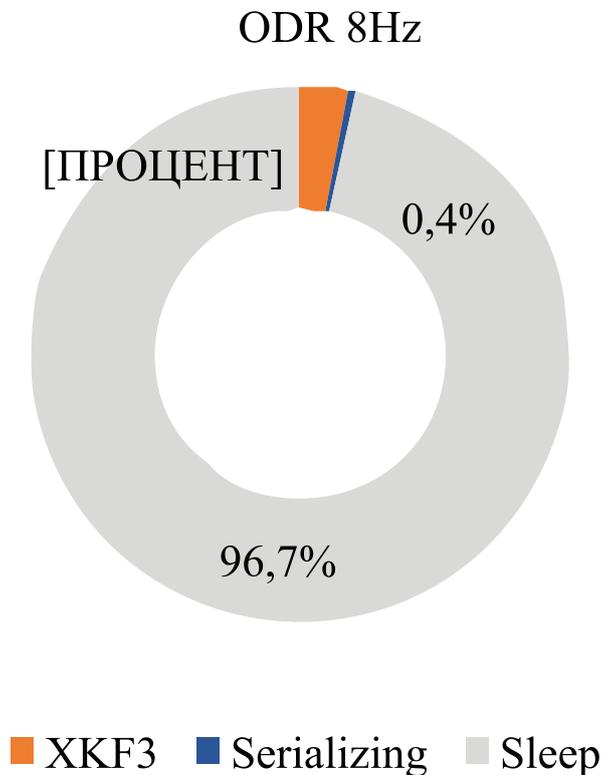


Рис. 5. Рабочая нагрузка микроконтроллера

Время, затрачиваемое на задачи «ХКФЗ» и «Serializing», одинаково для разных значений ODR, тогда как время сна уменьшается с ростом ODR. Важно отметить, что процентное соотношение задач, которые составляют общую рабочую нагрузку, зависят от ODR в соответствии с (1):

$$\frac{t_{task}[c]}{T[c]} 100\% = n\%; T[c] = \frac{1}{ODR[Гц]}, \quad (1)$$

где t_{task} – это время, затрачиваемое на выполнение одной из двух задач или затрачиваемое на сон; T – период, с которым данные поступающих из IMU.

Для того, чтобы сделать оценку ожидаемого значения тока, потребляемого прототипом, с помощью лабораторного мультиметра были проведены измерения величины тока при различных значениях ODR (рис. 7). Измерения проводились для мк на отладочной плате NUCLEO, в который загружалась первая (V.1) и последняя (V.final) версии разрабатываемой прошивки прототипа. На основании данных последней версии прошивки были рассчитаны ожидаемые значения полного потребления прототипом. Результаты представлены в таблице.

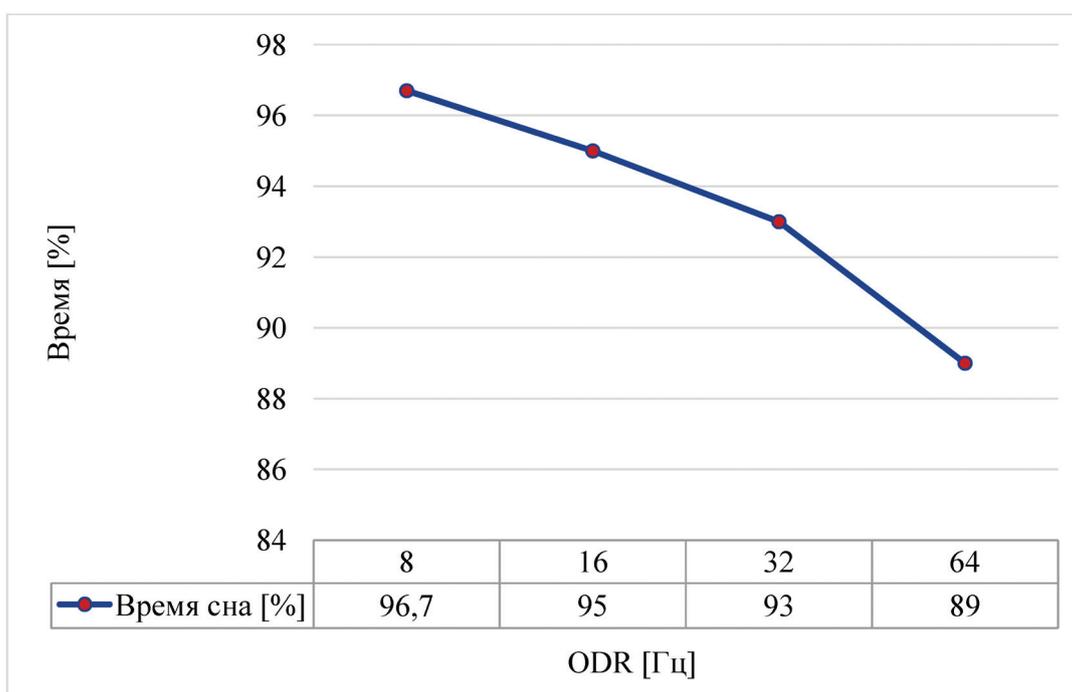


Рис. 6. Временное соотношение режима сна

Таблица 1

Значения потребляемого тока

ODR, Гц	Состояние	Потребляемый ток, мА		
		мк_прошивка V.1	мк_прошивка V.final	Прототип (ожидаемое)
8	SENSING_ON	0.36	0.14	1.47
	SENSING_OFF	0.01	0.01	0.11
16	SENSING_ON	0.65	0.63	1.96
	SENSING_OFF	0.01	0.01	0.11
32	SENSING_ON	1.15	0.88	2.21
	SENSING_OFF	0.01	0.01	0.11
64	SENSING_ON	2.12	1.33	2.66
	SENSING_OFF	0.01	0.01	0.11

Одна из самых сложных и интересных частей дизайна устройств с низким потреблением – это предсказать, как долго устройство будет работать. В данном конкретном случае расчетной величиной является количество месяцев. Для оценки жизненного цикла прибора следует учитывать номинальную емкость выбранной батареи. Поскольку в рамках этого проекта батарея еще не определена, я предлагаю общую формулу (2) для расчета жизненного цикла прототипа при идеальных условиях. Идеальные условия подразумевают, что разрядный профиль батареи идеален – прямая на уровне номинального напряжения батареи.

устройство должно работать в состоянии SENSING_ON; t_{OFF} [ч] – количество часов в день, в течение которых устройство должно работать в состоянии state SENSING_OFF (спящий режим sleep); I_{ON} [mA] – ток, потребляемый устройством при работе в состоянии SENSING_ON; I_{OFF} [mA] – ток, потребляемый устройством при работе в состоянии SENSING_OFF.

Во время реабилитации обезьян предполагается, что имплантируемый прототип для отслеживания походки должен собирать данные о трехмерной ориентации ноги обезьяны в течение 3 часов в день. Оставшееся время суток, 21 час, устройство должно спать.

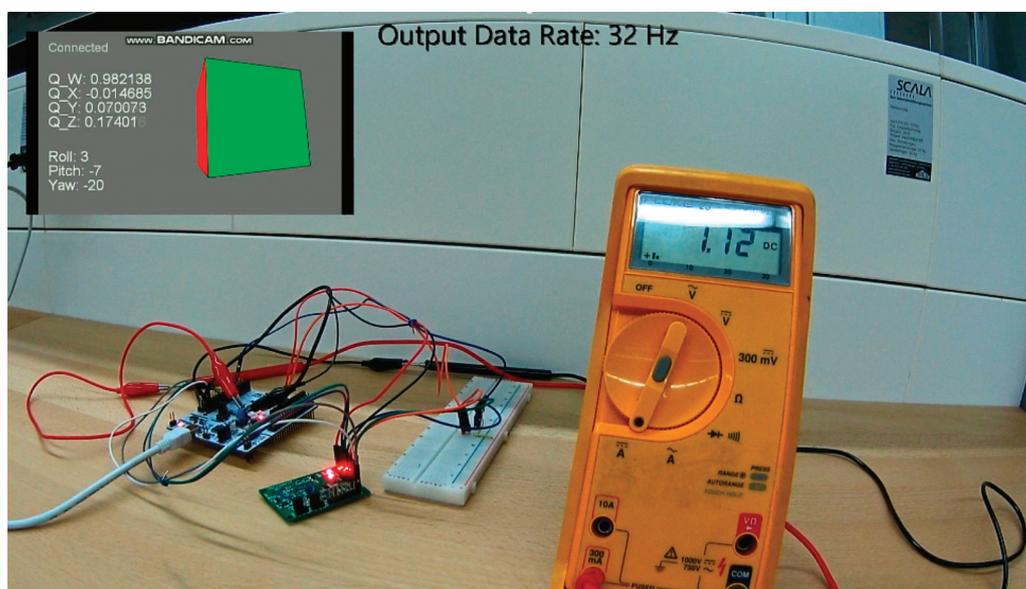


Рис. 7. Измерения потребляемого тока в лабораторных условиях

$$LC = \frac{NC}{30(t_{ON}IDD_{ON} + t_{OFF}IDD_{OFF})}, \quad (2)$$

где LC [кол-во месяцев] – жизненный цикл устройства (Life Cycle); число 30 указывает среднее количество дней в месяце; NC [mA·ч] – номинальная емкость (Nominal Capacity) выбранной батареи, здесь использовалось общее значение $2.6 \text{ A} \cdot \text{ч}$ для батарей с номинальным напряжением 3.6 В ; t_{ON} [ч] – количество часов в день, в течение которых

Тем не менее, чрезвычайно важно учитывать типичные профили разряда батареи при температуре эксплуатации, чтобы предсказать временной интервал, в течение которого выбранная батарея будет поддерживать свое напряжение на номинальном уровне. Здесь использовались типичные профили разряда батареи LS14500.

Результаты прогнозирования жизненного цикла прототипа приведены на рис. 8 с учетом различных частот ODR.

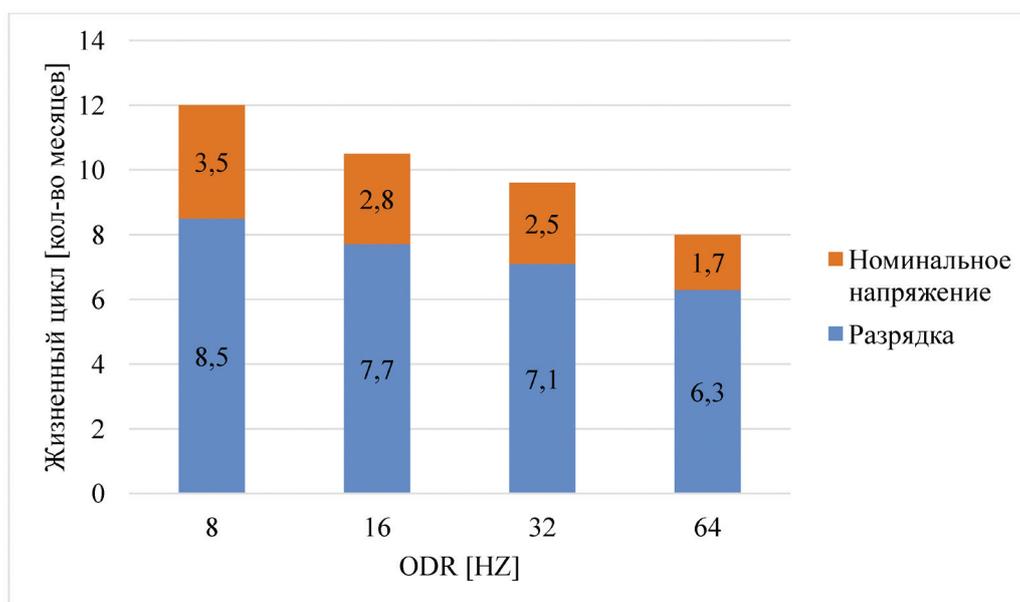


Рис. 8. Прогнозирование жизненного цикла прототипа

Список литературы

1. Capogrosso M., Milekovic T., Courtine G. A brain-spine interface alleviating gait deficits after spinal cord injury in primates // Nature. – vol. 539. Ноябрь 2016. – С. 284–306,
2. Capogrosso M., Moraud E.M., Wenger N., Courtine G. Spatiotemporal neuromodulation therapies engaging muscle synergies improve motor control after spinal cord injury // Nature Medicine. – 2016. – Январь. – С. 1–7.
3. Courtine G., Roy R., Hodgson J. Kinematic and EMG Determinants in Quadrupedal Locomotion of a Non-Human

Primate (Rhesus) // J Neurophysiol. – vol. 93. – Июнь 2005.- С. 3127–3145.

4. Fairchild Semiconductor Corporation, “FIS1100 AttitudeEngine™ Low Power Motion Co-Processor for High Accuracy Tracking Applications” www.fairchildsemi.com, rev. 1.1, pp. 1–13, July 2016.

5. Fairchild Semiconductor Corporation, “XKF3 – Low-Power, Optimal Estimation of 3D Orientation using Inertial and Magnetic Sensing” www.fairchildsemi.com, rev. 1.1, cc. 1–10, Июль 2016.

*Секция «Агробиотехнологии и менеджмент качества сельскохозяйственного сырья и продовольственных товаров»,
научный руководитель – Глотова И.А., д-р техн. наук, доцент*

УДК 637.523:637.55

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЯСА КРОЛИКА В ТЕХНОЛОГИИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Бузуверова Ж.О., Рязанцев М.С., Курчаева Е.Е., Максимов И.В.

*Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

В современном обществе в последнее время становятся актуальными вопросы, касающиеся не только нехватки в рационе населения пищевого белка, также проблемы нерационального питания, недостаточного поступления с пищей в организм человека витаминов и минеральных веществ, ожирение, что становится причиной ухудшения здоровья детей и взрослых. Все перечисленные факторы обращают внимание потребителей и производителей на мясопродукты диетического назначения. В связи с этим, с целью увеличения объемов производства высококачественных сбалансированных мясных продуктов, расширения ассортимента диетических продуктов функционального назначения необходимо использовать новые источники нетрадиционного сырья, отвечающего всем требованиям. Одним из таких перспективных направлений является использование мяса кролика. Нами были изучены функционально-технологические свойства мясных фаршей, полученных на основе мяса птицы и мяса кролика ручной обвалки. Исходя из полученных данных установлено, что оптимальной является замена мяса птицы в рецептуре структурированного колбасного продукта мясом кролика в количестве 50%, что подтверждается увеличением таких показателей, как влагосвязывающая способность, влаго- и жирудерживающая способность. Полученные экспериментальные данные легли в основу создания рецептуры ветчинно-рубленой колбасы «Калачеевская». Органолептические показатели разработанного продукта отвечают требованиям, предъявляемых к данному виду колбасных изделий. Таким образом, в результате проведенных исследований был получен диетический ветчинный продукт с высокими потребительскими свойствами и пищевой ценностью за счет замены части мясного фарша на мясо кролика.

Ключевые слова: мясо кролика, колбасные изделия, белок

USE OF RABBIT MEAT IN TECHNOLOGY OF STRUCTURED SAUSAGE PRODUCTS

Busuverova Z.O., Ryazantsev M.S., Kurchaeva E.E., Maksimov I.V.

*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

In modern society, issues concerning not only shortage of food protein in the diet, problems of irrational nutrition, insufficient intake of vitamins and minerals from the human body, obesity, become a cause of deterioration in the health of children and adults. All these factors draw the attention of consumers and producers to meat products for dietary purposes. In this regard, in order to increase the production of high-quality balanced meat products, expand the range of dietary products of a functional purpose, it is necessary to use new sources of non-traditional raw materials that meet all the requirements. One of these promising areas is the use of rabbit meat. We have studied the functional and technological properties of minced meat obtained on the basis of poultry meat and rabbit meat, manual bonings. Based on the data obtained, it was found that the optimal replacement of poultry meat in the formulation of a structured sausage product with rabbit meat in an amount of 50%, which is confirmed by an increase in such indicators as moisture binding capacity, moisture and fat retention ability. The obtained experimental data formed the basis for creating a recipe for ham-chopped sausage «Kalacheevskaya». Organoleptic indicators of the developed product meet the requirements for this type of sausage products. Thus, as a result of the studies, a dietary ham product with high consumer properties and nutritional value was obtained by replacing part of the minced meat with rabbit meat.

Keywords: rabbit meat, sausages, protein

Приоритетный национальный проект «Развитие АПК на 2013 – 2020 гг.», ориентирован, прежде всего, на развитие птицеводства, свиноводства и скотоводства. В связи со сложной ситуацией в АПК России и Краснодарском крае в частности, возникшей в свиноводстве из-за угрозы возникновения АЧС, значительно возрастает интерес к альтернативной отрасли животноводства – кролиководству, развитие которой

поддерживается и администрацией Воронежской области.

В отличие от мирового промышленного кролиководства – кролиководство России все еще остается любительским и направлено на удовлетворение личных потребностей населения в продуктах питания. Практически 99% поголовья кроликов сосредоточено в личных подсобных хозяйствах, где их выращивают по старинке, без примене-

ния современных технологий содержания и кормления, что не позволяет надеяться на существенный рост поголовья этих животных и насыщение рынка их мясом [8].

В рационе человека мясо должно присутствовать в достаточных количествах, так как является источником полноценного белка, а также ценных жиров животного происхождения, витаминов, микро- и макроэлементов. Научно доказано, что человек в год должен потреблять не менее 81 кг мяса для активного развития организма [3]. К сожалению, данный показатель во многих странах мира ниже нормы, что ставит эту проблему на глобальный уровень.

В современном обществе в последнее время становятся актуальными вопросы, касающиеся не только нехватки в рационе населения пищевого белка, также проблемы нерационального питания, недостаточного поступления с пищей в организм человека витаминов и минеральных веществ, ожирение, что становится причиной ухудшения здоровья детей и взрослых. Все перечисленные факторы обращают внимание потребителей и производителей на мясопродукты диетического назначения.

В связи с этим, с целью увеличения объемов производства высококачественных сбалансированных мясных продуктов, расширения ассортимента диетических продуктов функционального назначения необходимо использовать новые источники нетрадиционного сырья, отвечающего всем требованиям. Одним из таких перспективных направлений является использование мяса кролика.

Кроличье мясо отличается тонковолокнистостью и высокой влагосвязывающей способностью. Оно нежное, содержит мало соединительных тканей, что повышает пищевую ценность и усвояемость белков мяса [2, 10, 11]. Мясо кролика – это безопасное, экологически чистое диетическое мясо.

В нем отмечается низкое содержание холестерина – 25 мг на 100 г мяса, тогда как в курином мясе – 35–106 мг на 100 г мяса [4].

Крольчатина отличается большим содержанием белка – около 20%, усвояемость которого составляет 96%, на жир приходится 6–8%. Энергетическая ценность 100 г крольчатины составляет около 183 ккал. Биологическая ценность белка мяса кроликов подтверждается также содержанием 19 аминокислот, в том числе всех незаменимых [4, 5].

Особенность мяса кроликов в том, что оно содержит минимальное количество азотистых соединений и пуриновых оснований, его высокая биологическая и пищевая ценность связана с содержанием широкого набора витаминов (холин, РР, С, Е, витамины группы В) и минеральных веществ (железо, магний, фосфор, кобальт, цинк, медь, калий и др.), на которые в мышечной ткани приходится 1–1,5% [7, 5].

Цель работы – изучение возможности замены части основного сырья на мясо кролика для повышения биологической и пищевой ценности мясных продуктов.

Задачи исследования заключались в изучении функционально-технологических свойств модельных фаршей для создания рецептуры продукта повышенной биологической ценности.

Экспериментальные исследования проводили в условиях кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, испытательной лаборатории АНО «НТЦ» «Комбикорм». Оценку качества сырья и готовой продукции проводили стандартными методами в соответствии с рекомендациями [1].

Нами были изучены функционально-технологические свойства (ФТС) мясных фаршей, полученных на основе мяса птицы и мяса кролика ручной обвалки. Результаты исследований ФТС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования ФТС мясных фаршей

Показатели ФТС мясных фаршей	Значение показателей ФТС (%) при соотношении компонентов мясо птицы : мясо кролика					
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	40:60
ВСС	45,9	51,6	56,7	63,4	68,2	59,4
ВУС	44,5	53,7	55,6	58,3	65,4	60,5
ЖУС	55,3	62,8	66,9	68,2	71,3	61,8

Исходя из полученных данных установлено, что оптимальной является замена мяса птицы в рецептуре структурированного колбасного продукта мясом кролика в количестве 50%, что подтверждается увеличением таких показателей, как влагосвязывающая способность, влаго- и жиросвязывающая способность.

Полученные экспериментальные данные легли в основу разработки рецептуры колбасы ветчинно-рубленной «Калачеевская».

В рецептуру ветчинно-рубленной колбасы вводили предварительно посоленную измельченную на кусочки размером 1,5 x 1,5 см куриной грудки в количестве 20% к массе мясного сырья и колбасный шпик с размером кусочков 6 x 6 мм в количестве 10% к массе основного сырья.

Образцы изделия кулинарной готовности представлены на рисунке. Органолептические показатели разработанного продукта отвечают требованиям, предъявляемых к данному виду колбасных изделий, и представлены в табл. 2.



Ветчинно-рубленная колбаса «Калачеевская»

Таблица 2

Органолептические показатели образцов колбасы ветчинно-рубленной «Калачеевской» и ветчины из мяса птицы

Показатель	Характеристика показателя	
	Ветчина из мяса птицы (контроль)	Ветчинно-рубленная колбаса «Калачеевская»
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая, без наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отеков	
Вид на срезе	Кусочки мышечной ткани неопределенной формы светло-розового цвета, с видимыми включениями специй, при нарезании не распадаются	
Консистенция	Плотная	
Вкус и запах	Свойственный данному виду продукта, со слабовыраженным ароматом пряностей, без посторонних привкуса и запаха, вкус слабосоленый	

Таким образом, в результате проведенных исследований был получен диетический ветчинный продукт с высокими потребительскими свойствами и пищевой ценностью за счет замены части мясного фарша на мясо кролика.

Список литературы

1. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова. – М.: КолосС, 2007. – 376 с.
2. Кролиководство: учебник для студентов высш. учеб. заведений / Н.А. Балакирев, Е.А. Тинаева, Н.И. Тинаев, Н.Н. Шумилина. – М.: КолосС, 2007. – 232 с.
3. Мартемьянова Л.Е. Перспективы расширения ассортимента колбасных изделий / Л.Е. Мартемьянова, Ю.А. Задворнов // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: сб. науч. тр. конференции – 2017. – С. 362–363.
4. Плетенева Т.А. Крольчатина на прилавках г. Екатеринбурга / Т.А. Плетенева // Молодежь и наука. – 2016. – №2. – С. 35–38.
5. Рулева Т.А. Крольчатина как диетический продукт. Ее химический состав и органолептические свойства / Т.А. Рулева // Инновационная наука. – 2016. – №3–4. – С. 61–64.
6. Царегородцева Е.В. Создание мясoproдуктов с заданным уровнем качества, пищевой и биологической ценностью / Е.В. Царегородцева // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2015. – №2. – С. 63–67.
7. Шинкарева С.В. Производство реструктурированных ветчин из нетрадиционного сырья с введением растительного компонента / С.В. Шинкарева, О.А. Княжеченко, В.В. Бузова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – №2–1(22). – С. 87–89.
8. Царегородцева Е.В. Диетические свойства мяса кролика и деликатесов из крольчатины // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – №. – С.277–282.
9. Волкова О.В. Оценка потребительских свойств деликатесов из мяса кролика / О.В. Волкова, К.С. Есенбаева // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – №132. – С.231–238.
10. Волкова О.В. Сыровяленые продукты из мяса кроликов / О.В. Волкова, К.С. Есенбаева // Известия ОГАУ. – 2017. – №5 (67). – С.189–191.
11. Рулева Т.А. Крольчатина как диетический продукт. Ее химический состав и органолептические показатели // Инновационная наука. – 2016. – №3–4 (15). – С.61–64.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ОБОГАЩЕННОГО СОСТАВА

Гайдай С.А., Максимов И.В., Курчаева Е.Е.

*Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

Перспективным направлением в производстве мягких сыров является использование в технологическом процессе пищевых волокон. К примеру, использование свекловичных пищевых волокон в количестве 0,8% от исходного количества молочной смеси позволяет увеличить выход готового продукта на 5–7%, а также улучшить качественные характеристики и увеличить срок хранения. Использование с пищевыми волокнами тонкоизмельченных растительных компонентов, что придает сыру дополнительные функциональные свойства. Использование в пище структурных веществ клеточных стенок имеет большое значение. Пищевые волокна (клетчатка) представляют собой сложные неперевариваемые углеводы. В результате фактического потребления пищевых волокон населением снизилось в 2–3 раза по сравнению с нормой. Вместо 30–35 г в сутки среднестатистический человек съедает их не более 10–15 г. Исследованиями современной медицины установлено, что недостаток пищевых волокон в пище приводит к нарушению динамического баланса внутренней среды человека и является фактором риска многих заболеваний, в том числе гастроэнтерологических. С целью получения обогащенного сырного продукта был произведен поиск способа внесения пищевых волокон в молочную основу для равномерного распределения пищевых волокон по всему объему сыра, так как при завершении процесса перемешивания с нормализованной смесью их значительная часть оседает на дне емкости. Для устранения недостатка был изучен процесс иммобилизации пищевых волокон в смесь используемых биополимеров. В ходе эксперимента в сырный продукт вносили различные массовые доли пищевых волокон, иммобилизованные на биополимерах – пектине и желатине, взятых в соотношении 05:1 и 1:1. На основе серии предварительных опытов установлена оптимальная дозировка пищевых волокон к массе биополимеров, взятых в соотношении 1:1 составила 10,0%. Наилучшими органолептическими показателями обладали пленки биополимеров с пшеничными пищевыми волокнами, которые и были использованы в дальнейших исследованиях. В результате разработана технология производства мягкого сыра с пищевыми волокнами. Вырабатываемые сыры имеют массовую долю жира в сухом веществе $45 \pm 1,6\%$, массовую долю влаги не более 62%, массовую долю соли не более 2,0%.

Ключевые слова: сырный продукт, пищевые волокна, желатин, молоко

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF SOFT CHEESE OF ENRICHED COMPOSITION

Gaydai S.A., Maksimov I.V., Kurchaeva E.E.

*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

The promising direction in the production of soft cheeses is the use of food fibers in the process. For example, the use of sugar beet fiber in an amount of 0,8% of the initial amount of the milk mixture allows to increase the yield of the finished product by 5–7%, as well as improve the quality characteristics and extend the shelf life. The use of finely ground vegetable components with food fibers, which gives the cheese additional functional properties. The use in the food of structural substances of cell walls is of great importance. Dietary fiber (fiber) are complex non-digestible carbohydrates. As a result, the actual consumption of dietary fiber by the population decreased by 2–3 times in comparison with the norm. Instead of 30–35 grams per day, the average person eats them no more than 10–15 g. Studies of modern medicine found that the lack of dietary fiber in food leads to a violation of the dynamic balance of the human internal environment and is a risk factor for many diseases, including gastrointestinal. In order to obtain an enriched cheese product, a search was made for a method for introducing dietary fibers into the milk base to distribute the food fibers uniformly throughout the cheese volume, since at the completion of the mixing process with the normalized mixture, a considerable part of them is deposited at the bottom of the container. To eliminate the disadvantage, the process of immobilization of dietary fibers into a mixture of biopolymers used was studied. In the course of the experiment, various mass fractions of dietary fibers immobilized on biopolymer-pectin and gelatin, taken in the ratio of 05: 1 and 1: 1, were introduced into the cheese product. Based on a series of preliminary experiments, the optimal dosage of dietary fiber to the mass of biopolymers, taken in a ratio of 1: 1, was 10.0%. The best organoleptic indicators were films of biopolymers with wheat fiber, which were used in further studies. As a result, a technology for producing soft cheese with food fibers has been developed. The produced cheeses have a mass fraction of fat in dry matter of $45 \pm 1.6\%$, a mass fraction of moisture of not more than 62%, a mass fraction of salt of not more than 2,0%.

Keywords: cheese product, dietary fiber, gelatin, milk

Перспективным направлением в производстве мягких сыров является использование в технологическом процессе пищевых волокон. К примеру, использование свекловичных пищевых волокон в количестве 0,8% от исходного количества молочной

смеси позволяет увеличить выход готового продукта на 5–7%, а так же улучшить качественные характеристики и увеличить срок хранения. Использование с пищевыми волокнами тонкоизмельченных растительных компонентов, что придает сыру допол-

нительные функциональные свойства. [3, 4–5, 7]. Использование в пище структурных веществ клеточных стенок имеет большое значение. Пищевые волокна (клетчатка) представляют собой сложные не перевариваемые углеводы. В результате фактическое потребление пищевых волокон населением снизилось в 2–3 раза по сравнению с нормой. Вместо 30–35 г в сутки среднестатистический человек съедает их не более 10–15 г. Исследованиями современной медицины установлено, что недостаток пищевых волокон в пище приводит к нарушению динамического баланса внутренней среды человека и является фактором риска многих заболеваний, в том числе гастроэнтерологических.

Целью работы является разработка технологии мягкого сырного продукта, обогащенного пищевыми волокнами, иммобилизованными на биополимерах растительного и животного происхождения.

С целью получения обогащенного сырного продукта был произведен поиск способа внесения пищевых волокон в молочную основу для равномерного распределения пищевых волокон по всему объему сыра, так как при завершении процесса перемешивания с нормализованной смесью их значительная часть оседает на дне емкости. Для устранения недостатка был изучен процесс иммобилизации пищевых волокон в смесь используемых биополимеров [6].

Биополимеры обладают уникальными способностями загущения, студнеобразования, влагоудержания и стабилизации структурно-сложных систем. Для исследования

выбраны биополимеры натурального животного и растительного происхождения: желатин и пектин.

Совместное использование пектина и желатина на данный момент изучено недостаточно, что позволяет считать проведение исследований актуальным.

В ходе эксперимента в сырный продукт вносили различные массовые доли пищевых волокон, иммобилизованные на биополимерах – пектине и желатине, взятых в соотношении 05:1 и 1:1. На основе серии предварительных опытов установлена оптимальная дозировка пищевых волокон к массе биополимеров, взятых в соотношении 1:1 составила 10,0%. Наилучшими органолептическими показателями обладали пленки биополимеров с пшеничными пищевыми волокнами, которые и были использованы в дальнейших исследованиях.

Просушенные при 190–180°C в течение 5–7 мин пищевые волокна охлаждаются до 20°C. Затем через специальный дозатор при перемешивании вносятся в смесь биополимеров при $t = 40^\circ\text{C}$. Полученный раствор дозируется слоями в формы, которые выдерживают в течение 15–20 мин для получения пленок. Перед внесением в нормализованную пастеризованную смесь пленки измельчают и вносят при перемешивании в заквашенную смесь.

В табл. 1 представлены данные по влиянию иммобилизованных пищевых волокон на продолжительность кислотно – сычужного свертывания молока.

Характеристика состояния получаемых сгустков и сыворотки представлена в табл. 2.

Таблица 1

Продолжительность кислотно-сычужного свертывания молока с различным составом жировой фазы

Количество пищевого волокна, %	Продолжительность кислотно-сычужного свертывания, мин
10,0	40
7,5	45
5,0	54
2,5	58
0	65

Таблица 2

Характеристика кислотно-сычужных сгустков и сыворотки в зависимости от количества введенных пищевых волокон в молоке

Номер опыта	Характеристика	
	Сгусток	Сыворотка
1	Плотный	Зеленовато – желтая, прозрачная
2	Плотный	Зеленовато – желтая, прозрачная
3	Рыхлый	Зеленовато – желтая, слегка мутная
4	Слабый	Зеленовато – желтая, мутная
5	Слабый	Зеленовато – желтая, мутная

В результате разработана технология производства мягкого сыра с пищевыми волокнами.

Технологический процесс осуществлялся следующим образом. Молоко коровье сырое подогревали до $(45 \pm 1)^\circ\text{C}$, затем нормализовали. Нормализованную смесь пастеризовали при $(82 \pm 2)^\circ\text{C}$, охлаждали до температуры заквашивания $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$. Перед свертыванием в нормализованную смесь вносят бактериальную закваску из штаммов мезофильных молочнокислых стрептококков в количестве 2,5% от массы нормализованной смеси.

После нарастания кислотности смеси до $23...25^\circ\text{T}$ вносят хлорид кальция в виде водного раствора из расчета 10...40 г сухой соли на 100 кг нормализованной смеси, измельченные пленки биополимеров с пищевыми волокнами в количестве 5% от массы нормализованной смеси, молокосвертывающий препарат в количестве 2,0...2,5 г на 100 кг смеси. Молоко с внесенными компонентами вымешивают в течение 4...6 мин и оставляют в покое для свертывания. Продолжительность свертывания колеблется от 30 до 40 мин. Готовый сгусток должен быть плотным, иметь на разрезе острые края и выделять небольшое количество прозрачной сыворотки.

После этого сгусток осторожно нарезают для получения частиц с размерами грани от 20 до 30 мм, вымешивают в течение 8...12 мин. В тех случаях, когда по каким-либо причинам нормальная обсушка зерна задерживается, его подогревают до температуры 37°C , не прекращая перемешивания, а затем производят вымешивание в течение 30...35 мин. В конце вымешивания проводят отбор сыворотки, после чего добавляют поваренную соль из расчета 100 г на 100 кг смеси. Перед формованием удаляют остатки сыворотки. Сырную массу перемешивают,

после чего зерно вымешивают 10 – 15 мин, а затем равномерно распределяют по формам. Общая продолжительность самопрессования составляет 5 ч при периодическом перемешивании. В начале самопрессования в течение 2,0...2,5 ч процесс проводят при температуре помещения 20°C с переворачиванием через каждые 15...25 мин, а затем через каждые 1,5...2,0 ч до конца самопрессования при температуре не выше 6°C . К концу самопрессования сыр приобретает необходимую форму, а его тесто становится достаточно монолитным.

Для получения 1 т мягкого кислотно-сычужного сыра с иммобилизованными пищевыми волокнами необходимо 3872 кг цельного молока жирностью 3,5%; обезжиренного молока 2581 кг; закваски 131 кг; соли 34 кг; фермента 0,113 кг; хлорида кальция 2,24 кг; иммобилизованных пищевых волокон 568 кг.

Вырабатываемые сыры имеют массовую долю жира в сухом веществе $45 \pm 1,6\%$, массовую долю влаги не более 62%, массовую долю соли не более 2,0%.

Мягкие кислотно-сычужные сыры, выработанные таким способом, обладают повышенной биологической и пищевой ценностью, обогащены пищевыми волокнами. Сыры за счет внесения пищевых волокон иммобилизованных на биополимерах обладают лечебно-профилактическими и диетическими свойствами. Содержание пищевых волокон в 100 г продукта составляет около 25%, что удовлетворяет суточную потребность в их употреблении. Использование пищевых волокон в качестве пищевой добавки в производстве сыра придает продукту функциональную значимость. Пищевые волокна, вносимые в количестве 0,3–0,8%, позволяют увеличить выход готового продукта на 5–7%, способствуют продлению срока годности и сохранению свежести сыра.

Список литературы

1. Крусъ Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев; Под ред. А.М. Шалыгиной. – М.: КолосС, 2007. – 455 с.
2. Патент РФ № 2289934, МПК А23С19/076. Способ получения комбинированного мягкого сыра / Юрченко Н.А., Остроумов Л.А., Захарова Л.М., Журбина Т.С.; патентообладатель ГНУ «Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции» (СибНИИПТИП). – № 2004122948/13, заявл. 13.07.2004, опубл. 27.12.2006, Бюл. №36.
3. Патент РФ № 2491824, МПК А23С19/076. Способ производства мягкого сыра с функциональными свойствами / Рылкина Н.Н., Вобликов Т.В.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Левый берег». – № 2012124395/10, заявл. 13.06.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. №25.
4. Патент РФ № 2285425, МПК А23С19/068, А23С19/076. Способ получения комбинированного мягкого сыра / Юрченко Н.А., Кильмухаметова О.И., Лисиченок О.В., Лунова Н.М.; патентообладатель ГНУ «Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции» (СибНИИПТИП). – № 2004113184/13, заявл. 13.04.2004; опубл. 20.10.2006, Бюл. №29.
5. Патент РФ № 2509474, МПК А23С19/076. Способ производства мягкого кислотно-сычужного сыра / Вобликова Т.В.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Вершина-Юг» ООО «Вершина-Юг». – № 2012102495/10, заявл. 26.01.2012; опубл. 20.03.2014, Бюл. №8.
6. Смирнова И.А. Современные тенденции развития сыродельной отрасли в регионах несировпригодного молока // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО «Омский ГАУ». – Омск, 2016. – С. 35–42.
7. Разработка технологии производства сыров из козьего молока // Переработка молока. – 2010. – № 8. – С. 34–35.
8. ГОСТ 32263 – 2013 Сыры мягкие. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014 – 15 с.
9. Остроумов Л.А. Особенности и перспективы производства мягких сыров / Л.А. Остроумов, И.А. Смирнова, Л.М. Захарова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №4 (39). – С. 80–86.
10. Макарова Е. А. Современная технология мягкого сыра для фермеров Сибирского региона / Е.А. Макарова, Н.Б. Гаврилова // Вестник ОмГАУ. – 2016. – №3 (23). – С.230–234.

УДК 663.1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОСУБСТРАТЫ В ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**Глотова И.А., Кубасова А.Н., Бурлуцкая Е.Ю., Котлярова Л.П.,
Бокова Л.С.***Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

Повышение цен на энергоносители, снижение уровня добычи нефти, газа и угля остро ставят вопрос о кардинальном пересмотре инвестиционной и технической политики в области энергосберегающих технологий и использовании нетрадиционных источников энергии, в том числе, развитии «малой энергетики». В этом отношении большой интерес представляют технологии производства биоэтанола из возобновляемых биосубстратов. Цель работы – исследование биохимических особенностей и естественной микрофлоры местных перспективных биосубстратов для получения биоэтанола. В качестве возобновляемых энергоресурсов для производства биоэтанола рассмотрены помет кроликов, жмыхи и шроты масличных культур после глубокого фракционирования и извлечения белковых фракций с высокой биологической ценностью. Превалирующими компонентами в составе помета кроликов являются глюкоза (10,37%) и целлюлоза (10,4%). Благополучными с точки зрения санитарно-гигиенических показателей и не уступающими по биохимическому составу рассмотренному биообъекту субстратами для получения биоэтанола являются жмыхи и шроты масличных культур после фракционирования с применением комплексов гидролитических ферментов.

Ключевые слова: биосубстрат, биоэтанол, помет кролика, жмых, шрот, масличные культуры**PERSPECTIVE BIOSUBSTRATES IN RECYCLING TECHNOLOGY RENEWABLE ENERGY RESOURCES****Glotova I.A., Kubasova A.N., Burlutskaya E.Y., Kotlyarova L.P.,
Bokova L.S.***Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

The rise in energy prices and the decline in oil, gas and coal production pose an urgent question of a fundamental review of investment and technical policies in the field of energy-saving technologies and the use of non-traditional energy sources, including the development of «small energy». In this regard, great interest are the production technologies of bioethanol from renewable biological substrates took place. The aim of the work was to study biochemical characteristics and natural microflora of local promising biological substrates took place for bio-ethanol production. As renewable energy resources for the production of bioethanol is considered a litter of rabbits, oilcakes and oilseed meal after deep fractionation and isolation of protein fractions with high biological value. The predominant components in the composition of the droppings of rabbits are glucose (10.37 percent) and cellulose (10.4 percent). Prosperous from the standpoint of sanitary and hygienic indicators and results obtained in the biochemical composition of the examined biological object substrates for bio-ethanol production are oilcake and oilseed meal after fractionation with the use of the complexes of hydrolytic enzymes.

Keywords: biosubstrate, bioethanol, rabbit droppings, oilcake, meal, oilseeds

Расширение ассортимента и объема выпуска продуктов высокой пищевой и биологической ценности с использованием местных сырьевых ресурсов является одним из важнейших направлений государственной политики в области здорового питания.

В настоящее время дефицит белка занимает наиболее важное место в мировой продовольственной проблеме. Это, прежде всего, обусловлено исключительно важной ролью белка в построении и функционировании организма человека. Белки, кроме того, являются наиболее дорогостоящим и дефицитным компонентом рационов питания.

Одним из реальных резервов является использование мяса кроликов. В настоящее время в Воронежской области имеются

крупные кролиководческие фермы, расположенные в Аннинском районе, п. Пригородном (г. Воронеж) и районах области. Аналогичные тенденции отмечаются и в других регионах России. Намечаются устойчивые тенденции развития кролиководства, требующие расширения ассортимента продуктов на основе рациональных схем разделки тушек, научно обоснованных режимов их переработки и хранения. Сопряженной проблемой является обеспечение комплексных и безотходных технологий переработки продукции кролиководческих ферм, включая отходы содержания кроликов.

Повышение цен на энергоносители, снижение уровня добычи нефти, газа и угля остро ставят вопрос о кардинальном пересмотре инвестиционной и технической по-

литики в области энергосберегающих технологий и использовании нетрадиционных источников энергии, в том числе, развитии «малой энергетики». В этом отношении большой интерес представляют технологии производства биоэтанола, особенно в сельском хозяйстве, в том числе и в кролиководстве.

Технология производства биоэтанола – это наиболее радикальный, экологически чистый, безотходный способ переработки, утилизации и обезвреживания органических отходов растительного и животного происхождения. Биоэтанол – топливо, продукт анаэробного микробиологического разложения органических веществ. Эти технологии одновременно решают четыре проблемы: 1) экологически безопасную утилизацию органических отходов; 2) энергетическую (получение топлива); 3) агрохимическую (получение экологически безопасных удобрений для повышения плодородия почв); 4) социальную – улучшение условий труда и быта людей. Технически реализация биоэтанольных технологий достаточно проста, и они могут применяться в широком диапазоне – от крестьянского подворья до крупных сельхозпредприятий. Технологии производства биоэтанола открывают широкие возможности для получения топлива в любой «глубинке», удаленной от линии электропередач, нефте- и газопроводов, авто- и железнодорожных магистралей [2].

Цель работы – исследование биохимических особенностей и естественной микрофлоры местных перспективных биосубстратов для получения биоэтанола (помет кроликов, жмыхи и шроты масличных культур после глубокого фракционирования и извлечения белковых фракций с высокой биологической ценностью).

При изучении общего химического состава кроличьего помета важной информацией являются данные о составе комбикорма и степени биоконверсии входящих в него биополимеров. Состав комбикорма включает следующие компоненты при их количественном содержании, %: кукуруза – 5,0; пшеница – 18,2; ячмень – 25; овес – 10; просо – 13; отруби – 15; шрот – 5; травяная мука – 5; дрожжи кормовые – 1,2; мел – 1,0; соль – 0,4. В состав комбикорма входят также витамины: А, Е, РР, витамины группы В; соли меди, железа, кобальта, марганца, цинка, йода. Исходя из этой информации, с учетом известного процента конверсии биополимеров в желудочно-кишечном тракте кролика следует предположить, что в состав помета входят компоненты биополимерного характера.

Результаты экспериментальных исследований помета кроликов представлены в таблице, откуда видно, что преобладающими компонентами являются углеводы и белок. При этом значительная доля приходится на глюкозу (10,37%) и целлюлозу (10,4%).

Состав и свойства помета кроликов

Показатель	Значение показателя
Глюкоза, %	10,370,1
Крахмал, %	4,30,2
Газообразование, см ³ СО ₂	20,2
Кислотообразование, °Т	70,5
Аминный азот, %	1,530,01
Общий белок, %	12,50,01
Целлюлоза	10,40,1

Это весьма важная информация, так как, с одной стороны, в помете кроликов уже присутствует большое количество глюкозы как главного субстрата в процессах брожения, а с другой – присутствие значительной доли целлюлозы требует перевода потенциального субстрата в усвояемую форму для увеличения сбраживаемых сахаров. Обращает на себя внимание большое количество белков (12,5%) и аминокислот. Присутствие крахмала (4,3%) так же требует его конверсии в усвояемую форму.

Улучшение состава помета кроликов может быть достигнуто путем гидролиза. По мнению многих ученых предпочтительнее отдается ферментативному гидролизу. Ферменты синтезируются бродильной микрофлорой, а в случае отсутствия биохимической активности – путем внесения ферментативных препаратов перед брожением. Кроме этого в помете содержится 2,2% натрия, 1,8% оксида фосфора, 1,1% оксида калия, 2,4% оксида кальция. В термически высушенном виде всего этого вдвое больше. Кроме того, кроличий помет содержит массу микроэлементов. На 100 г сухого вещества приходится 15–38 мг марганца, 12–39 мг цинка, 1–1,2 мг кобальта, 1–2,5 мг меди и 300–400 мг железа. Таким образом, кроличий помет представляет интерес как субстрат для получения биоэтанола.

Известно, что микробный состав кроличьего помета представлен различного

рода бактериями (в частности кишечная палочка), плесневыми грибами, гнилостными и многими другими микроорганизмами. Они играют большую роль в переработке и перегнивании навоза. Однако состав микрофлоры непостоянен и зависит от возраста, содержания кроликов, состава корма. В природе находятся огромное количество различных грибов как в виде спор, так и в виде физиологически активного мицелия. Большая часть из них – сапрофиты, которые играют важнейшую роль в процессах почвообразования, круговорота веществ в природе: начинают разрушение таких стойких соединений как гумус, лигнин, дубильные вещества, клетчатку, делая возможным дальнейшее их использование другими организмами. Псевдомицелий представлен на рис. 1.

В ходе экспериментов установили, что в кроличьем помете находятся плесневые грибы. Плесневые грибы могут развиваться при влажности окружающей среды 10–15%, pH 1,1–11, высоком осмотическом давлении, а отдельные виды – при ограниченном доступе кислорода. Вызывают глубокий распад белков, разлагают жиры до жирных кислот и альдегидов и обладают ферментативной активностью. Для мицелиев глюкоза является субстратом, следовательно, при получении биоэтанола необходимо продукт подвергнуть пастеризации.

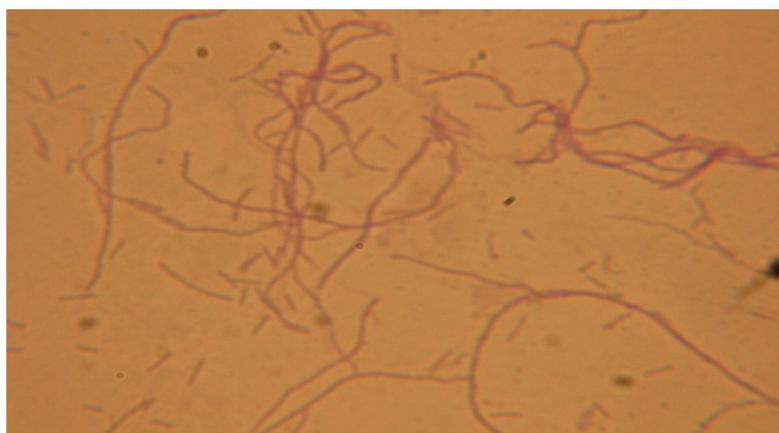
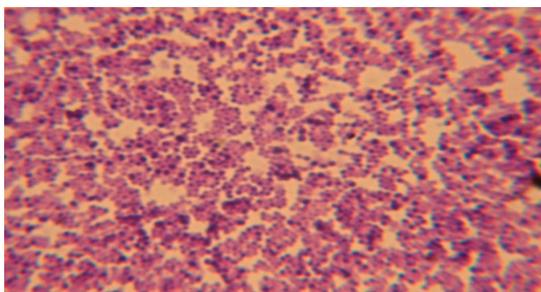


Рис. 1. Псевдомицелий

a



б

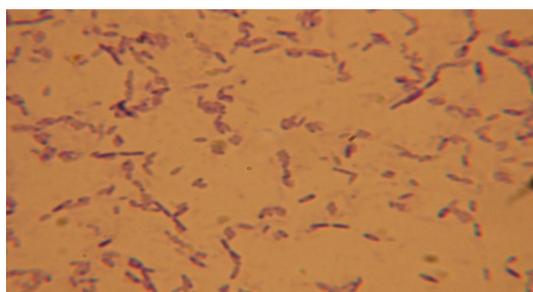


Рис. 2. Дрожжеподобные (а) и палочковидные (б) микроорганизмы

Дрожжевая микрофлора – неотъемлемая часть кроличьего помета. При исследовании бродильной микрофлоры установили, что они представлены дрожжеподобными клетками. Клетки дрожжей имеют круглую форму разного размера. На поверхности субстратов живут за счет окисления спиртов, сахаров, органических кислот. Продуктами обмена являются этиловый, бутиловый, и амиловый спирты. В биотехнологии широко используют для получения этилового спирта. Дрожжевая микрофлора представлена на рис. 2а.

Дрожжи – это факультативные анаэробы, лучше развиваются в кислой среде, оптимальная температура роста 20 – 30°C, но многие отдельные виды развиваются и при температуре минус 10°C. Вегетативные формы дрожжей погибают при 60–65°C, а споры – при 70–75°C. Следовательно дрожжи необходимы для сбраживания углеводов, сбраживание суслу необходимо вести при температуре не выше 30°C.

К палочковидным микроорганизмам относятся бактерии группы кишечных палочек, в результате изменчивости которой в процессе эволюции сформировались самостоятельные виды патогенных и непатогенных бактерий. Кишечные палочки являются санитарно-показательными микроорганизмами – индикаторами фекального загрязнения продуктов, воды, оборудования, рук производственного персонала. Палочковидная микрофлора представлена на рис. 2б.

Более благополучными с точки зрения санитарно-гигиенических показателей и не уступающими по биохимическому составу рассмотренному биообъекту субстратами для получения биоэтанола являются жмыхи и шроты масличных культур после фракционирования с применением комплексов гидролитических ферментов [1–6].

Список литературы

1. Экзогенный биокатализ в решении проблемы рационального использования жмыха рапса / В.И. Манжесов, А.Н. Кубасова, Е.Е. Курчаева, М.Г. Сысоева, И.А. Глотова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 266.
2. Белова Е.И. Биотехнология комплексной переработки рапсового жмыха / Е.И. Белова, А.Н. Кубасова А.Н. // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2013. – № 1. – С. 68–72.
3. Модификация белковых фракций рапса и подсолнечника под действием экзогенных ферментных комплексов / Н.В. Королькова, А.Н. Кубасова, В.И. Манжесов, Е.Е. Курчаева, И.А. Глотова // Биотехнология: состояние и перспективы развития: Материалы IX международного конгресса. – 2017. – С. 276–278.
4. Биотехнологический потенциал и электрофоретическая подвижность белковых фракций в составе вторичных продуктов переработки масличных культур / А.Н. Кубасова, В.И. Манжесов, Н.А. Галочкина, И.А. Глотова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 275.
5. Ферментативная модификация вторичного сырья при переработке масличных культур / А.Н. Кубасова, И.А. Глотова, В.И. Манжесов, А.А. Малибеков // Актуальная биотехнология. 2014. – № 3 (10). – С. 127–128.
6. Технологии рециклинга продуктов переработки масличных культур / А.Н. Кубасова, В.И. Манжесов, А.А. Малибеков // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2014. – № 4 (9). – С. 74.

УДК 663.32:[543.63+634.11](470.32)

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО И ПЕРМАНГАНАТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТАНИНОВ В ЯБЛОЧНОМ СОКЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИДРА

Колтышева О.Ю., Соколова С.А., Дьяконова О.В., Колобаева А.А., Котик О.А.

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,

e-mail: glotova-irina65@mail.ru

Яблоки традиционно относятся к основным видам сырья для производства сидра. Благодаря высокому содержанию сахаров, органических кислот, дубильных веществ, витаминов, микроэлементов яблочный сок является оптимальным сырьём для производства сброженных напитков. Важнейшим критерием, определяющим пригодность плодового сырья для использования в производстве сидра, является содержание дубильных веществ, в том числе танина. Цель работы – апробация методик и сравнительная оценка результатов спектрофотометрического и перманганатометрического определения содержания танинов в растительном сырье на примере яблочного сока. Методами спектрофотометрии и перманганатометрии определено содержание танина в различных сортах яблок, используемых для производства сидра. При сравнении данных методов установлено, что наиболее объективным является метод спектрофотометрии. Полученные результаты позволяют рекомендовать использовать для производства сидра сорта яблок «Лигол» и «Россошанское полосатое», так как в них содержание танина наибольшее.

Ключевые слова: спектрофотометрия, перманганатометрия, дубильные вещества, танин, сидр, яблочный сок, сорт яблок

THE COMPARISON OF SPECTROPHOTOMETRIC AND PERMANGANATOMETRIC RESULTS OF DETERMINATION TANNINS CONTENT IN APPLE JUICE FOR THE PRODUCTION OF CIDER

Koltysheva O.Y., Sokolova S.A., Dyakonova O.V., Kolobaeva A.A., Kotik O.A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,

e-mail: glotova-irina65@mail.ru

Apples are traditionally the main raw materials for the production of cider. Apple juice is the best raw material for the production of fermented beverages as a result of high content of sugars, organic acids, tannins. The tannin content is an important criterion of the suitability of fruit raw material for use in the production of cider. The aim of this work consisted in testing methods and comparative assessment of results of determine the content of tannins by spectrophotometric and permanganometry methods in plant raw materials on the example of Apple juice. The content of tannins in various types of apples used for the production of cider is determined by methods of spectrophotometry and permanganometry. These methods were compared. It is established, that the method of spectrophotometry is the most objective. The obtained results make it possible to recommend the use of «Ligol» and «Rossoshan striped» apples for the production of cider, because they have the highest content of tannins.

Keywords: spectrophotometry, permanganometry, tannins, tannin, cider, apple juice, apple variety

Яблоки традиционно относятся к основным видам сырья для производства сидра. Благодаря высокому содержанию сахаров, органических кислот, дубильных веществ, витаминов, микроэлементов яблочный сок является оптимальным сырьём для производства сброженных напитков. В условиях стабильного роста интереса потребителей к традиционным русским напиткам, таким как квас, сидр, медовуха, актуальной задачей является исследование факторов, влияющих на технологию и показатели качества готового продукта. Важнейшим критерием, определяющим пригодность плодового сырья для использования в производстве сидра, является содержание дубильных веществ, в том числе танина.

Цель работы – апробация методик и последующее сравнение результатов спектро-

фотометрического и перманганатометрического определения содержания танинов в растительном сырье для такого объекта исследования как яблочный сок.

Спектрофотометрическое определение основано на образовании окрашенных в жёлтый цвет соединений при взаимодействии водного раствора танина с раствором молибдата аммония в кислой среде. Стандартный водный раствор танина был приготовлен из точной навески с последующим растворением и доведением до метки дистиллированной водой в мерной колбе на 100 мл. Затем аликвотная часть данного раствора объёмом 5 мл и 10 мл 2% раствора молибдата аммония были количественно перенесены в другую мерную колбу вместимостью 100 мл и доведены до метки дистиллированной водой. Концентрация

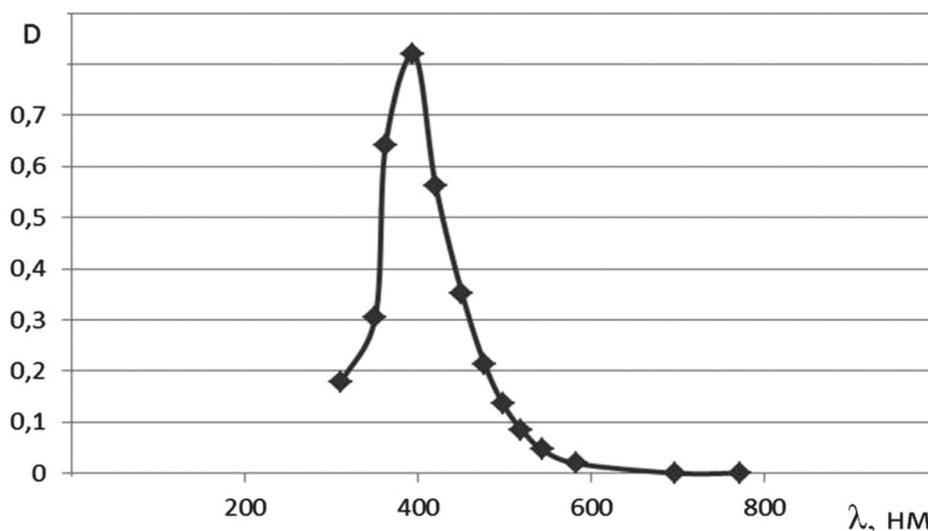
танина в приготовленном таким образом стандартном окрашенном растворе составила $4,8900 \cdot 10^{-5}$ г/мл. Определение оптической плотности осуществлялось при длине волны 395 ± 2 нм в соответствии со значением максимума на полученной нами спектральной характеристике для стандартного окрашенного раствора танина (рисунок). Это даёт возможность использовать длину волны 395 ± 2 нм в качестве аналитической для методики количественного определения танина. В качестве раствора сравнения был приготовлен раствор, состоящий из того же объёма стандартного раствора танина без добавления молибдата аммония, доведенного до метки дистиллированной водой в мерной колбе на 100 мл.

в тех же условиях: при длине волны 395 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения (с целью исключения влияния на оптическую плотность собственной окраски сока) использовали раствор, состоящий из 5 мл того же сока и дистиллированной воды, доведённой до метки в мерной колбе вместимостью 100 мл.

Содержание танинов (в г на 100 г яблок, или в массовых долях) рассчитывали по формуле

$$m = \frac{D_x \cdot c_{ст} \cdot V_{сока} \cdot k}{D_{ст}}$$

где D_x – оптическая плотность раствора, составленного из исследуемой аликвотной



Спектральная характеристика стандартного раствора танина

Были использованы кюветы с толщиной поглощающего слоя 20 мм для получения спектральной характеристики и 10 мм для дальнейшего измерения оптической плотности стандартного окрашенного раствора танина.

В мерную колбу объемом 100 мл вносили 5 мл отфильтрованного исследуемого сока, 10 мл 2% раствора молибдата аммония, доводили до метки дистиллированной водой. Через 15 минут измеряли оптическую плотность полученного окрашенного раствора

части яблочного сока с молибдатом аммония и водой; $c_{ст}$ – концентрация стандартного окрашенного раствора танина, г/мл; $V_{сока}$ – объём сока, полученный из 100 г яблок, мл; $D_{ст}$ – оптическая плотность стандартного окрашенного раствора танина, измеренная при толщине поглощающего слоя 10 мм, которая составила 0,501; k – коэффициент, учитывающий разбавление.

Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание танинов в различных сортах яблок по данным спектрофотометрии

Сорт яблок	Объём сока, полученный из 100 г яблок, мл	Оптическая плотность D	Масса танинов, мг/100 г яблок	Массовая доля танинов ω %
Призовое	63,3	0,247	320	0,032
Лигол	63,1	0,448	579	0,0579
Россошанское полосатое	60,4	0,329	407	0,0407
Острогожское	58,8	0,194	234	0,0234

Полученные результаты по порядку величины хорошо согласуются с данными по содержанию танинов в яблочном соке, представленными в работах [1–3].

Перманганатометрическое определение основано на лёгкой окисляемости танина перманганатом калия в присутствии кислого раствора индигокармина при комнатной температуре. В качестве титранта использовали стандартизированный по щавелевой кислоте 0,009535 н. раствор перманганата калия. Для приготовления раствора индигокармина 1 г его растворяли в 50 мл концентрированной серной кислоты, затем разбавляли дистиллированной водой в мерной колбе вместимостью 1 л.

В титровальную колбу помещали 2,50 мл раствора индигокармина, 2,50 мл исследуемого сока, доводили до метки дистиллированной водой до 150 мл. Титровали при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки раствором перманганата калия. Наблюдали переход цвета раствора от синего (через бирюзовый) до жёлтого. Титрование заканчивали при появлении золотисто-жёлтого окрашивания.

Параллельно проводили контрольный опыт. В титровальную колбу помещали 2,50 мл раствора индигокармина, 2,50 мл стандартного раствора танина приготовленного из точной навески 0,1027 г в 100 мл

воды, доводили до метки дистиллированной водой до 150 мл. Титровали при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки раствором перманганата калия также до появления золотисто-жёлтого окрашивания. В результате 1 мл стандартизированного раствора перманганата калия окисляет 0,000201373 г дубильных веществ в пересчете на танин. Титрование проводили до получения трёх сходящихся результатов, отличающихся не более чем на 0,05 мл. Из трёх сходящихся результатов рассчитывали среднее арифметическое значение объёма титранта, пошедшего на титрование. Содержание танинов (в г на 100 г яблок, или в массовых долях) рассчитывали по формуле:

$$m = \frac{V_{\text{KMnO}_4} c V_{\text{сока}}}{V_{\text{ал}}},$$

где V_{KMnO_4} – среднее арифметическое значение объёма стандартизированного раствора перманганата калия, пошедшего на титрование, мл; c – содержание танина, полученное в контрольном опыте, соответствующее 1 мл 0,009535 н. раствора KMnO_4 , г/мл; $V_{\text{сока}}$ – объём сока, полученный из 100 г яблок, мл; $V_{\text{ал}}$ – аликвотная часть исследуемого сока, мл.

Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание танинов в различных сортах яблок по данным перманганатометрии

Сорт яблок	Объём сока, полученный из 100 г яблок, мл	Объём титранта V_{KMnO_4} , мл	Масса танинов, мг/100 г яблок	Массовая доля танинов ω %
1. Призовое	63,3	7,50	382,4	0,03824
2. Лигол	63,1	11,55	587,0	0,05870
3. Россошанское полосатое	60,4	8,50	413,5	0,04135
4. Острогожское	58,8	6,30	298,3	0,02983

Метод перманганометрии рекомендован Государственной фармакопеей 11-го издания (ГФ XI) [4] как основной метод определения дубильных веществ. Однако он имеет ряд недостатков. Во-первых, нечёткий переход окраски титруемого раствора не позволяет объективно оценить точный момент изменения окраски, соответствующий конечной точке титрования. Поэтому при использовании перманганометрии очень сильно проявляется субъективность исследователя. Во-вторых, имеет место окисление перманганатом калия не только дубильных, но и других сопутствующих веществ [5], чем, собственно, и объясняются завышенные, по сравнению с СФ-измерениями, результаты титриметрического анализа.

Определение методом спектрофотометрии исключает наличие субъективных ошибок, поскольку в его основе лежит измерение оптической плотности раствора при определенной длине волны, то есть используются физические характеристики раствора. Но у СФ-метода также имеется недостаток. Поскольку разные виды дубильных веществ имеют разные максимумы поглощения [6], возникает необходимость предварительного получения спектральных характеристик при использовании различных стандартных растворов. Но, поскольку максимумы поглощения находятся в довольно небольшом диапазоне длин волн, отвечающем фиолетовому участку спектра, на абсолютном суммарном содержании танинов такой небольшой разброс не сказывается. Поэтому, на наш взгляд, метод спектрофотометрии является более объективным, чем

результаты методики перманганометрии. В соответствии с полученными данными среди рассматриваемых сортов наибольшее значение содержания танина отмечено в яблоках сортов «Лигол» и «Россошанское полосатое» 579 и 407 мг/100 г яблок соответственно, что позволяет рекомендовать указанные сорта яблок для производства сидра [7–9].

Список литературы

1. Киселева Н.А. Совершенствование технологии алкогольных напитков на основе сброженного натурального яблочного сока: Дис ... канд. техн. наук. – Самара: СГТУ, 2015. – 24 с.
2. Ляшенко Е.П. Полифенолы и ароматические вещества яблок и груш и изменение их в процессе консервирования: Автореф ... дис. канд. техн. наук. – Краснодар: КПИ, 1973. – 33 с.
3. Качество соков из яблок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/33948.html>.
4. Государственная Фармакопея СССР. – 11-е издание/ МЗ СССР. – Вып. 1: Общие методы анализа. – М.: Медицина, 1987. – 336 с.
5. Мухаметгалиев Н.Р. Сравнительный анализ содержания дубильных веществ в корневищах кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis* L.) / Н.Р. Мухаметгалиев, Г.И. Идрисова, Г.З. Гилязиева // Ученые записки казанского университета. – 2015. – Т. 157. – С. 58–68.
6. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае / Л.М. Федосеева // Химия растительного сырья. – 2005. – № 2. – С. 45–50.
7. Войцеховский В.И. Качество сидровых виноматериалов в зависимости от сорта яблок и расы дрожжей / В.И. Войцеховский, А.Е. Токарь, М.Б. Ребезов // Вестник ЮУрГУ. Сер. Пищевые биотехнологии. – 2014. – 203 с.
8. Салина Е.С. Пригодность некоторых сортов яблони селекции ВНИИСПК для производства сидра / Е.С. Салина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 32. – № 2. – С. 9–14.
9. Сидр из местного сырья Центрально-Черноземного района / А.А. Колобаева, Н.В. Королькова, О.А. Котик, И.А. Сорокина, Е.В. Панина, А.А. Ртищев // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 48–51.

УДК 664:637.1(076)

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Матюнина О.И., Манжесов В.И., Курчаева Е.Е.

*Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

Актуальной проблемой для аграрного сектора экономики является разработка интенсивных технологий переработки сельскохозяйственного сырья с целью повышения эффективности производства пищевых продуктов с заданными функциональными свойствами. Цель работы – обоснование выбора объектов побочного молочного и растительного происхождения для создания функциональных изделий в технологии комбинированных белоксодержащих продуктов широкого потребительского спроса, с последующим получением продуктов, обладающих высокой биологической ценностью. Особый интерес представляет производство белоксодержащих напитков, лидером среди которых служит молоко и жидкие фракции его переработки. В аспекте реализации безотходной технологии, особое значение приобретает разработка напитков на основе обезжиренного молока и пермеата. Изучены физико-химические характеристики вторичного сырья (пермеата) и растительного сырья (фейхоа), дана оценка биопотенциала их использования в технологии комбинированных функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: молочная сыворотка, пермеат, фейхоа, водный орех, напитки, функциональные продукты

MODERN APPROACHES TO THE CREATION OF FUNCTIONAL PRODUCTS POWER USING THE BY-PRODUCTS OF MILK PRODUCTION AND PLANT MATERIAL

Matyunina O.I., Manzhesov V.I., Kurchaeva E.E.

*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru*

A topical issue for the agricultural sector is the development of intensive technologies of processing of agricultural raw materials with the aim of increasing the efficiency of production of food products with desired functional properties. Purpose – justification of the choice of the object side of dairy and plant origin to create functional products in the technology of combined protein-containing products of wide consumer demand, followed by obtaining products with high biological value. Of particular interest is the production of protein-containing beverages, the leader of which is milk and liquid fraction processing. For the implementation of wasteless technology, the development of beverages based on skim milk and permeate is of particular importance. The authors studied the physico-chemical characteristics of secondary raw materials (permeates) and plant materials (feijoa). The authors estimated the biopotential of their use in the technology of combined functional foods

Keywords: milk whey, permeate, feijoa, water chestnut, beverages, functional foods

В соответствии с приоритетами в области переработки сырья и продуктов животного происхождения, обозначенными правительством РФ, намечены мероприятия по улучшению структуры питания с одновременным обеспечением безопасности пищевых продуктов.

Один из эффективных подходов в этом направлении состоит в создании функциональных продуктов. Перспективным сырьем для достижения поставленной цели служит вторичное сырье животного и растительного происхождения.

Поиск природных биологически активных соединений, способных повысить устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, поддерживающих и корректирующих здоровье, остается актуальной задачей.

Цель работы – обоснование выбора объектов побочного молочного и растительного происхождения для создания функциональных изделий в технологии комбинированных белоксодержащих продуктов широкого потребительского спроса, с последующим получением продуктов, обладающих высокой биологической ценностью.

В качестве источника растительного белка представляет интерес использование белка скорцонеры и чилима (водного ореха). Все части чилима содержат флавоноиды, дубильные вещества, разнообразные витамины, фенольные соединения, а также минеральные соли и полезные азотистые соединения. В плодах находится 7,5% жира, 15% белков, 3% сахара, 52% крахмала, углеводы. Водяной орех обладает антивирусным и противомикробным действием,

поэтому его применяют для повышения иммунитета и постстрессовой терапии. Растению в целом приписываются вяжущее, спазмолитическое, седативное, желчегонное, тонизирующее, потогонное и закрепляющее свойства.

Полезные свойства скорцонеры обусловлены входящими в ее состав биологически активными веществами. Так, в корнеплодах растения содержатся: сахараиды (около 20%); пектиновые вещества (до 2%); витамины С, В₁, В₂, Е и РР; Соли меди, калия, железа, марганца, фосфора, цинка, кальция. Однако к основным лечебным свойствам скорцонеры относят высокое содержание (около 10%) инулина, а также находящийся в них аспарагин и левулин, что делает этот корнеплод лекарством для больных диабетом. Аспарагин, содержащийся в корнеплодах, положительно влияет на работу сердца, а также способствует усилению деятельности почек.

В процессе обработки, конечно, неизбежны некоторые потери полезных веществ, но они не существенны. Особенностью фейхоа является высокое содержание йода – 1 кг содержит 2,06–3,9 мг. Плоды фейхоа богаты витаминами: С, В₂, В₃, В₅, В₆, РР. Фейхоа содержит легкоусвояемые белки и жиры, что позволяет отнести его к диетическим продуктам питания. Эфирные масла, содержащиеся в фейхоа, помогают организму сопротивляться от вирусов в период повышенной распространенности гриппа и ОРЗ. Кожура фейхоа богата кахетином, а также лейкоантоцином, которые являются мощнейшими антиоксидантами. Они помогают бороться с негативным влиянием окружающей среды на организм, профилактически защищает от образования раковых клеток.

В настоящее время одним из важных направлений в области здорового питания является создание технологий качественно новых пищевых продуктов с направленным изменением химического состава, соответствующим потребностям организма человека, в том числе продуктов направленного лечебно-профилактического действия, употребление которых благоприятно влияет на функциональное состояние, обмен веществ организма.

При переработке основных видов сырья животного происхождения образуются побочные, промежуточные продукты, а также отходы, которые имеют высокий биотехнологический потенциал и перспективы применения в производстве широкого спектра пищевых продуктов [1–3]. Особый интерес

представляет производство белокосодержащих напитков, лидером среди которых служит молоко и жидкие фракции его переработки. В аспекте реализации безотходной технологии, важное значение приобретает разработка напитков на основе обезжиренного молока и пермеата.

В качестве побочного молочного сырья будет использоваться пермеат. Пермеат представляет собой однородную жидкость желто-зеленым цветом, равномерным по всей массе. Вкус и запах – чистый, кислый, без посторонних привкусов и запахов. Сухие вещества пермеата представлены в основном молочным сахаром лактозой, на ее долю приходится до 80% всех сухих веществ. Аминокислотный состав пермеата представлен как незаменимыми, так и заменимыми аминокислотами, однако содержание аминокислот небольшое, что объясняется низким содержанием белка (0,25%). Биологическая ценность пермеата дополняется наличием почти всего комплекса витаминов. Состав минеральной части пермеата обусловлен катионами калия, натрия и магния. Из микроэлементов пермеата наибольший удельный вес занимают железо и цинк. Таким образом, можно сделать вывод, что наличие всех компонентов в оптимальном сочетании делает пермеат полноценной основой для производства напитков. Особую актуальность приобретает возможность использования в составе комбинированных продуктов чилима, фейхоа и скорцонеры с точки зрения повышения биологической и пищевой ценности продукции, а также снижения их себестоимости, что приведет к расширению круга потребителей функциональных продуктов. Разработка подходов и способов в реализации технологий таких продуктов представляет существенный научно-практический интерес.

Для использования плодов фейхоа в качестве источника физиологически функциональных пищевых ингредиентов была приготовлена дисперсия на основе измельченных плодов.

Показатели физико-химического состава дисперсии фейхоа представлены в таблице 1, откуда видно, что дисперсия фейхоа имела невысокое содержание сахаров (7,80 г/100 см) и отличалась высокой кислотностью за счет витамина С (14,67 г/дм³), что позволит использовать его совместно с более сладким ингредиентом – в нашем случае корнеплодами скорцонеры.

Углеводы плодов фейхоа представлены легкоусвояемыми для организма человека

фруктозой и глюкозой; их суммарное содержание находится в пределах 60–70% от общего количества сахаров [4]. Фракционный состав органических кислот дисперсии фейхоа представлен тремя компонентами – лимонной, яблочной и молочной кислотами. При этом массовая концентрация лимонной кислоты была 10,4 г/дм³, что составляло более 85% от общего содержания кислот. Количество яблочной и молочной кислот было зафиксировано на уровне 0,98 и 0,21 г/дм³ соответственно (табл. 2).

В ходе исследований были выявлены такие витамины, как аскорбиновая кислота, никотиновая кислота, а также фенолкарбоновые кислоты, среди которых хлорогеновая – 34,5 мг/дм³, оротовая – 195,6 мг/дм³ и галловая – 346,4 мг/дм³. Биологическая роль фенолкарбоновых кислот заключается в том, что они обладают естественной антиоксидантной активностью, то есть препятствуют накоплению в организме человека свободных радикалов [5].

Таблица 1

Показатели физико-химического состава дисперсии фейхоа

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	9,06
Массовая концентрация сахаров, г/100см ³	7,80
Массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную, г/дм ³	14,67
pH	3,17

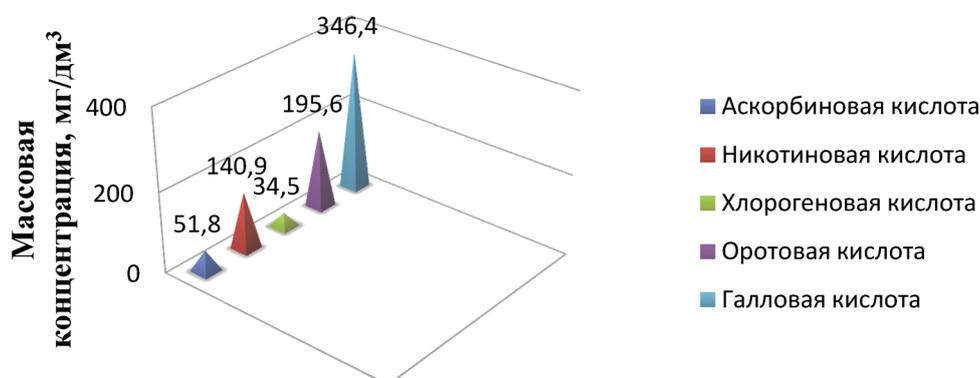
Таблица 2

Фракционный состав органических кислот в дисперсии фейхоа, г/дм³

Кислота	Массовая концентрация, г/дм ³
Яблочная	0,98
Лимонная	10,40
Молочная	0,21
Сумма	11,59

Для оценки дисперсии фейхоа как источника физиологически функциональных пищевых ингредиентов был проведен анализ состава витаминов и фенолкарбоновых кислот (рисунок).

Присутствие аскорбиновой кислоты, массовая концентрация которой в исследуемой дисперсии составляла 51,8 мг/дм³, в составе исходного сырья, используемого для приготовления напитков, способствует



Содержание витаминов и фенолкарбоновых кислот в дисперсии фейхоа, мг/дм³

регулированию окислительно-восстановительных процессов и укрепляет иммунную систему организма человека.

Количество витамина PP – 140,9 мг/дм³, обнаруженного в дисперсии фейхоа, было значительным, и в 7 раз превышало его суточную норму для взрослого человека (20 мг) [6]. Никотиновая и оротовая кислоты относятся к группе веществ, обладающих способностью защищать организм человека от вредного воздействия ультрафиолета, раковых заболеваний, способствуют формированию устойчивого иммунитета. Особенностью фейхоа является высокое содержание в плодах минеральных веществ, мг/дм³: калий – 1648; кальций – 163,3; натрий – 82, магний – 81,3. Также в экстракте фейхоа было обнаружено значительное содержание йода – 0,55 мг/дм³. Таким образом, высокое содержание биологически активных веществ в дисперсии фейхоа, особенно аскорбиновой и никотиновой кислот, а также минеральных веществ и йода, свидетельствует о целесообразности его применения как

источника физиологически функциональных ингредиентов в производстве напитков функционального назначения.

Список литературы

1. Обогащенные пищевые продукты: разработка технологий обеспечения потребительских свойств / И.И. Андропова, Е.С. Артемов, Н.А. Галочкина; Коллективная монография. – Воронеж, 2015. – 215 с.
2. Кондратьев А.В. Проектирование рецептур комбинированных творожных продуктов с использованием изолята белка рапса / А.В. Кондратьев, И.А. Глотова, С.С. Забурнов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 3. – С. 63.
3. Совершенствование технологий обогащения селеном продуктов животного происхождения / Н.А. Галочкина, И.А. Глотова, П.А. Паршин, В.В. Приишников // Мясная индустрия. – 2012. – № 10. – С. 35–38.
4. Абшилава А.Н. Сортовая оценка химического состава и технических показателей плодов фейхоа, выращенных в условиях Абхазии / А.Н. Абшилава, Т.Г. Причко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2011. – № 10. – С. 116–125.
5. Ванидзе М.Р. Флавоноидные соединения плодов фейхоа / М.Р. Ванидзе, А.Г. Каландия, А.Г. Шалашвили // Химия растительного сырья. – 2009. – № 3. – С. 103–108.
6. Касьянов Г.И. Извлечение ценных компонентов из растительного сырья / Г.И. Касьянов, В.С. Корибицын. – Краснодар: КубГТУ, Дом-Юг, 2010. – 132 с.

УДК 664.923.2/.9:637.523.38

ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ОРИГИНАЛЬНЫХ КОПЧЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ: ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЫМОГЕНЕРАТОРА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СТЕРЖНЯМИ

¹Шахов С.В., ¹Сухарев И.Н., ²Глотова И.А., ²Артемов Е.С., ²Беляева А.С.

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж;

²Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru

На сегодняшний день на рынке растёт ассортимент продукции деликатесной группы, появляются новые виды оригинальных копчёных изделий. Для правильного понимания сущности процесса копчения и расчёта целевых технологических параметров продуктивной методологией является математическое моделирование. Задачей моделирования тепловых режимов дымогенератора является определение оптимального диаметра стержней. Процесс моделирования позволяет ответить на вопрос: насколько использование стержней в качестве насадки барабанного дымогенератора позволяет снизить энергопотребление, а также сравнить алюминиевые, медные и стальные стержни по энергетической эффективности. Анализ результатов моделирования процесса дымогенерации позволил сделать следующие выводы. Использование стержней в качестве насадки барабанных дымогенераторов позволяет снизить их энергопотребление в 3–5 раз за счёт полезного использования теплоты пиролиза опилок. Наиболее эффективна установка с тепловыми трубами в качестве стержней насадки. Относительно высокой энергетической эффективностью обладают дымогенераторы со стержнями из меди, алюминия. Оптимальный диаметр стержней составляет 3–5 мм. Увеличение диаметра стержней приводит к увеличению длины и энергопотребления дымогенератора. Использование стальных стержней не приводит к экономии энергии, поскольку их теплопроводность низка во всех областях, включая зону пиролиза, при этом температура стержня выше температуры материала.

Ключевые слова: барабанный дымогенератор, пиролиз, копчение, стержневая насадка, математическое моделирование

THE PROBLEMS OF NEW ORIGINAL SMOKED PRODUCTS MANUFACTURE: JUSTIFICATION OF THERMAL REGIMES OF THE SMOKE GENERATOR WITH METALLIC RODS

¹Shakhov S.V., ¹Sukharev I.N., ²Glotova I.A., ²Artemov E. S., ²Belyaeva A.S.

¹Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh;

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru

Today in the market the range of production of delicatessen group grows, new types of original smoked products appear. For a proper understanding of the nature of the Smoking process and targets are based on technological parameters of the productive methodology is mathematical modeling. The task of modeling the thermal modes of the smoke generator is to determine the optimal diameter of the rods. The modeling process allows us to answer the question: to what extent does the use of rods as a nozzle of the drum smoke generator allow us to reduce energy consumption, as well as to compare aluminum, copper and steel rods in terms of energy efficiency. Analysis of the results of modeling the process of smoke generation allowed us to draw the following conclusions. The use of rods as a nozzle drum smoke generator allows you to reduce power consumption in 3–5 times due to the useful heat of pyrolysis of sawdust. The most efficient system with heat pipes as rods in the nozzle. Relatively high energy efficiency have smoke generators with rods of copper, aluminum. The optimal diameter of the rods is 3–5 mm. The increase in the diameter of the rods leads to an increase in the length and energy consumption of the smoke generator. The use of steel rods does not lead to energy savings, since their thermal conductivity is low in all areas, including the pyrolysis zone, while the temperature of the rod is higher than the material temperature.

Keywords: drum smoke generator, pyrolysis, smoking, core nozzle, mathematical modeling

На сегодняшний день на рынке растёт ассортимент продукции деликатесной группы, появляются новые виды оригинальных копчёных изделий. Для правильного понимания сущности процесса копчения и расчёта целевых технологических параметров продуктивной методологией является математическое моделирование. Задачей моделирования тепловых режимов дымогенератора является определение оптимального

диаметра стержней. Процесс моделирования позволяет ответить на вопрос: насколько использование стержней в качестве насадки барабанного дымогенератора позволяет снизить энергопотребление, а также сравнить алюминиевые, медные и стальные стержни по энергетической эффективности. Дымогенератор – барабанный аппарат, внутри которого расположены металлические стержни, длина которых равна длине барабана (рис. 1).

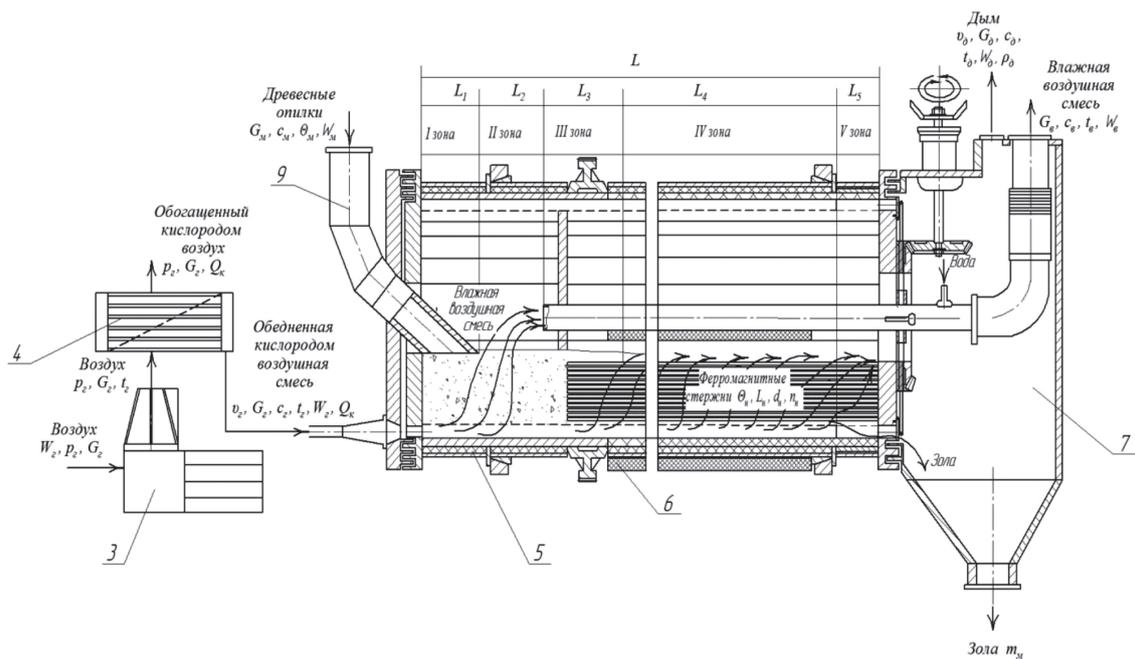


Рис. 1. Схема барабанного дымогенератора со стержневой насадкой

Аппарат работает в непрерывном режиме. Опилки подаются в левую торцевую часть и перемещаются вдоль аппарата в правую его часть. Твердый остаток, образующийся в результате пиролиза опилок выводится из правой торцевой части аппарата в разгрузочный бункер. Через специальный коллектор, расположенный в нижней части барабана, в слой по всей длине подается обогащенная азотом воздушная смесь, предварительно подготовленная методом ультрафильтрации. Смесь не содержит кислорода, что исключает горение опилок.

Стержни насадки могут быть выполнены сплошными из металлов с хорошей те-

плопроводностью (медь, латунь, алюминий, дюралюминий). Назначение стержней – перенос теплоты из зоны пиролиза опилок на другие участки: нагревание и сушки опилок. Стержни также выполняют функцию нагревательного устройства. Энергоподвод к ним осуществляется переменным магнитным полем, генерируемым специальным индуктором.

Энергосберегающий эффект разработанного устройства определяется полезным использованием теплоты пиролиза опилок. Наиболее интенсивный перенос теплоты по стержням достигается в случае использования тепловых труб (рис. 2).

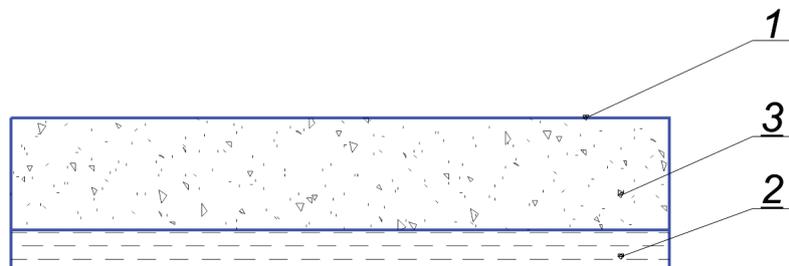


Рис. 2. Принципиальная схема тепловой трубы:
1 – корпус трубы; 2 – жидкость; 3 – пар

По длине барабанный дымогенератор можно разделить на 5 зон.

В первой зоне происходит нагревание опилок от начальной (комнатной) температуры до температуры кипения воды в опилках ($\approx 100^\circ\text{C}$).

В зоне 2 осуществляется обезвоживание опилок. Температура опилок здесь изменяется незначительно ($\approx 100\div 120^\circ\text{C}$).

В зоне 3 обезвоженные опилки нагреваются до температуры начала пиролиза ($\approx 270^\circ\text{C}$).

В четвертой зоне протекают основные процессы пиролиза опилок: образование, испарение и возгонка основного количества продуктов разложения древесины. Эти процессы протекают в интервале температур от 270 до $450\div 500^\circ\text{C}$ [1, 2, 3].

В процессе пиролиза выделится теплота в количестве $1\div 1,2$ МДж/кг. Масса твердого остатка в конце пиролиза составляет примерно $1/3$ от начальной массы опилок.

Зона 5 служит для прокаливания твердого остатка при температуре до $550\div 600^\circ\text{C}$.

Таким образом, пиролиз опилок в зоне 4 протекает с выделением теплоты. Все остальные процессы протекают при подводе теплоты.

Наличие стержней в барабане обеспечивает полезное использование теплоты пиролиза опилок для энергообеспечения остальных процессов.

Если стержни насадки выполнить в виде сплошных стержней из меди ($\lambda_n = 390$ Вт/м \cdot К), то перепад температуры по длине стержня существенно увеличивается (рис. 3). При тепловом потоке $Q_{\text{маг}} = 800\div 900$ Вт он достигает 300°C . Увеличение диаметра стержней приводит или к увеличению необходимой длины дымогенератора (см. рис. 1), или к увеличению теплового потока $Q_{\text{маг}}$ (рис. 4).

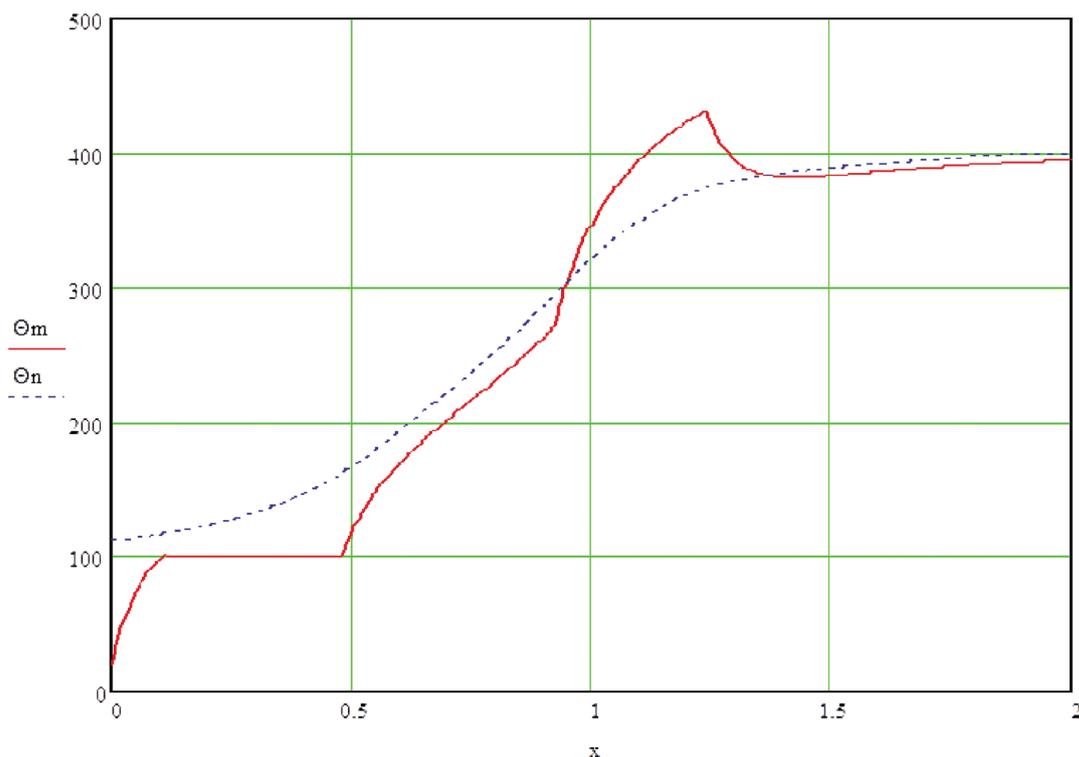


Рис. 3. Распределение температуры материала и стержней из меди по длине барабана при $Q_{\text{маг}} = 800$ Вт, $L=2$ м, $d_n=3$ мм

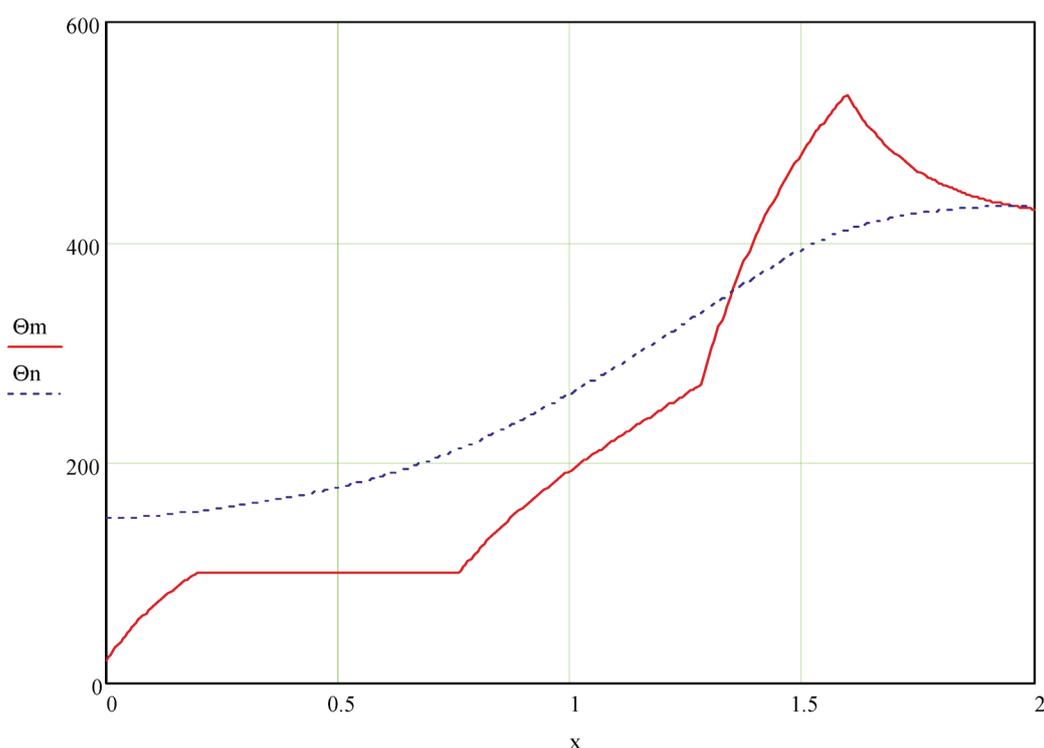


Рис. 4. Распределение температуры материала и стержней из меди по длине барабана при $Q_{\text{маг}}=900 \text{ Вт}$, $L=2 \text{ м}$, $d_n=10 \text{ мм}$

При использовании алюминиевых, дюралюминиевых или латунных стержней с медной теплопроводностью габариты и энергопотребление дымогенератора увеличиваются. По мере уменьшения теплопроводности материала стержней необходимо увеличивать диаметр стержней.

Установлено, что при использовании стальных стержней в качестве насадки их температура во всех точках выше температуры материала, включая зону пиролиза. Это означает что теплота из зоны пиролиза в другие области не передается.

При использовании алюминиевых стержней возможно оплавление последнего (температура плавления алюминия составляет 660°C).

Анализ результатов моделирования процесса дымогенерации позволил сделать следующие выводы.

Использование стержней в качестве насадки барабанных дымогенераторов позволяет снизить энергопотребление последнего в 3÷5 раз за счет полезного использования теплоты пиролиза опилок.

Наиболее эффективна установка с тепловыми трубами в качестве стержней насадки.

Относительно высокой энергетической эффективностью обладают дымогенераторы со стержнями из меди, алюминия.

Оптимальный диаметр стержней 3÷5 мм.

Увеличение диаметра стержней приводит к увеличению длины и энергопотребления дымогенератора.

Использование стальных стержней не приводит к экономии энергии, поскольку их теплопроводность низка во всех областях, включая зону пиролиза, при этом температура стержня выше температуры материала.

Список литературы

1. Демченко Е.А. Образование канцерогенных полициклических ароматических углеводородов при пиролизе древесины / Е.А. Демченко, А.И. Киприанов, П.П. Дикун // Химия древесины. – 1998. – № 2. – С. 96–102.
2. Пути снижения канцерогенной активности в продуктах пиролиза древесины / Е.А. Демченко, А.И. Киприанов, Е.И. Манкина и др. // Тез. докл. Всесоюз. конф. Термическая переработка древесины и ее компонентов. – Красноярск, 1988. – 88 с.
3. Разработка рекомендаций по снижению уровня образования канцерогенных ПАУ в продуктах термической переработки древесины: Отчет о НИР МЗ СССР НИИ онкологии им. проф. Н.Н. Петрова; рук. темы Дикун П.П. – Инв. № 02910042162. – Л., 1992. – 37 с.

УДК [664.923.2/.9+637.354]:637.523.38

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО КОПЧЕНИЯ ТВЕРДОГО СЫРА С ИНДУКТИВНЫМ ПОДВОДОМ ЭНЕРГИИ ПРИ ДЫМОГЕНЕРАЦИИ В СРЕДЕ ИНЕРТНОГО ГАЗА

¹Шахов С.В., ¹Сухарев И.Н., ²Глотова И.А., ²Артемов Е.С., ²Беляева А.С.

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж;

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru

Копченых сыров промышленность выпускает немного, но своим неповторимым вкусом и ароматом они всегда привлекают потребителей, пользуются устойчивым спросом. В результате осаждения дыма на поверхности сыра и проникновения его компонентов внутрь происходит окрашивание поверхности в коричнево-золотистые тона, сыр приобретает специфический аромат и вкус копчения, а также достигаются бактериальный и антиокислительный эффекты. Предпочтительным способом создания сыров с ароматом дыма является электростатическое копчение. В основу разработки конструкции установки электростатического копчения твердого сыра с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа были положены следующие требования: повышение качества и эффективности копчения, снижения энергетических затрат, расширение ассортимента продукции. В установке должны варьироваться следующие параметры процесса электрокопчения: температура и скорость, оптическая плотность и относительная влажность дымовоздушной смеси; напряженность электрического поля; температура пиролиза опилок в дымогенераторе. С учетом данных требований была разработана установка электростатического копчения твердого сыра с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа. Экспериментальная установка для исследования процесса копчения в аппарате с электростатическим полем оборудована современными средствами автоматического управления и контроля.

Ключевые слова: копченый сыр, электростатическое копчение, дымогенератор, пиролиз, индуктивный подвод энергии

INSTALLATION FOR ELECTROSTATIC SMOKING OF SOLID CHEES WITH INDUCTIVE SUBSUMPTION OF ENERGY AT DENOGENERATION IN THE MEDIUM OF INERT GAS

¹Shakhov S.V., ¹Sukharev, I.N., ²Glotova I.A., ²Artemov E.S., ²Belyaeva A.S.

¹Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh;

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh,
e-mail: glotova-irina65@mail.ru

Smoked cheeses produce a little, but they always attract consumers with their unique taste and aroma, they are in steady demand. As a result of the deposition of smoke on the surface of the cheese and the penetration of its components inside, the surface stains in brownish-golden tones, the cheese acquires a specific flavor and taste of smoking, and bacterial and antioxidant effects are also achieved. A preferred method for creating cheeses with a smoke flavor is electrostatic smoking. The development of the construction of the electrostatic smoking unit for hard cheese with inductive energy input during smoke generation in an inert gas environment was based on the following requirements: improving the quality and efficiency of smoking, reducing energy costs, expanding the range of products. The following parameters of the electric smoking process should be varied in the installation: temperature and speed, optical density and relative humidity of the smoke-air mixture; electric field strength; temperature of pyrolysis of sawdust in the smoke generator. In view of these requirements, an electrostatic smoking unit for hard cheese with an inductive energy input was developed for smoke generation in an inert gas environment. The experimental installation for studying the smoking process in an apparatus with an electrostatic field is equipped with modern means of automatic control and monitoring.

Keywords: smoked cheese, electrostatic smoking, smoke generator, pyrolysis, inductive energy supply

Копченых сыров промышленность выпускает немного, но своим неповторимым вкусом и ароматом они всегда привлекают потребителей, пользуются устойчивым спросом. В результате осаждения дыма на поверхности сыра и проникновения его компонентов внутрь происходит окрашивание поверхности в коричнево-золотистые тона, сыр приобретает специфический аромат и вкус копчения, а также достигаются бактериальный и антиокислительный эффекты [1–3]. Предпочтительным способом

создания сыров с ароматом дыма является электростатическое копчение [1–2]. В основу разработки конструкции установки электростатического копчения твердого сыра с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа были положены следующие требования: повышение качества и эффективности копчения, снижения энергетических затрат, расширение ассортимента продукции. В установке должны варьироваться следующие параметры процесса электрокопчения: температу-

ра и скорость, оптическая плотность и относительная влажность дымовоздушной смеси; напряженность электрического поля; температура пиролиза опилок в дымогенераторе.

С учетом данных требований была разработана установка электростатического копчения твердого сыра с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа (рисунок). Камеру установки электростатического копчения (1) представляет собой герметичный корпус (2), сваренный из листовой стали (4).

Камера 2 снабжена герметичной дверью 3, через которую осуществляется загрузка-выгрузка продукта, а также очистка, обслуживание и ремонт различного внутреннего оборудования. Дверь 3 оборудована окном 4 для осуществления визуального контроля за процессом копчения в электростатическом поле. На боковых стенках камеры предусмотрены уголки 5 предназначенные для крепления коронирующих электродов, дымораспределительных жалюзи и необходимой контрольно-измерительной аппаратуры.

Коптильная камера установлена на стойках 6, изготовленных из металлического профиля. Поворотная задвижка 7 размещенная на трубопроводе 8 позволяет изменять расход дымовоздушной смеси в камеру 2. Данный трубопровод присоединён к лабиринтному искрогасителю 9, предназначенному для улавливания частиц золы и пепла, которые имеют малые размеры и потому могут уноситься потоком из дымогенератора. Более крупные частицы скапливаются в нижней его части (зольнике) и удаляются через дверцу 10 после окончания процесса копчения.

Опилки в дымогенератор подаются из бункера 11 снабженного роторным питателем с шаговым электродвигателем 12. Данная конструкция обеспечивает равномерность подачи опилок в зону дымогенерации, при этом достигается постоянство концентрации дымовоздушной смеси на протяжении всего процесса копчения.

Для визуального контроля за процессом дымообразования в боковой стенке корпуса дымогенератора предусмотрено смотровое окно 13, выполненное из термостойкого стекла. Нагрев опилок осуществляется от смешанных с ними ферромагнитных частиц посредством источника индуктивной энергии 14. Заслонка 15 служит для регулирования расхода свежего воздуха, поступающего в дымогенератор.

Внутри корпуса 2 в верхней его части размещены направляющие 16, по которым могут свободно перемещаться подвесы 17 для коронирующих электродов. Такая конструкция даёт возможность при проведении экспериментов варьировать расстояние между электродами и продуктом. Посередине расположен высоковольтный изолятор 18, заключённый в защитный корпус 19, также выполненный из изоляционного материала.

Во внутреннем объёме защитного корпуса 19 поддерживается избыточное давление, за счёт подачи в него чистого воздуха с малым расходом. Выходя через кольцевой зазор, образованный отверстием в защитном корпусе 19 и изолятором 18 воздух препятствует проникновению внутрь дымовоздушной смеси, что предотвращает загрязнение изолятора 18 оседающими на нём копильными веществами. К изолятору 18 подвешивается продукт 20.

Камера 1 снабжена выходным трубопроводом 21 для отвода отработанной дымовоздушной смеси. Для формирования устойчивого коронного разряда служат металлические иглы 22, укрепленные на токопроводящей пластине 23 и образующие вместе с ней коронирующие электроды.

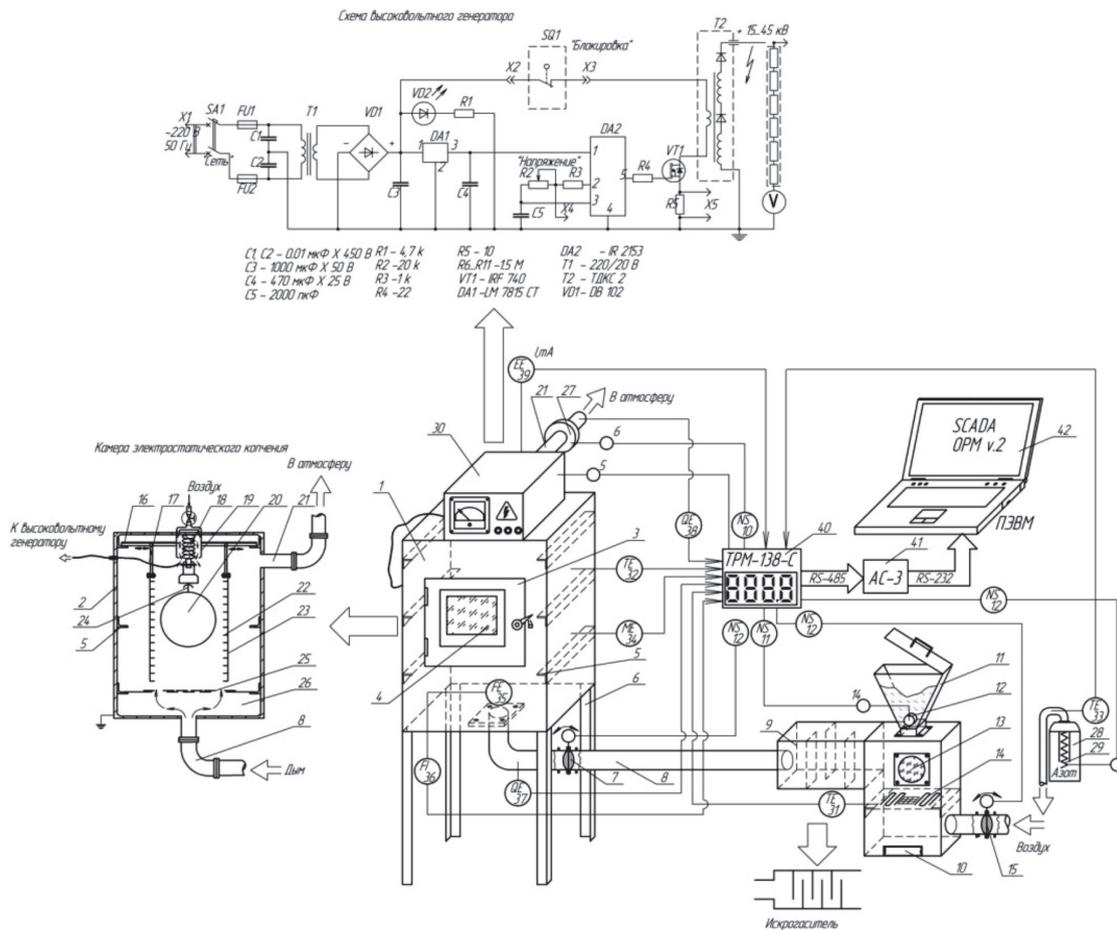
Роль пассивного электрода выполняет продукт, к которому прикладывается высокое напряжение через подвес 24. Дымовоздушная смесь поступает через распределительные жалюзи 25, из нижней части камеры 26, в которую она, в свою очередь, подаётся по входному трубопроводу 13.

Дымораспределительные жалюзи 25 представляют собой набор перекрывающихся подвижных металлических пластин, лежащих на стальных угловых профилях. При проведении экспериментов, перемещая эти пластины, можно создавая щелевые зазоры, направлять потоки дымовоздушной смеси в различные зоны копильной камеры.

Движение дымовоздушной смеси во всей установке обеспечивается дымососом 27, представляющий собой осевой вентилятор, установленный в выходном трубопроводе 21 для отвода отработанного дыма из копильной камеры 1

Для изменения состава воздушной смеси, подаваемой в дымогенератор, путем подмешивания в нее газообразного азота служит сосуд дьюара 28, в котором предусмотрена система подогрева жидкого азота 29 для обеспечения его испарения и последующего повышения температуры газообразного азота.

a



b



Установка электростатического копчения твердого сыра с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа:
 а – чертеж общего вида и схема автоматизации функциональная; б – общий вид установки

Установка для копчения пищевых продуктов в электростатическом поле снабжена высоковольтным генератором 30.

Конструкция отличается достаточной простотой и не требует налаживания. При этом генератор обладает высокими эксплуатационными характеристиками, что достигается благодаря применению современных электронных компонентов. Так в качестве элемента ключа TV1 используется MOSFET-транзистор типа IRF740 или его аналог – IRF840. Задающий генератор выполнен на микросхеме IR2153 либо на её аналоге IR2151 или IR2152. Микросхема представляет собой драйвер MOSFET-транзисторов со встроенным генератором. Такая конструкция позволяет получить высокий КПД всего устройства при невысокой его стоимости.

Значение напряжения на выходе высоковольтного генератора визуально контролируется по показаниям вольтметра, подключенного через цепочку гасящих резисторов R6...R11. Управление напряжением осуществляется либо реостатом R2, либо от прибора ТРМ-138, подключенного к разъёму X4. Коронный ток контролируется путём измерения падения напряжения

на резисторе R7, прибором ТРМ-138, подключенным к разъёму X5.

Генератор позволяет получать напряжение в диапазоне 15...45 кВ. В целях обеспечения безопасности для человека при работе с установкой предусмотрена блокировка включения генератора при открытой дверце коптильной камеры, при помощи концевого выключателя SQ1, подключенного к разъёмам X2 и X3.

Экспериментальная установка для исследования процесса копчения в аппарате с электростатическим полем оборудована современными средствами автоматического управления и контроля.

Список литературы

1. Антипов С.Т. Исследование процесса электростатического копчения твердых сыров с индуктивным подводом энергии при дымогенерации / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, О.В. Мальцева // Материалы XLIX отчет. науч. конф. / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2011. – С. 23.
2. Бредихин С.А. Техника и технология производства сливочного масла и сыра / С.А. Бредихин, В.Н. Юрин. – М.: Колос, 2007. – 319 с.
3. Экспериментальная установка для исследования процесса копчения жидких пищевых продуктов в электростатическом поле / В.Е. Добромиров, С.В. Шахов, С.Ю. Китаев, С.В. Макеев // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2010. – № 1. – С. 87–89.

*Секция «Аппаратные и программные средства современных информационных технических систем»,
научный руководитель – Мартышкин А.И., канд. техн. наук*

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ

Антонова Е.А., Мартышкин А.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Одним из развивающихся и перспективных направлений в проектировании систем управления сегодня является методика проектирования на основе абстрактных функциональных блоков. В статье рассматривается вариант создания имитационной модели распределенной системы управления с применением абстрактных функциональных блоков, которые представляют собой программные модули, выполняющие определенный алгоритм при поступлении некоторого события на соответствующий вход этого блока. Приложение состоит из нескольких таких блоков, соединенных связями по данным и событиям. Рассмотрен пример разработки системы массового обслуживания с использованием функциональных блоков и языка XML. Детально описан функциональный блок обслуживающего прибора и функциональный блок типа «очередь». Все описываемые блоки показаны на структурной схеме в общем виде. В конце работы приводятся фрагменты программных кодов на языке XML.

Ключевые слова: система массового обслуживания, функциональный блок, имитационное моделирование, алгоритм, язык XML, канал, заявка, обслуживающий прибор

SIMULATION MODEL OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM WITH APPLICATION OF FUNCTIONAL BLOCKS

Antonova E.A., Martyshkin A.I.

Penza State Technological University, Penza, email: Alexey314@yandex.ru

One of the developing and promising directions in the design of control systems today is the design method based on abstract functional blocks. The article discusses the option of creating a simulation model of a distributed control system using abstract function blocks, which are software modules that perform a certain algorithm when a certain event arrives at the appropriate input of this block. The application consists of several such blocks connected by data and event links. Consider an example of development of system of mass service with the use of function blocks and XML. The functional unit of the servicing device and the functional unit of the queue type are described in detail. All the described units are shown in the block diagram in General form. At the end of the work there are fragments of program codes in XML language.

Keywords: queuing system, function block, simulation, algorithm, XML language, channel, application, serving device

Развивающимся перспективным направлением в проектировании систем управления является методика проектирования на основе абстрактных функциональных блоков (ФБ) [1]. ФБ служат основой для построения приложений, распределенных между отдельными узлами управляющей сети. Распределенная информационно-управляющая система представляет собой, в данном случае, совокупность ФБ, связанных управляющими и информационными связями. Каждый блок отвечает за выполнение какой-либо части управляющего алгоритма. Таким образом, здесь имеет место объектно-ориентированный подход к созданию приложений. Существует возможность создания своих блоков их последующего использования при проектировании, а также расширения функциональности уже существующих [2, 3].

ФБ представляет собой программный модуль, выполняющий определенный алгоритм при поступлении события на соответствующий вход этого блока. Приложение состоит из нескольких таких блоков соединенных связями по данным и событиям. Для описания типов ФБ используются языковые средства, описанные в стандарте IEC 61131, а также язык XML. Взаимодействие функциональных блоков основано на передаче управляющих сигналов – событий через соединение событий и передаче необходимых данных через соединение данных.

ФБ описывается объявлением внешнего интерфейса, диаграммой управления исполнением и алгоритмами, выполняемыми в соответствии с диаграммой. Алгоритмы могут быть написаны как на языках стандарта IEC 61131, так и обычных языках структурного программирования [1].

На сегодняшний день существует несколько программных продуктов поддерживающих стандарт IEC61499 среди них можно выделить среду Function Block Development Kit (FBDK) и программный продукт IsaGRAF 5 [4].

Перечисленные программные продукты не позволяют создавать имитационные модели распределенных систем управления для получения характеристик их функционирования. Использование средств имитационного моделирования при проектировании распределенных систем управления с применением методики на основе абстрактных функциональных блоков дает возможность получать информацию о поведении, как отдельного элемента системы, так и о системе в целом, что позволяет упростить и сократить цикл разработки распределенных систем управления.

Рассмотрим конкретный пример разработки с использованием ФБ системы массового обслуживания, состоящей из очереди и обслуживающего прибора. Блок очереди (QUEUE) представлен на рис. 1.

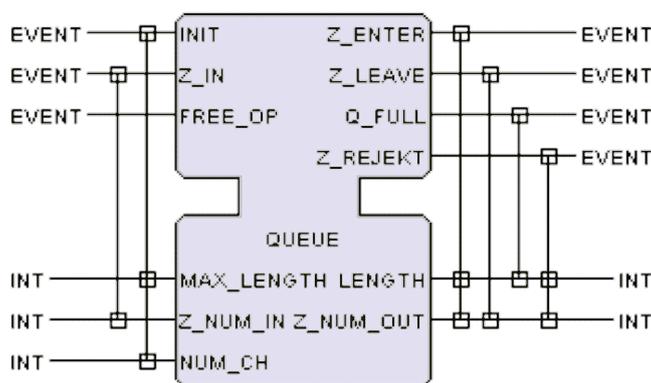


Рис. 1. Функциональный блок типа «ОЧЕРЕДЬ»

Он предназначен для сбора статистических данных и управления поступлением заявок извне, а также управляет загрузкой заявки из очереди в обслуживающий прибор [5, 6]. Для включения новой заявки в очередь используется событийный вход Z_IN, управляющий входом поступления заявок Z_NUM_IN. Этим же сигналом устанавливается количество каналов соответствующего обслуживающего прибора равное значению на входе NUM_CH. Событийный вход INIT используется для задания длины очереди MAX_LENGTH.

Событие на выходе Z_ENTER, предназначенном для уведомления блока статистики о появлении в очереди новой

заявки. Выход данных LENGTH используется для выдачи, текущей длины очереди, а на выходе Z_NUM_OUT – значение номера заявки присвоенного ей на входе Z_NUM_IN. Событие на выходе Z_LEAVE появляется, когда обслуживающий прибор пуст и готов к обслуживанию новой заявки. Событие FREE_OP сообщает об освобождении обслуживающего прибора. Событие на выходе Q_FULL уведомляет блок статистики о достижении очередью состояния, когда очередь занята полностью. Выход события Z_REJEKT сигнализирует о том, что вновь поступившая заявка застигла очередь заполненной и была удалена из СМО без обслуживания.

Программа, описывающая функционирование ФБ QUEUE, представлена на языке XML

```
<FBType Name=»QUEUE»
Comment=»Model for a Rotating Shaft» >
<Identification Standard=»61499-1» />
<InterfaceList>
<EventInputs>
```

```
<Event Name=»INIT» Comment=»Запуск
ициализации, установка максимальной
длины очереди» >
<With Var=»NUM_CH» />
<With Var=»MAX_LENGTH» />
</Event>
<Event Name=»Z_IN»
Comment=»Появление заявки» >
<With Var=»Z_NUM_IN» />
</Event>
<Event Name=»FREE_OP»
Comment=»Обслуживающий прибор свобо-
ден» >
</Event>
</EventInputs>
<EventOutputs>
```

```

<Event Name=>Z_ENTER>
Comment=>заявка вошла в очередь> >
<With Var=>LENGTH> />
<With Var=>Z_NUM_OUT> />
</Event>
<Event Name=>Z_LEAVE>
Comment=>Заявка покинула очередь> >
<With Var=>Z_NUM_OUT> />
</Event>
<Event Name=>Q_FULL>
Comment=>Очередь заполнена> >
<With Var=>LENGTH> />
</Event>
<Event Name=>Z_REJEKT>
Comment=>Заявка отклонена> >
<With Var=>LENGTH> />
<With Var=>Z_NUM_OUT> />
</Event>
</EventOutputs>
<InputVars>
<VarDeclaration Name=>MAX_LENGTH>
Type=>INT> Comment=>Максимальная дли-
на очереди> />
<VarDeclaration Name=>Z_NUM_IN>
Type=>INT> Comment=>Номер поступаю-
щей заявки> />
<VarDeclaration Name=>NUM_CH>
Type=>INT> Comment=>Количество кана-
лов в соответствующем обслуживающем
приборе> />
</InputVars>
<OutputVars>
<VarDeclaration Name=>LENGTH>
Type=>INT> Comment=>Текущая длина
очереди> />
<VarDeclaration Name=>Z_NUM_OUT>
Type=>INT> Comment=>Номер заявки по-
кидающей очередь> />
</OutputVars>
</InterfaceList>
</FBType>

```

Функциональный блок обслуживающе-го прибора представлен на рис. 2.

Вход данных NUM_CH используется для задания количества каналов обслуживающего прибора [5, 6]. Для включения заявки в обслуживающий прибор используется вход Z_IN. При появлении события на данном входе считывается значение на входе данных Z_NUM_IN, которое содержит номер заявки, а также устанавливается время обработки заявки равное значению на входе данных GEN. Вход TIMER используется для реализации задержки подсчётом событий от таймера. После завершения обработки заявки выдаётся событие на выходе Z_LEAVE и выдаётся номер заявки на выходе Z_NUM_OUT, а также выдаётся текущее значение количества занятых каналов с выхода CUR_NUM.

Программа, описывающая функционирование ФБ SD, представлена на языке XML.

```

<FBType Name=>SD> Comment=>Блока
обслуживающего прибора> >
<Identification Standard=>61499-1> />
<InterfaceList>
<EventInputs>
<Event Name=>INIT> Comment=>Запуск
инициализации, установка максимальной
длины очереди> >
<With Var=>NUM_CH> />
</Event>
<Event Name=>Z_IN>
Comment=>Появление заявки> >
<With Var=>GEN> />
<With Var=>Z_NUM_IN> />
</Event>
<Event Name=>TIMER>
Comment=>Обслуживающий прибор свобо-
ден> >
</Event>
</EventInputs>
<EventOutputs>
<Event Name=>Z_LEAVE> Comment=>заявка
закончила обслуживание> >

```

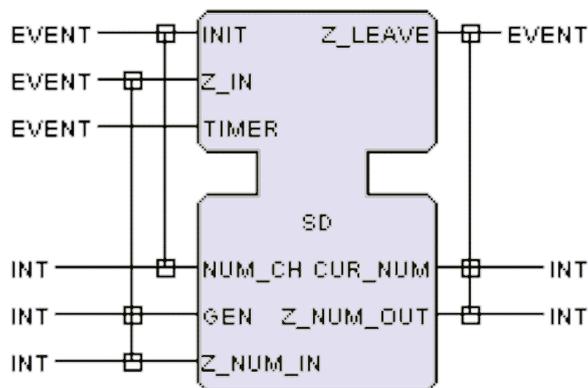


Рис. 2. Функциональный блок обслуживающего прибора

```

<With Var=>»Z_NUM_OUT» />
<With Var=>»CUR_NUM» />
</Event>
</EventOutputs>
<InputVars>
<VarDeclaration Name=>»NUM_CH»
Type=>»INT» Comment=>»Количество кана-
лов» />
<VarDeclaration Name=>»GEN» Type=>»INT»
Comment=>»Количество каналов»/>
<VarDeclaration Name=>»Z_NUM_IN»
Type=>»INT» Comment=>»Имя заявки посту-
пившей на обслуживание» />
</InputVars>
<OutputVars>
<VarDeclaration Name=>»CUR_NUM»
Type=>»INT» Comment=>»Текущее количе-
ство занятых каналов» />
<VarDeclaration Name=>»Z_NUM_OUT»
Type=>»INT» Comment=>»Имя выходящей
заявки» />
</OutputVars>
</InterfaceList>
</FBType>

```

Список литературы

1. Елькин И.В., Кустарев П.В. Модель абстрактных функциональных блоков // Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). Вып. 10. Информация и управление в технических системах. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), – 2003. – С. 55–61.
2. Мартышкин А.И. Имитационная модель распределенной системы с применением абстрактных функциональных блоков // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 261–263.
3. Мартышкин А.И. Создание имитационной математической модели распределенной вычислительной системы с использованием абстрактных функциональных блоков // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития: Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2-х ч., 2016. – С. 41–43.
4. <http://www.isagraf.ru>.
5. Мартышкин А.И. Построение имитационной модели распределенной вычислительной системы с использованием абстрактных функциональных блоков // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2017. – № 7. – С. 372–374.
6. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А., Востоков Н.Г. Программный комплекс для имитационного моделирования диспетчеров задач многопроцессорных систем с использованием приоритетных сетей массового обслуживания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–10. – С. 2155–2159.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Афанасьева М.С., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: alexey314@yandex.ru

В статье рассмотрено вейвлет-преобразование как разложение исходного случайного сигнала в ортогональном базисе коротких волнообразных функций. Отмечаются свойства вейвлет-преобразования и особенности его применения в обнаружении нарушителей,двигающихся в охраняемой зоне радиолучевых технических средствах охраны. При этом, при перемещении нарушителя в поперечном направлении охраняемой зоны принимаемый сигнал представляет собой биения с квадратичным изменением фазы. Подобные сигналы являются сложными, при корреляционной обработке которых наблюдается сжатие по времени и увеличение отношения сигнал/шум. Представлены результаты моделирования вейвлет-преобразования в программной среде MathCAD для аддитивной смеси сигнала и шума. После вейвлет-преобразования наблюдается существенное увеличение отношения сигнал/шум, что позволяет уменьшить вероятность ошибок или при сохранении характеристик обнаружения существенно увеличить дальность действия технических средств охраны.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, отношение сигнал-шум, масштаб вейвлета, вейвлет Френеля

APPLICATION OF WAVELET-TRANSFORMATION IN INFORMATION PROCESS ENGINEERINGS

Aphanaseva M.S., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: alexey314@yandex.ru

The wavelet transform is considered as the expansion of the original random signal in the orthogonal basis of short wave-like functions. The properties of the wavelet transform and features of its application in detecting violators moving in the protected zone of radio-beam technical means of protection are noted. In this case, when the intruder is moved in the transverse direction of the protected area, the received signal is a beat with a quadratic phase change. Such signals are complex, with the correlation processing of which there is a compression in time and an increase in the signal-to-noise ratio. The results of the wavelet transform modeling in the MathCAD software environment for an additive mixture of signal and noise are presented. After the wavelet transformation, a significant increase in the signal-to-noise ratio is observed, which makes it possible to reduce the probability of errors or, if the detection characteristics remain, to significantly increase the range of the technical means of protection.

Keywords: wavelet-transformation, signal-to-noise ration, scale wavelet-that, wavelet of the Fresnel

Вейвлет-преобразование (ВП) представляет собой разложение исходного сигнала на сумму взвешенных функций, образующих полный ортогональный базис в некотором конечномерном пространстве [1]. Для традиционного спектрального анализа используется преобразование Фурье – как разложение исходного сигнала по синусоидам разной частоты. Для вейвлет-преобразования вместо синусоид берутся ограниченные по аргументу функции (вейвлеты), а также их сжатые и растянутые копии. Масштаб является параметром ВП.

Дословно «вейвлет» означает «маленькая волна» (от англ. «wavelet»). В отечественной литературе были попытки внедрить термин «всплеск», но это не увенчалось успехом. В настоящее время ВП широко применяется в задачах распознавания образов при обработке и синтезе различных сигналов, например, речевых, радиолокационных, а также при обработке двумерных сигналов, для упаковки больших объемов информации, сжатия изображений и во многих других информационных технологиях.

Чтобы некоторая функция могла называться вейвлетом, она должна удовлетворять следующим требованиям: должна быть финитна как во временной, так и в частотной области; сдвиги и растяжения данной функции должны составлять полный ортогональный базис; функция должна быстро убывать при $t \rightarrow \infty$; её среднее значение должно быть равно нулю. ВП описывается интегралом свертки между исходным сигналом $S(t)$ и вейвлетом $y(t)$ для разных значений параметра a , который является масштабом вейвлета:

$$\Psi_{a,\tau}\{S(t)\} = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{\tau-t}{a}\right) S(t) dt, \quad (1)$$

где τ – переменная сдвига.

На практике реальные сигналы, несущие полезную информацию, наблюдаются на фоне различного рода шумов и помех. Существует класс задач, когда имеется априорная информация только о форме принимаемого сигнала. При этом неизвестными являются следующие характеристики: факт

наличия сигнала в анализируемой выборке; масштабный параметр и амплитуда сигнала.

Примером предметной области, где существуют подобные задачи, могут служить технические средства охраны (ТСО), использующие различные физические принципы – радиолокационные, сейсмические, телевизионные и т.п. Традиционно в этих ТСО используется пороговое обнаружение с подстраиваемым порогом. Подобный подход прост в реализации, но характеризуется высоким уровнем ошибок: ложных тревог или пропусков сигнала нарушителя.

Если использовать предварительную обработку в виде ВП исходного сигнала, то это позволит существенно улучшить отношение сигнал/шум. Если затем проанализировать результат ВП, то можно не только обнаружить полезный сигнал с низким уровнем ложных тревог, но и классифицировать его по заданным параметрам (рис. 1).

В статье [2] приведены основные характеристики разработанной модели сигналообразования на выходе радиоприемника РЛТСО, основой которой является косинусоидальная функция с квадратичным фазовым аргументом в виде $\cos(\alpha^2 x^2 \varphi_0)$, зависящим от координаты движения нарушителя x в охраняемой зоне. С учетом колоколообразной огибающей, которая определяется диаграммой направленности антенны радиопередатчика, и пространственно-временного преобразования $x = V_H t$, модель принимаемого сигнала будет описываться функцией:

$$S(t) = S_0 \exp\left(-\frac{V_H^2 t^2}{c^2}\right) \cos(\varphi_0 \alpha^2 V_H^2 t^2), \quad (2)$$

где c [М] – коэффициент масштаба огибающей; V_H [м/с] – скорость перемещения нарушителя; α [1/м] – параметр, имею-

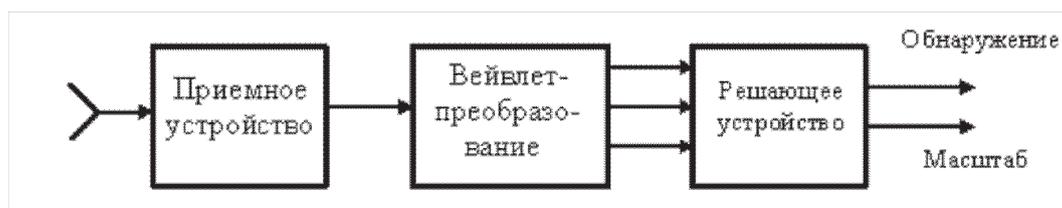


Рис. 1. Структурная схема использования ВП

На рисунке 2 представлены реальные временные диаграммы сигнала с выхода радиоприемника радиолокационного ТСО (РЛТСО) при проходе нарушителя. При движении нарушителя в зоне охраны РЛТСО возникают биения при сложении прямой ЭМ-волны и отраженной от нарушителя, причем в центре зоны охраны частота биений уменьшается.

щий смысл скорости изменения аргумента или пространственной частоты; φ_0 [рад] – начальная фаза гармонической функции.

На рис. 3,а показан вид функции (2) с квадратичным изменением фазового аргумента $\varphi(t) = \varphi_0 \alpha^2 V_H^2 t^2$ и вид огибающей сигнала на выходе приемника в РЛТСО при использовании двухполупериодного детектирования – (б). Имея модель сигнала

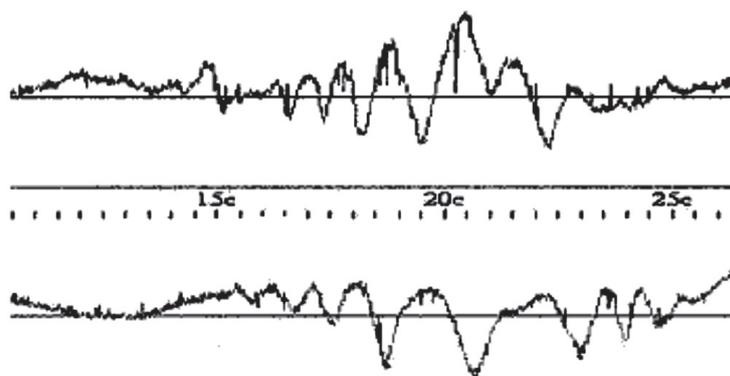


Рис. 2. Изменение амплитуды ЭМ-волны при движении нарушителя

лообразования в РЛТСО можно перейти от порогового обнаружения факта наличия пересечения охраняемой зоны к более тонкому анализу принимаемого сигнала с использованием методов классификации и распознавания образов.

Для реализации ВП в качестве вейвлета необходимо выбрать функцию вида (2). Вейвлет вида (2) называют вейвлетом Френеля. Графически вейвлет Френеля имеет вид, изображенный на рис. 3,а. На стадии анализа общих свойств ВП представляется несущественным учет двухполупериодного детектирования, которое приводит к асимметрии вейвлета Френеля (рис. 3,б), и которое можно учесть в дальнейшем.

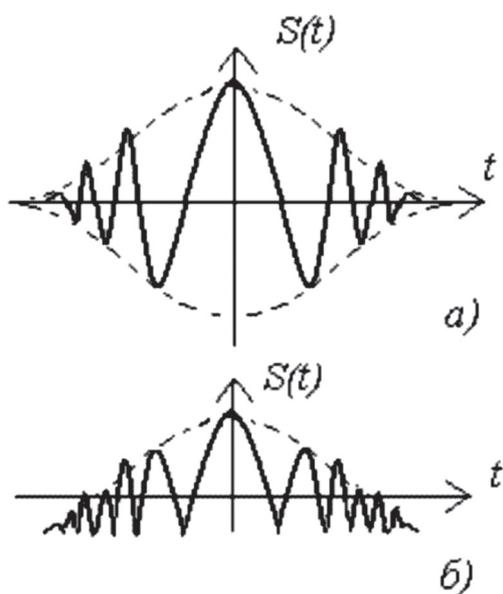


Рис. 3

Рассмотрим как изменяется отношение сигнал/шум после ВП. Будем считать, что сигнал $S(t)$ и шум $S_{\text{ш}}(t)$ – это электрическое напряжение. Если в выражение (1) для ВП подставить значение относительного сдвига $\tau = 0$, значение коэффициента масштаба $a = 1$, что означает совпадение масштаба исходного сигнала и вейвлета, а также учесть совпадение формы вейвлета и исходного сигнала с точностью до постоянного множителя q : $\psi(t) = qS(t)$, то получим выражение для ВП:

$$\Psi_{1,0}\{S(t)\} = \frac{q}{r_E T_C} \int_{\frac{-T_C}{2}}^{\frac{T_C}{2}} S^2(t) dt = \frac{qE_C}{r_E T_C} [\text{В}], \quad (3)$$

где E_C – энергия сигнала длительностью T_C , выделяемая на резисторе 1 Ом, $r_E = 1$, [1/Ом] – коэффициент, учитывающий размерность при определении энергии сигнала, $q = 1$, [1/В] – коэффициент пропорциональности, учитывающий, что отклик ВП имеет размерность – В.

Таким образом, максимум ВП пропорционален энергии сигнала. Форма отклика после ВП изменяется. В книге [4] поясняется, что при вычислении интеграла свертки типа (1) в случае равенства исходного сигнала ядру интеграла свертки для относительного сдвига $\tau = 0$ все спектральные составляющие исходного сигнала складываются в фазе, в результате чего отклик достигает своего максимума, определяемого энергией сигнала. Устройство, которое вычисляет интеграл свертки с ядром, равным исходному сигналу, называется оптимальным по критерию максимума отношения сигнал/шум фильтром или согласованным фильтром. Кроме того, в виду симметрии вейвлета, когда $\psi(t) = \psi(-t)$, ВП для $a = 1$ соответствует автокорреляционной функции.

Принятие решения о наличии на выходе радиоприемного устройства сигнала о проходе нарушителя через охраняемую зону выполняется на фоне шумов и помех (рис. 2). Основным допущением о характере шума является равномерность спектральной плотности мощности шума в пределах полосы пропускания радиоприемника, то есть $F_{\text{ш}}(\omega) = F_{\text{ш},0}$, что соответствует модели «белого шума».

Выразим отношение сигнал/шум до ВП через принятые характеристики сигнала и шума. Для сигнала используем максимальное значение $S_{\text{max}}(t=0)$, а для шума – эффективное (среднеквадратическое) значение напряжения на интервале T_C ,

$$S_{\text{эфф,ш}} = \sqrt{\lim_{T_C \rightarrow \infty} \frac{1}{T_C} \int_{-T_C/2}^{T_C/2} S_{\text{ш}}^2(t) dt}, \quad (4)$$

которое следует выразить через $F_{\text{ш},0}$. Для этого воспользуемся теоремой Парсеваля и заменим усреднение реализаций шума по времени усреднением по частоте преобразований Фурье $\Phi_{\text{ш}}(j\omega)$ от реализаций шума.

$$S_{\text{эфф,ш}} = \sqrt{\lim_{\Delta\omega_c \rightarrow \infty} \frac{\Delta f_c}{2\pi\Delta f_c} \int_{-\Delta\omega_c/2}^{\Delta\omega_c/2} \frac{1}{T_c} |\Phi_{\text{ш}}(j\omega)|^2 d\omega} = \sqrt{\frac{F_{\text{ш,0}}}{T_c}} \text{ [В]}, \quad (5)$$

где $\Delta f_c = 1/T_c$ – ширина полосы спектра сигнала.

После различного рода преобразований получено выражение для отношения сигнал/шум после ВП:

$$N_{\text{ВЫХ}} = \frac{\Psi_{1,0}\{S(t)\}}{S_{\text{эфф,ВЫХ}}} = \sqrt{\frac{E_c}{F_{\text{ш,0}}}}, \quad (6)$$

то есть отношение сигнал/шум после ВП определяется энергией сигнала. Далее определим изменение отношения сигнал/шум после ВП:

$$n = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{N_{\text{ВХ}}} = \sqrt{\frac{E_c}{T_c}} \frac{1}{S_{\text{max}}(t=0)}. \quad (7)$$

Из (7) следует, что изменение отношения сигнал/шум после ВП не зависит

от мощности шума, а зависит от энергии сигнала. С другой стороны, чем меньше амплитуда исходного сигнала по отношению к его энергии, тем эффект от применения ВП больше.

В теории сигналов существует понятие простых и сложных сигналов, которое вполне применимо для ВП. Простыми сигналами называются сигналы, для которых $\Delta f_c T_c \approx 1$, а для сложных $\Delta f_c T_c \gg 1$. Сложные сигналы имеют внутреннюю модуляцию и после оптимальной по критерию максимума отношения сигнал/шум обработки наблюдается сжатие сигнала в $m = \Delta f_c T_c$ раз и возрастание амплитуды в \sqrt{m} раз [4]. Подобным вейвлетом является вейвлет Френеля (2), так как он имеет внутреннюю квадратичную фазовую модуляцию.

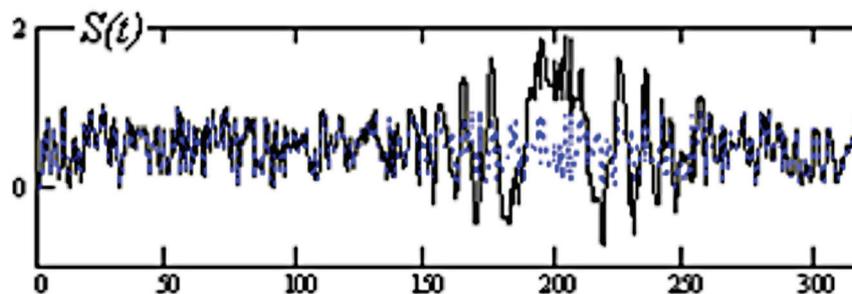


Рис. 4

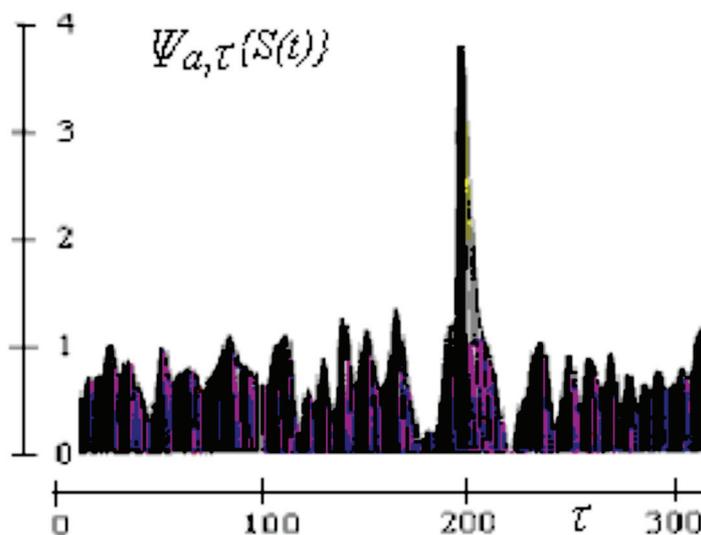


Рис. 5

На рис. 4 и 5 представлены результаты моделирования ВП в программной среде *MathCAD* для аддитивной смеси сигнала и шума. При исходном отношении сигнал/шум = 1 после ВП наблюдается существенное улучшение этого параметра [3]. Таким образом, предварительное вейвлет-преобразование в двухпозиционных РЛТСО приводит к увеличению отношения сигнал/шум, что позволяет уменьшить вероятность ошибок или при сохранении характери-

стик обнаружения существенно увеличить дальность действия РЛТСО.

Список литературы

1. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб.: ВУС, 1999. – 204 с.
2. Сальников И.И. Лучевая модель сигналообразования в двухпозиционных РЛТСО // Современные технологии безопасности. – №3. – 2003. – С. 18–20.
3. Сальников И.И., Логунова С.Н. Вейвлет-преобразование в радиолучевых технических средствах охраны // Проблемы объектовой охраны: Сборник научных трудов. Вып. 3. – Пенза, ПГУ, 2002. – С.20–22
4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1988. – 665 с.

УДК 621.382

ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КИХ-ФИЛЬТРОВ

Ведюшкина А.Е.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: tasya.vedyushkina@yandex.ru

Рассмотрены и проанализированы возможности реализации КИХ-фильтров на различных аппаратных платформах – цифровых сигнальных процессорах, цифровых сигнальных контроллерах и ПЛИС архитектуры FPGA. Рассмотрены архитектурные особенности и аппаратные ресурсы каждой из платформ. Для отдельных устройств, представляющих каждую из платформ, приведены основные характеристики производительности – тактовая частота, количество операций в единицу времени. Показано, что на ПЛИС фильтры с параллельной, последовательной и распределённой структурой могут быть реализованы на базе программируемых ресурсов или блоков цифровой обработки сигналов. По результатам анализа сформулированы некоторые критерии выбора аппаратной платформы для реализации КИХ-фильтра в зависимости от ожидаемых характеристик устройства – производительности и стоимости реализации.

Ключевые слова: КИХ-фильтр, цифровые сигнальные процессоры, цифровые сигнальные контроллеры, ПЛИС

POSSIBLE HARDWARE PLATFORMS TO IMPLEMENT FIR FILTERS

Vedyushkina A.E.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: tasya.vedyushkina@yandex.ru

This paper considers the possibilities for implementation of FIR filters on different hardware platforms, such as digital signal processors, digital signal controllers and FPGAs. For the considered platforms, the paper reviews the main characteristics and hardware resources. For individual devices of each type of platform, maximum clock frequencies and number of operations per second are provided. It is shown that FIR filter with parallel, sequential or distributed structure may be implemented on FPGAs on the base of programmable logic resources or digital signal processing blocks. Finally, the paper proposes some criteria for selection of hardware platform to implement FIR filters with respect to its desired performance and cost of implementation.

Keywords: FIR filter, digital signal processors, digital signal controllers, FPGAs

В настоящее время для реализации устройств цифровой обработки сигналов (ЦОС) и в частности КИХ-фильтров наиболее востребованы такие виды устройств, как: 1) цифровые сигнальные процессоры; 2) цифровые сигнальные контроллеры; 3) ПЛИС архитектуры FPGA; 4) специализированные микросхемы. Сравним далее возможности устройств первых трёх категорий.

Цифровые сигнальные процессоры (ЦСП). ЦСП – это микропроцессорные системы, оптимизированные для выполнения операций ЦОС с максимальной производительностью. ЦСП отличаются от микропроцессоров и микроконтроллеров общего назначения дополнительными аппаратными блоками, а также модификациями базовой гарвардской архитектуры, направленными на ускорение выполнения математических операций. ЦСП обычно имеют фиксированную разрядность и формат представления чисел [1].

Для реализации алгоритма фильтрации на ЦСП должна быть составлена программа, команды которой будут выполняться последовательно одними и теми же аппаратными

ресурсами. Последнее обстоятельство ограничивает производительность ЦСП и выбор архитектуры фильтра для реализации.

Наибольшую производительность среди ЦСП имеют 8-ядерные процессоры 66AKxx от Texas Instruments: 307,2 GMAC/s при максимальной тактовой частоте 1,2 ГГц [2]. Более характерны для ЦСП показатели производительности процессоров TigerSHARC от Analog Devices (тактовая частота 300 МГц, производительность 2400 MMAC/s [3]) или TMS320 от Texas Instruments (тактовая частота до 150 МГц, производительность 150 MIPS [4]).

Цифровые сигнальные контроллеры (ЦСК). ЦСК – это гибридный микроконтроллер и ЦСП. Его процессорное ядро содержит аппаратный умножитель, а среди периферийных устройств присутствуют, как правило, АЦП и ЦАП. Это позволяет реализовывать дискретные системы на одном кристалле ЦСК. С другой стороны, чаще всего разрядность АЦП и ЦАП у ЦСК не превышает 12 бит, а производительность процессорного ядра ниже, чем у ЦСП [5]. Так, например, семейство ЦСК Kinetis от

NXP характеризуется максимальной тактовой частотой 100 МГц и производительностью 125 MIPS [6].

ПЛИС архитектуры FPGA. Главное преимущество ПЛИС перед ЦСП – возможность параллельного выполнения сотен и тысяч вычислительных операций. Основными ресурсами ПЛИС архитектуры FPGA (Field-Programmable Gate Array) являются массив конфигурируемых логических блоков (КЛБ), блоки ввода-вывода (БВВ) и программируемые межсоединения. Программирование ПЛИС заключается в формировании нужных соединений как внутри отдельных КЛБ и БВВ, так и между этими ресурсами.

В большинстве современных FPGA присутствуют аппаратные блоки цифровой обработки сигналов (ЦОС-ячейки), количество которых может достигать нескольких тысяч. Обязательными элементами ЦОС-ячеек являются умножитель и сумматор; последний можно сконфигурировать на работу в режиме аккумулятора и реализовать тем самым на ЦОС-ячейке устройство умножения с накоплением. Вспомогательными элементами ЦОС-ячеек являются регистры и мультиплексоры (рисунок 1). Регистры используются для конвейеризации операндов; мультиплексоры – для управления выбором входных сигналов устройств ЦОС-ячейки. ЦОС-ячейки FPGA позволяют работать с операндами, представленными в форматах как с фиксированной, так и с плавающей запятой. Разрядность операндов может программироваться. ЦОС-ячейки могут объединяться в цепочки без потери производительности [1].

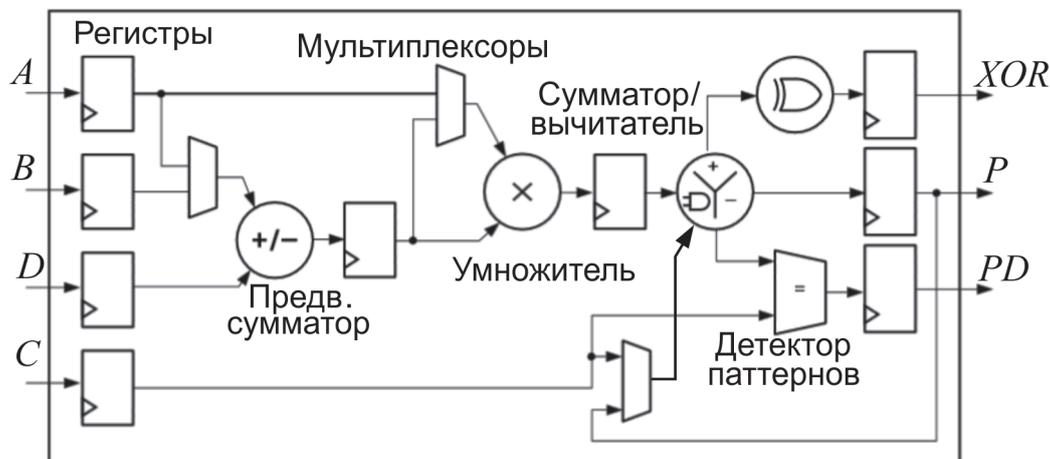
Ведущими производителями FPGA являются фирмы Xilinx (семейства Virtex, Artix, Kintex, Spartan), Intel (семейства Stratix, Arria, Cyclone), и др. Производительность устройств FPGA компании Xilinx семейства Virtex-7 с тактовой частотой 650 МГц может достигать 5053 GMAC/s [7]. А производительность последнего семейства FPGA Stratix 10 фирмы с тактовой частотой 1,5 ГГц достигает 23 TMAC/s [8].

За счёт большого количества ресурсов с программируемыми связями FPGA предоставляют свободу выбора архитектуры и параметров проектируемых фильтров. Это позволяет подбирать порядок фильтра, его разрядность и формат представления чисел таким образом, чтобы обеспечить требуемые характеристики фильтра и при этом минимизировать объём использованных ресурсов. Подобные работы могут требовать большого количества времени, однако при их выполнении можно привлекать среды математических расчётов и моделирования, например, MATLAB [9, 10].

Перечислим основные возможности реализации КИХ-фильтров на ПЛИС FPGA.

Использование программируемых ресурсов общего назначения для реализации фильтров последовательной или параллельной структур с произвольной разрядностью и порядком. В настоящее время такой вариант неактуален, поскольку даже FPGA нижнего ценового диапазона оснащены ЦОС-ячейками.

Использование программируемых ресурсов общего назначения и блочного ОЗУ для реализации фильтров с распределённой структурой, с произвольной разрядностью



Структура ЦОС-ячейки FPGA

и порядком. Достоинствами фильтров такого типа является малая латентность вычислений, а также отсутствие потребности в умножителях. Недостатком распределённых фильтров является резкое возрастание требуемого объёма памяти с повышением порядка фильтра.

Использование встроенных ЦОС-ячеек для реализации фильтров последовательной или параллельной структур. Ячейки ЦОС позволяют сконфигурировать находящиеся там ресурсы различными способами. Такую возможность предоставляет набор мультиплексоров ячейки (рисунок). Если выбрана последовательная структура фильтра, на ЦОС-ячейке организуется аккумулятор, для чего выход P ячейки соединяется с одним из входов её сумматора. На второй вход сумматора поступает произведение очередного отсчёта фильтра на соответствующий ему коэффициент.

При реализации фильтра параллельной структуры нужно количество ячеек ЦОС объединяется в цепочку. Конкретная схема включения в цепочку каждой из ячеек определяется архитектурой фильтра (систолическая, транспонированная и др.) [12]. Например, для получения КИХ-фильтра с транспонированной структурой необходимо, чтобы в каждой из ячеек цепочки на один из входов умножителя поступал один и тот же отсчёт входного сигнала, а на другой вход подавался один из коэффициентов фильтра. На один из входов каждого из сумматоров в ячейках цепочки должно поступать полученное от умножителя произведение, а на другой – выходной сигнал P сумматора от предыдущего ЦОС-блока цепочки. Недостаток такого подхода – большой расход ячеек ЦОС при реализации фильтров высоких порядков.

В заключение сформулируем некоторые критерии выбора аппаратной платформы для реализации КИХ-фильтра. Цифровые сигнальные процессоры являются надёжным, хорошо отработанным средством для реализации КИХ-фильтров. Препятствием для применения ЦСП может стать их недостаточно высокая производительность.

Если высокая точность результатов не требуется, но важно минимизировать затраты на реализацию КИХ-фильтра, целесообразно выбирать цифровой сигнальный контроллер, который позволяет реализовать не только КИХ-фильтр, но и сопутствующие ему устройства – АЦП, ЦАП, и др.

ПЛИС FPGA позволяют получить потенциально наибольшую производительность среди рассмотренных категорий устройств, и при этом обеспечивают наибольшую свободу при выборе архитектуры фильтра и его характеристик. С другой стороны, разработка фильтра на ПЛИС может занимать много времени и требует высокой квалификации разработчика.

Список литературы

1. Ушенина И.В. Цифровая обработка сигналов и распознавание образов: Учебное пособие. – Пенза: ПензГТУ, 2017. – 75 с.
2. 66AK2x Multicore DSP + ARM® Processors. URL: <https://www.ti.com/processors/dsp/c6000-dsp-arm/66ak2x/overview.html>
3. Процессоры TigerSHARC. URL: <http://www.analog.com/ru/products/processors-dsp/tigersharc-processors.html>.
4. TMS320F28333 Digital Signal Controllers. URL: <http://www.ti.com/product/TMS320F28333?keyMatch=digitalsignalcontroller&tisearch=Search-EN-Support#parametrics>.
5. Ушенина И.В. Цифровые сигнальные контроллеры как платформа для реализации устройств цифровой обработки сигналов // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2017. – С. 75–79.
6. Kinetis K22F MCUs. – URL: <http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/K22P121M100SF9.pdf>
7. Virtex-7 product brief. URL: <https://www.xilinx.com/support/documentation/product-briefs/virtex7-product-brief.pdf>.
8. Stratix 10 FPGA and SoC. URL: <https://www.altera.com/products/fpga/stratix-series/stratix-10/overview.html>.
9. Ушенина И.В. Расчет и анализ параллельных КИХ-фильтров, предназначенных для реализации на ПЛИС // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – №6. – С. 141–148.
10. Сальников И.И., Ушенина И.В. Использование математического моделирования для подбора порядка адаптивного фильтра системы активного подавления шума // Телекоммуникации. – 2016. – №7. – С. 2–6.
11. Ушенина И.В., Елизаров В.Н., Варнавский В.А. Реализация распределенного цифрового фильтра с настраиваемыми параметрами на микросхемах программируемой логики // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: www.science-education.ru/109-9489.
12. Hawkes G.C. Dsp: Designing for optimal results. High-performance dsp using virtex-4 fpgas. – 2005. URL: <https://www.xilinx.com/publications/archives/books/dsp.pdf>.

УДК 004.451:004.94

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ****Горбанёва И.В., Мартышкин А.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье описан созданный программный комплекс для оценки производительности функций операционных систем. Целью работы является создание комплекса программ, необходимого для оценки времени выполнения программных функций однопроцессорных и многопроцессорных операционных систем. Комплекс выполняет анализ производительности ряда функций операционных систем: мьютексов, семафоров, блокировок чтения-записи, каналов FIFO и PIPE, сокетов TCP и UDP, переключения контекста, системных вызовов (чтение, запись, открытие, закрытие). В отличие от существующих известных аналогов, данный программный комплекс представлен дружелюбным графическим интерфейсом пользователя, за реализацию которого отвечают библиотеки Qt и Qwt, имеющие богатый набор виджетов – программ, облегчающих доступ к информации, с помощью которых можно создавать сложный графический интерфейс. Используемые библиотеки являются кроссплатформенными, что позволяет сделать более простой процедуру переноса приложений на разные ОС, применяется сглаживание графиков результатов тестирования. В конце работы приводятся результаты тестовых измерений.

Ключевые слова: Linux, измерение производительности, функции операционных систем, библиотеки QT и QWT, язык C++

**PROGRAM COMPLEX FOR EVALUATION OF PERFORMANCE OF MAIN
FUNCTIONS OF OPERATING SYSTEMS****Gorbaneva I.V., Martyshkin A.I.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

The article describes the created software package for evaluating the performance of operating system functions. The purpose of the work is to create a set of programs necessary for evaluating the execution time of the software functions of single-processor and multiprocessor operating systems. The complex performs performance analysis of a number of functions of operating systems: mutexes, semaphores, read-write locks, FIFO and PIPE channels, TCP and UDP sockets, context switching, system calls (read, write, open, close). Unlike existing known analogs, this software package is presented by a user-friendly graphical user interface, for the implementation of which the Qt and Qwt libraries have a rich set of widgets – programs that facilitate access to information with which you can create a complex graphical interface. The libraries used are cross-platform, which makes it possible to make the procedure of transferring applications to different OSes more simple, the graphs of test results are smoothed. At the end of the article, the authors give the results of the test measurements.

Keywords: Linux, performance measuring, features, operating systems, Qt and Qwt libraries, C++ language

Современные операционные системы (ОС) предоставляют разработчикам программного обеспечения большое количество разнообразных средств создания сложных программных систем, состоящих из нескольких процессов, которые могут выполняться на разных ЭВМ [1, 2]. Была поставлена цель – разработать программный комплекс (ПК), предназначенный для анализа времени выполнения программных функций однопроцессорных и многопроцессорных ОС.

Измерение производительности различных функций ОС необходимо не только разработчикам ОС, для оценки эффективности реализации определенной функции и сравнения производительности реализации в других ОС, но и прикладным программистам, которым измерение производительности функций ОС необходимо для выбора наиболее подходящих средств реализации своих проектов [3, 4].

ПК выполняет тестирование функций ОС, таких как: средства синхронизации процессов: взаимные исключения (мьютексы), семафоры, блокировки чтения-записи; средства межпроцессного обмена: именованные каналы FIFO, неименованные каналы PIPE, сокет TCP и UDP; переключение контекста; системные вызовы (чтение, запись, открытие, закрытие).

Сегодня получил распространение ПК Lmbench, позволяющий проводить тестирование nix-совместимых систем, имея в своём составе широкий спектр тестов для разных подсистем ОС. Данный пакет позволяет получить довольно целостное представление о проверяемой ОС. Однако пакет Lmbench имеет ряд недостатков, которые делают работу с ним не удобной, требующей многократного повторения однотипных действий и выполнения дополнительных вычислений для получения результатов [5, 6].

Итак, разработанный ПК для тестирования функций операционных систем делает работу тестирования более удобной, более продуктивной и доступной, чем ПК Lmbench [7].

На рис. 1 представлена последовательность действий, которые производит разработанный ПК.

Работа с ПК выполняется на ЭВМ под управлением ОС семейства Linux. Сегодня наиболее распространенными ОС являются – Ubuntu, Fedora, SUSE и Mandriva. Для обеспечения работоспособности программы требуется пих-совместимая ОС с установленными библиотеками Qt и Qwt.

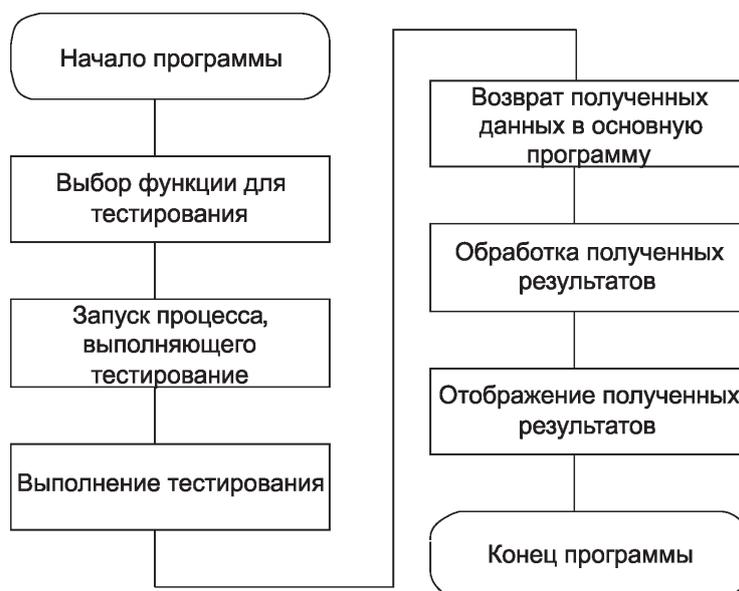


Рис. 1. Последовательность действий, выполняемых представляемым ПК



Рис. 2. Структура данных разработанного ПК

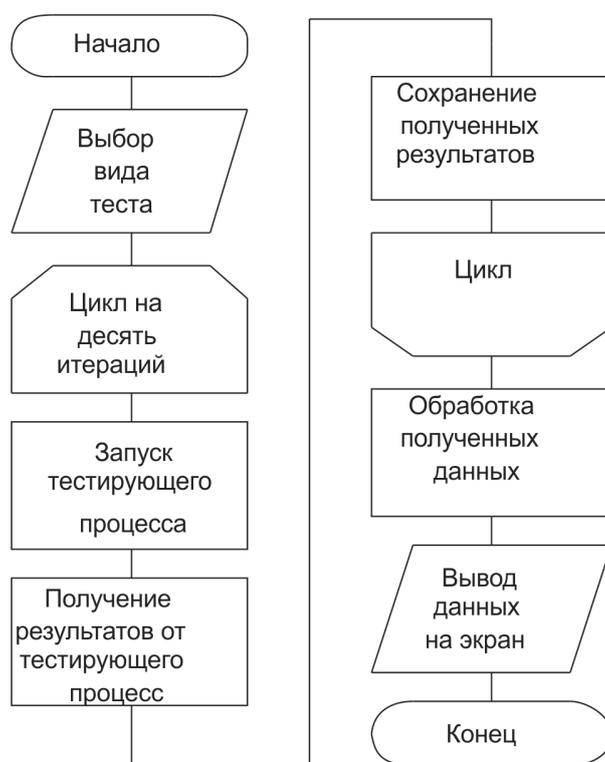


Рис. 3. Алгоритм работы основной программы

Структура данных разработанного ПК представлена на рис. 2. Алгоритм работы основной программы представлен на рис. 3.

Как основа пользовательского интерфейса принята структура с многооконным интерфейсом. Для различных задач создаются отдельные окна, которые обеспечивают не перегруженный интерфейс, необходимый для их решения. В описываемой ПК применена процедура фильтрации (сглаживания) графиков – технология, которая используется для устранения эффекта «зубчатости», который возникает на краях одновременно выводимого на экран множества плоских или объёмных изображений. Процедуру сглаживания производят по нескольким наборам расположенных подряд данных, причем их число обычно выбирают экспериментальным подбором [7, 8]. Почти все графики предлагаются в двух видах – необработанным и фильтрованным (сглаженным).

Процедура сглаживания действует на стиль отображения графика, который может быть построен прямолинейно от сообщения к сообщению, отчего он будет иметь угловатые очертания. Но при выборе сглаживания график будет иметь более плавные очертания. Уровень и алгоритм сглаживания для всех графиков одинаковый.

На рис. 4 и 5 представлены примеры тестов по измерению производительности переключения контекста и семафора.

Разработан программный комплекс для тестирования функций ОС: мьютексов, семафоров, переключения контекста системных вызовов (чтение, запись, открытие, закрытие) и других. Программа после выбора конкретного теста позволяет в автоматическом режиме собирать всю статистику, обрабатывать её и показывать конечные результаты в удобной и понятной для пользователя форме.

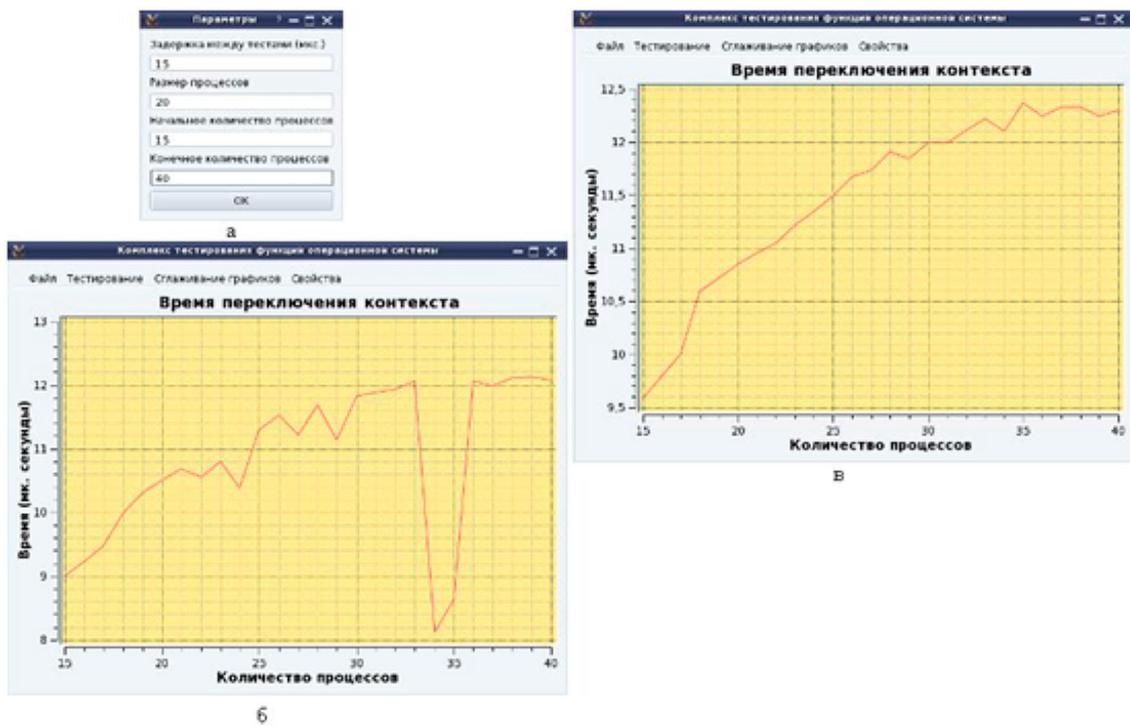


Рис. 4. Тест времени переключения контекста: задание параметров (а), без сглаживания (б), с наиболее вероятным сглаживанием (в)

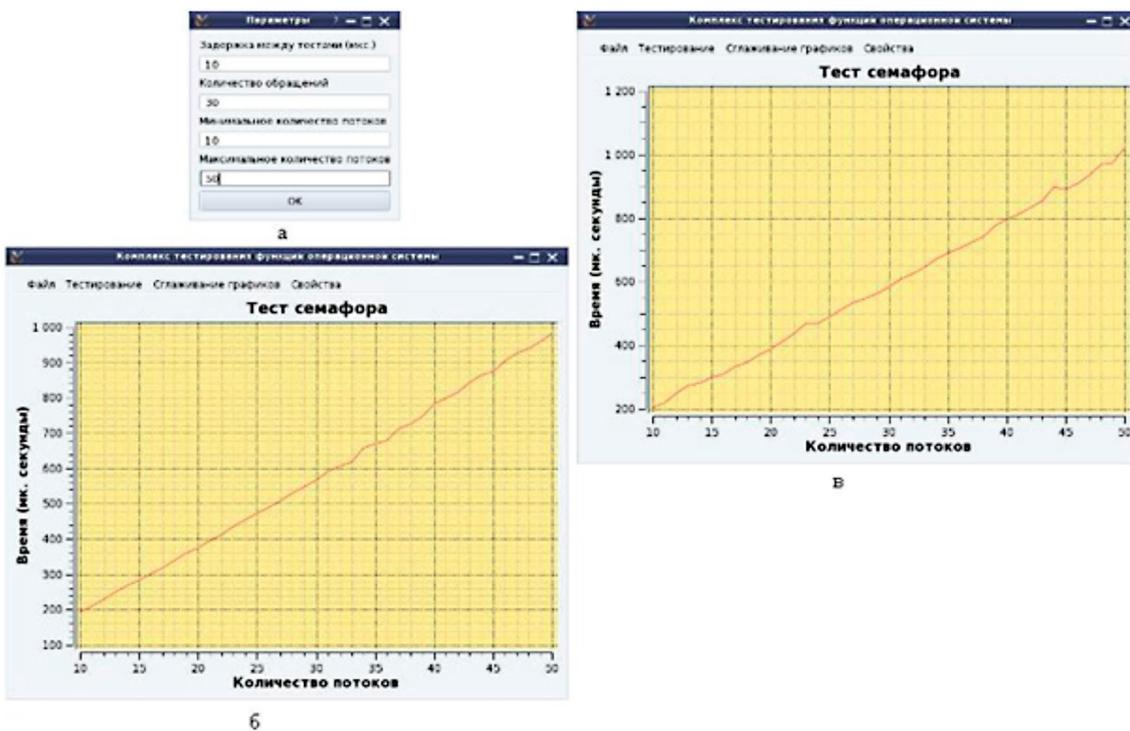


Рис. 5. Тест семафора: задание параметров (а), без сглаживания (б), с наиболее вероятным сглаживанием (в)

В отличие от существующих программ-аналогов, описанный комплекс представлен дружелюбным интерфейсом пользователя, за визуализацию которого отвечают подключаемые библиотеки Qt и Qwt. Указанные библиотеки кроссплатформенные, что в свою очередь делает процедуру переноса программы на разные ОС более простой. Применяемый язык программирования C++ упрощает перенос программного комплекса на различные платформы и обеспечивает высокое быстродействие программы, что весьма сильно сказывается на получаемой точности результатов тестирования функций ОС.

Список литературы

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с.

2. Мартышкин А.И. Основные функции ядра современных операционных систем реального времени // Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2-х частях / Отв. ред.: А.А. Сукиасян, 2016. – С. 82–84.

3. Стивенс У.Р. UNIX: разработка сетевых приложений. – Питер, 2007. – 1039 с.

4. Карасева Е.А., Мартышкин А.И. Обзор средств управления процессами и ресурсами многопроцессорных операционных систем // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–1. – С. 80–81.

5. Стивенс У.Р. UNIX: взаимодействие процессов. – Питер, 2003. – 576 с.

6. Родригес К.З., Фишер Г., Смолски С. Linux. Азбука ядра. – М.: Кудиц-пресс, 2007. – 584 с.

7. Бикташев Р.А., Мартышкин А.И. Комплекс программ для измерения производительности функций операционных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 10 (14). – С. 190–197.

8. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка, исследование и применение моделей вычислительных систем с виртуализацией // Современные информационные технологии. – 2014. – № 20. – С. 50–57.

УДК 004.337

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ОБЩЕЙ МНОГОМОДУЛЬНОЙ ПАМЯТЬЮ

Зоткина А.А., Мартышкин А.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: Alexey314@yandex.ru

В статье приводится структура многопроцессорной вычислительной системы с общей многомодульной памятью. Описано, что в такой системе возникает конфликтная ситуация в случае обращения двух или более процессоров одновременно к одному модулю памяти. При такой ситуации очередность обслуживания определяется службой приоритетов арбитра, который входит в состав коммутатора системы. Целью этой статьи является определение, справляется ли заданная многопроцессорная система с потоком задач, а также определение минимального числа процессоров, необходимого для решения конкретного потока задач. Подробно описан алгоритм работы памяти. В заключении статьи отмечено, что можно построить имитационную модель многопроцессорной вычислительной системы с общей многомодульной памятью, используя принятые допущения и используя полученные в работе выражения для определения времен состояний моделей элементов системы.

Ключевые слова: многопроцессорная система, многомодульная память, конфликт, контроллер, арбитр, поток задач, модель, программа, процессор, алгоритм

TO THE QUESTION OF THE ANALYSIS OF MULTIPROCESSOR SYSTEM WITH SHARED MULTI-MODULE MEMORY

Zotkina A.A., Martyshkin A.I.

Penza State Technological University, Penza,

e-mail: Alexey314@yandex.ru

The article describes the structure of a multiprocessor computer system with a shared multimodule memory. It is described that in such system, a conflict situation arises when two or more processors simultaneously access one memory module. In this situation, the order of service is determined by the priority service of the arbitrator, which is part of the system switch. The purpose of this article is to determine if a given multiprocessor system is cope with the task flow, as well as determining the minimum number of processors needed to solve a particular task flow. The algorithm of memory operation is described in detail. In the conclusion of the article, it was noted that it is possible to build an imitation model of a multiprocessor computer system with a common multimodule memory using the accepted assumptions and using the expressions obtained in the work to determine the times of states of the model elements of the system.

Keywords: multiprocessor system, multi-module memory, conflict, controller, arbiter, task flow, model, program, processor, algorithm

Объектом рассмотрения является многопроцессорная вычислительная система (МПВС) с общей многомодульной памятью (рисунок). В ее состав входят N процессоров (ЦП) (P) с кэш-памятью (CM), M модулей общей памяти (MM) и коммутаторов K . Число модулей памяти (МП) не превышает число процессоров ($M \leq N$).

В такой МПВС возникает конфликт в том случае, когда обращение двух или более ЦП идет одновременно к одному МП [1]. При этом очередность обслуживания определяется службой приоритетов арбитра (AR), входящего в состав коммутатора. Существует три различных приоритета арбитра: фиксированный, циклический и случайный [2–5].

В общем случае, вместо некоторых ЦП стоят устройства ввода/вывода (УВВ) со своими контроллерами прямого доступа к памяти (ПДП или КПДП). Они, как и про-

цессоры, являются активными элементами МПВС. УВВ со своими КПДП можно рассматривать как ЦП ввода-вывода. Каждый МП делается секционированным. Число секций модуля памяти определяется размером блока кэш-памяти (обычно 4 слова). Способ формирования адресов самих МП описан в [6].

Назначение рассматриваемой МПВС – решение стационарного потока задач, состоящего из набора задач нескольких типов. Предполагается, что команды обработки задач заранее записаны в MM . Данные для каждой задачи поступают через определенное УВВ через фиксированные интервалы времени. Каждая задача характеризуется своим графом, представленным в ярусно-параллельной форме (ЯПФ). Каждый сегмент графа задачи выполняется на одном из ЦП. Сегменты графа могут выполняться параллельно при наличии свободных ЦП.

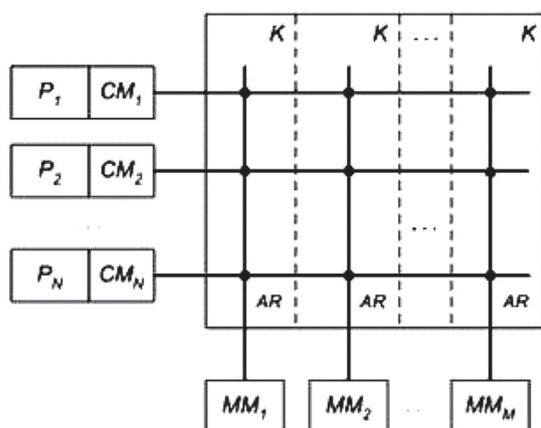


Рис. 1. Структура МПВС с общей многомодульной памятью;

AR – арбитр; CM – кэш-память;

K – коммутатор; MM – модуль общей памяти; P – процессор

Сегмент считается готовым к выполнению, если есть все необходимые данные для его решения. Для распределения готовых к выполнению сегментов задач по ЦП отводится один управляющий процессор (УЦП). Остальные процессоры – рабочие процессоры (РЦП) – предназначены для решения сегментов задач.

Целью построения модели МПВС является определение, справляется ли заданная МПВС с потоком задач, а также определение минимального числа ЦП, необходимого для решения заданного потока задач.

Модель какой-либо системы состоит из набора моделей ее элементов и правил их взаимодействия. Выбор элементов определяется требуемой степенью детализации. Правила взаимодействия моделей должны отражать реальные взаимодействия элементов системы на выбранном уровне детализации [7]. Модель элемента системы может находиться в каком-либо состоянии. Состоянию модели элемента соответствует определенный процесс в соответствующем элементе системы. Число состояний модели определяется числом выполняемых действий соответствующим элементом системы. Модель может переходить из одного состояния в другое, что означает переход элемента системы от выполнения одного действия к другому. Смена состояний модели называется событием. В отличие от реального перехода элемента системы от одного действия к другому, длительность события принимается равной нулю. Алгоритм смены состояний модели элемента определяется алгоритмом функционирования элемента системы.

Каждая модель элемента характеризуется набором своих состояний, алгоритмом смены состояний и уникальным идентификатором, определяющим эту модель элемента в модели системы [8, 9, 10]. Состояние модели всей системы в конкретный момент времени характеризуется набором состояний моделей ее элементов в этот момент. Для учета длительности состояний моделей элементов в модель системы вводится счетчик текущего времени. Значение счетчика может быть выражено в реальных единицах времени, например, в секундах, минутах и так далее, но может быть выражено и в модельных единицах времени. В последнем случае, должно быть установлено соответствие между реальными единицами времени и модельными.

Событие может сопровождаться передачей сообщения другим моделям элементов МПВС. Сообщение должно содержать уникальный идентификатор, характеризующий тип этого сообщения и параметры.

Моделируемыми элементами системы в нашем случае являются: РЦП с кэш-памятью, УП, УВВ и ММ с коммутатором и арбитром. ММ с коммутатором и арбитром – единый элемент в модели, т.к. характеризуются единым набором состояний, определяемым арбитром. Управляющий ЦП получает сигналы от УВВ об окончании записи входных данных задачи и сигналы об окончании решения сегментов от рабочих ЦП. Функциями управляющего ЦП являются выбор готового к выполнению сегмента, выбор свободного ЦП и назначение выбранного сегмента на свободный ЦП. Назначение заключается в отправке сигнала рабочему ЦП с указанием номера задачи и сегмента.

Рабочий ЦП решает назначенный на него сегмент задачи и отправляет сигнал УП об окончании решения сегмента задачи. Для построения алгоритма решения задачи рабочим ЦП приняты следующие допущения:

- РЦП считывает из MM в кэш соответствующую прикладную программу решения сегмента не распределено в процессе его решения, а перед решением;

- РЦП считывает входные данные сегмента из MM в кэш-память не распределено в процессе его решения, а перед решением;

- запись результатов в общую память (ОП) осуществляется только после решения сегмента.

Время считывания программы можно определить из следующих предположе-

ний. Пусть команда выполняется в среднем за 2 такта. Тогда количество выполняемых команд $N_{\text{вып}}$ за время решения сегмента вычисляется по выражению

$$N_{\text{вып}} = \frac{T_{\text{SEG}}}{2T_{\text{CY}}}, \quad (1)$$

где T_{SEG} – время решения сегмента, T_{CY} – длительность одного такта.

Число считываемых команд из ОП меньше этого значения, так как одни и те же команды могут, находясь в кэш-памяти, выполняться несколько раз (например, в цикле). Для вычисления числа считываемых из ОП команд введем коэффициент цикличности $K_{\text{цикл}}$ (например, 2). Тогда число считываемых из ОП команд $N_{\text{счит}}$ вычисляется по выражению

$$N_{\text{счит}} = \frac{N_{\text{вып}}}{K_{\text{цикл}}} = \frac{T_{\text{SEG}}}{4 \cdot T_{\text{CY}}}. \quad (2)$$

Если предположить, что средняя длина команды равняется одному слову, то это значение $N_{\text{счит}}$ будет равно числу считываемых слов.

Команды и входные данные сегмента считываются блоками. Последовательно идущие блоки располагаются в различных МП, доступом к каждому управляет соответствующий арбитр, входящий в состав коммутатора. Время, необходимое арбитру для выбора кандидата для передачи в МП, принято равным нулю.

Приход задач в МПВС осуществляется через УВВ. Задача каждого типа приходит через определенное УВВ, т.е. распределение задач по УВВ осуществляется статически. Перед записью новых входных данных УВВ считывает результаты решения предыдущей задачи. Взаимодействие УВВ с ОП осуществляется по словам в режиме ПДП на частоте работы ОП. Время T_{IN} , требуемое для записи новых входных данных задачи объемом V_{IN} слов, определяется по выражению

$$T_{\text{IN}} = V_{\text{IN}} \cdot T_{\text{CY}}. \quad (3)$$

Время T_{OUT} , требуемое для считывания результатов решения задачи объемом V_{OUT} слов, определяется по выражению

$$T_{\text{OUT}} = (V_{\text{OUT}} + 1)T_{\text{CY}}. \quad (4)$$

Таким образом, можно построить имитационную модель МПВС с общей многомодульной памятью, используя допущения, принятые для рабочих ЦП и используя выражения 1–4 для определения времен состояний моделей элементов МПВС.

Список литературы

1. Мартышкин А.И. Исследование подсистем памяти с буферизацией транзакций на моделях массового обслуживания // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2011. – № 3 (03). – С. 124–131.
2. Мартышкин А.И. Варианты реализации и структура аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 195–204.
3. Мартышкин А.И. Исследование возможной структуры аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2017. – С. 69–75.
4. Мартышкин А.И. Возможный вариант функциональной организации аппаратного арбитра общей шины реконфигурируемой системы // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2017. – № 4 (38). – С. 139–145.
5. Мартышкин А.И. Функциональная организация аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 151–159.
6. Гилев Ю.М., Дерюгин А.А. Особенности работы многопроцессорной вычислительной системы с общей многомодульной памятью // Международный форум информатизации – 2002: Доклады международной конференции «Информационные средства и технологии». 14–16 октября 2003 г., в 3-х т. Т.3. – М.: Янус-К, 2003. – 221 с.
7. Марков А.А. Моделирование информационно-вычислительных процессов: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 360 с.
8. Мартышкин А.И. К вопросу исследования подсистемы памяти многопроцессорной вычислительной системы // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч., 2016. – С. 55–58.
9. Мартышкин А.И. К вопросу построения подсистемы памяти многопроцессорной системы // Информационные технологии в экономических и технических задачах: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 256–258.
10. Мартышкин А.И. К вопросу оценки времени обслуживания заявок при выполнении операций обмена в многопроцессорных системах на кристалле с разделяемой памятью // Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: Материалы X международной научной конференции, 2016. – С. 81–87.

УДК 004.94

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Зупарова В.В., Маркова И.В., Воронцов А.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com

В данный момент магнитострикционные преобразователи линейных перемещений востребованы на рынке и серийно выпускаются как отечественными, так и зарубежными компаниями. Не смотря на их разнообразие, каналы магнитострикционных измерителей линейных перемещений условно состоят из следующих блоков: блока формирования входного сигнала, состоящего из генератора токовых импульсов и их усилителя до необходимой амплитуды; одного или нескольких волноводов (как правило, цилиндрической формы) и постоянных магнитов (наиболее часто используются сплошные и кольцевые постоянные магниты, а также в форме прямоугольного параллелепипеда); блока считывания продольных или крутильных механических колебаний и преобразования их в импульсы напряжения (как правило, индуктивный или пьезоэлемент); блока усиления выходных импульсов. Исследованиям размеров элементов на основании возможных расстояний между элементами в магнитострикционных преобразователях линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения и посвящена статья.

Ключевые слова: магнитострикционный преобразователь, преобразователь перемещений, магнитострикционный эффект, расстояния между элементами, размеры элементов конструкции

TO A QUESTION OF DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ABOUT THE CHOICE OF THE SIZES OF ELEMENTS OF A DESIGN OF MAGNETOSTRICTION CONVERTERS OF LINEAR MOVEMENTS

Zuparova V.V., Markova I.V., Vorontsov A.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com

At present magnetostriction converters of linear movements are demanded in the market and are produced by both the domestic, and foreign companies in lots. Despite their variety, channels of magnetostriction measuring instruments of linear movements conditionally consist of the following blocks: the block of formation of the entrance signal consisting of the generator of current impulses and their amplifier up to the necessary amplitude; one or several wave guides (as a rule, a cylindrical form) and permanent magnets (continuous and ring permanent magnets and also in the form of a rectangular parallelepiped are most often used); block of reading of longitudinal or torsional mechanical oscillations and their transformation to tension impulses (as a rule, inductive or piezoelement); block of strengthening of output impulses. Article is also devoted to researches of the sizes of elements on the basis of possible distances between elements in magnetostriction converters of linear movements on ultrasonic waves of torsion.

Keywords: the magnetostriction converter, the converter of movements, magnetostriction effect, distances between elements, the sizes of elements of a design

Выбор размеров элементов конструкции необходимо осуществлять на основании размеров ее элементов. Наиболее габаритным элементом конструкции магнитострикционного преобразователя линейных перемещений является волновод. Он оказывает существенное влияние на длину устройства. Оценка ширины устройства возможна на основании разработанного авторами метода определения рекомендуемого расстояния от постоянного магнита до волновода. Для объяснения способа выбора одного из параметров, а именно ширины, рассмотрим метод расчета возможного и оптимального расстояния от волновода до постоянного магнита.

Известно, что токовые импульсы, сформированные генератором блока формирования входного сигнала, поступают в среду

волновода, где распространяясь, создают в соответствии с рис. 1, вокруг волновода магнитное поле напряженностью \vec{H}_{imp} . Проекция напряженности магнитного поля волновода H_{imp} будет зависеть от его размеров и удаленности от его центра. Формулы расчета значения H_{imp} являются известными из курса физики и могут быть позаимствованы из справочной литературы, например, из [1].

Так, на поверхности волновода и за его пределами, то есть на расстоянии, равном радиусу волновода R_B , проекция напряженности магнитного поля, созданного токовыми импульсами H_{imp} определится согласно выражению [1]

$$H_{imp} = i / (2 \cdot \pi \cdot R_B), \quad (1)$$

где i – амплитуда токовых импульсов.

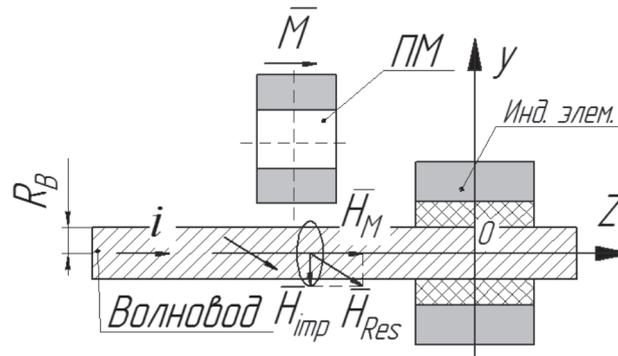


Рис. 1. Процессы, возникающие при трансляции токовых импульсов в среде волновода

Магнитное поле, созданное токовыми импульсами взаимодействует с полем, созданным постоянным магнитом (ПМ). Как уже упоминалось ранее, в магнитострикционных преобразователях перемещений наиболее часто используют сплошные и кольцевые постоянные магниты, а также постоянные магниты формы прямоугольного параллелепипеда. Напряженность магнитных полей, созданных постоянными магнитами указанных форм, а также вывод формул расчета подробно изложен в [2].

Так, для постоянного магнита формы прямоугольного параллелепипеда напряженность магнитного поля в точке наблюдения определится согласно выражению [2].

Таким образом, имея на этапе разработки магнитострикционных преобразователей перемещений (МПП) информацию о свойствах и параметрах магнита, используя формулы, приведенные в [2], можно рассчитать напряженность в любой точке наблюдения, удаленной на расстояние R_1 от центра ПМ.

$$\begin{aligned}
 H_{MZ} = M \cdot \arcsin & \left[\frac{\left(\frac{x}{z-h_M} \right) \cdot \left(\frac{y-b_M}{\sqrt{(y-b_M)^2 + (z-h_M)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x}{z-h_M} \right)^2}} \right] - \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x}{z-h_M} \right) \cdot \left(\frac{y}{\sqrt{(y)^2 + (z-h_M)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x}{z-h} \right)^2}} \right] - \\
 & - \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x-a_M}{z-h_M} \right) \cdot \left(\frac{y-b_M}{\sqrt{(y-b_M)^2 + (z-h_M)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a_M}{z-h_M} \right)^2}} \right] + \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x-a_M}{z-h_M} \right) \cdot \left(\frac{y}{\sqrt{(y)^2 + (z-h_M)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a_M}{z-h_M} \right)^2}} \right] + \\
 & + \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x-a_M}{z} \right) \cdot \left(\frac{y-b_M}{\sqrt{(y-b_M)^2 + (z)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a_M}{z} \right)^2}} \right] - \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x-a_M}{z} \right) \cdot \left(\frac{y}{\sqrt{(y)^2 + (z)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a_M}{z} \right)^2}} \right] -
 \end{aligned}$$

$$-\arcsin \left[\frac{\left(\frac{x}{z} \right) \cdot \left(\frac{y-b_M}{\sqrt{(y-b_M)^2 + (z)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a_M}{z} \right)^2}} \right] + \arcsin \left[\frac{\left(\frac{x}{z} \right) \cdot \left(\frac{y}{\sqrt{(y)^2 + (z)^2}} \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{x}{z} \right)^2}} \right], \quad (2)$$

где H_{MZ} – проекция напряженности магнитного поля ПМ на ось OZ ; M – намагниченность магнита; a_M, b_M, h_M – длина, ширина и высота постоянного магнита соответственно; x, y, z – координаты точки наблюдения относительно центра ПМ.

В результате взаимодействия магнитных полей, созданных постоянным магнитом и токовым импульсом, т.е. H_{MZ} и H_{imp} , происходит формирование результирующего магнитного поля напряженностью \vec{H}_{Res} (рис. 1), значение которого можно определить по принципу суперпозиций:

$$(H_{Res})^2 = (H_{imp})^2 + (H_{MZ})^2 \quad (3)$$

Используя выражения (1)–(3) можно определить значение результирующей напряженности магнитного поля в любой точке наблюдения.

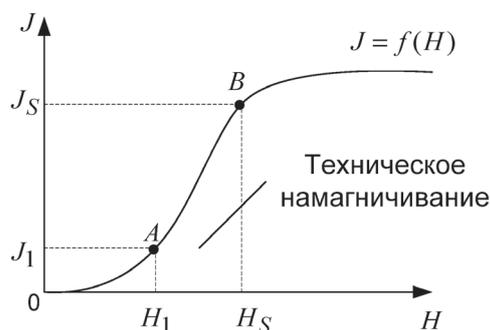
Одной из трудностей, возникающих при анализе измерительных каналов МПП, является выбор значения результирующей напряженности магнитного поля на поверхности волновода. Это значение соглас-

но [3, 4, 5] должно выбираться в диапазоне $H_1 \leq H_{Res} \leq H_S$ (рис. 2а), где H_1 и H_S – напряженности магнитного поля на краях линейного участка кривой $J=f(H)$, H_S – напряженность технического насыщения.

Необходимо отметить, что кривая намагничивания материала волновода $J=f(H)$, изображенная на рис. 2а, зависит от его предыстории и может использоваться для расчетов в случае, если волновод не находился в состоянии насыщения. В остальных случаях выбор значений напряженностей H_1 и H_S необходимо выполнять в соответствии со статической петлей гистерезиса, изображенной на рис. 2б.

Отсутствие справочных данных и способов расчета значений напряженностей магнитного поля H_1 и H_S , а также отсутствие рекомендуемого значения результирующей напряженности магнитного поля H_{RR} , представляет проблему, с которой приходится сталкиваться при расчете значения результирующей напряженности магнитного поля и анализе измерительных каналов МПП в целом.

а



б

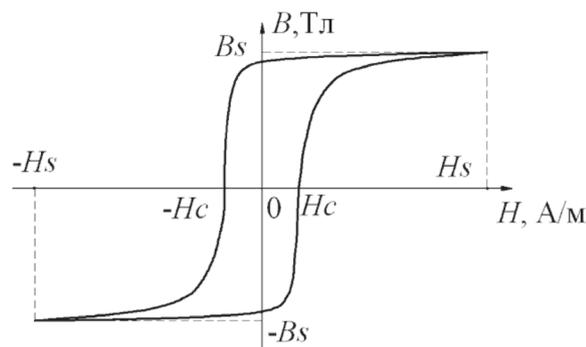


Рис. 2. Свойства материала волновода:

а – характеристическая кривая намагничивания не находившегося в состоянии насыщения;
б – статическая петля гистерезиса

Так как, согласно рис. 2б, рекомендуемое значение результирующей напряженности магнитного поля H_{RR} в среде волновода должно быть в интервале $H_C \leq H_{RR} \leq H_S$, то для разрабатываемых конструкций МПП рекомендуемое значение результирующей напряженности H_{RR} предлагается рассчитывать по формуле:

$$H_{RR} = (H_C + B_S / \mu \mu_0) / 2, \quad (4)$$

где H_C – коэрцитивная сила материала волновода; $H_S = B_S / \mu \mu_0$ – напряженность насыщения материала волновода; B_S – индукция насыщения; μ – магнитная проницаемость; μ_0 – магнитная постоянная; H_C , B_S и μ – являются справочными величинами [5].

Таким образом, для расчета одного из параметров, а именно ширины магнито-стрикционного преобразователя необходимо выполнить следующие действия:

1. Задать параметры постоянных магнитов и волновода;
 2. Справочно определить значения величин H_C , B_S и μ .
 3. По формуле (3) рассчитать рекомендуемое значение результирующей напряженности магнитного поля H_{RR} .
 4. По формулам (1), (2) и (3) рассчитать рекомендуемое значение расстояния от центра ПМ до центра волновода.
 5. Рассчитать ширину и высоту корпуса.
- Подобный расчет на этапе проектирования подобных устройств, позволяет более

точно определить габариты корпуса разрабатываемого МПП и снизить затраты на изготовление как прототипа МПП, так и их серийного выпуска.

Список литературы

1. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда / А.А. Воронцов, Ю.Н. Слесарев, Э.В. Карпухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19; № 1. – С. 25–29.
2. Воронцов А.А. Исследование оптимального значения результирующей напряженности магнитного поля в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах с использованием сплошных постоянных магнитов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, В.А. Володин, Р.В. Шабнов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2013. – № 3. – С. 299–305.
3. Воронцов А.А. Анализ распределения и моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Т.В. Дарченко, В.А. Володин // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2013. – № 3. – С. 306–310.
4. Воронцов А.А. Анализ и математическое моделирование эффективно проводящего слоя в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Д.И. Маркин, Т.В. Дарченко // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2013. – № 3. – С. 311–315.
5. Воронцов А.А. Исследование оптимального значения результирующей напряженности магнитного поля в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах с использованием кольцевых постоянных магнитов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Р.В. Шабнов, И.В. Шувалова // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2013. – № 3. – С. 316–322.

УДК 004.31

**ОБЗОР ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ
НА ПРИМЕРЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ INTEL****Карасёв А.А., Данилов Е.А.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru*

В данной статье был проведен обзор истории развития микропроцессоров от первого 4-разрядного микропроцессора корпорации Intel i4004 до наших дней. Отмечено, что Intel не всегда занимала лидирующую позицию на рынке микропроцессоров. Приведены важные моменты в развитии микропроцессоров корпорации Intel. Перечислены архитектуры современных микропроцессоров отличных от архитектуры x86 и их производители. Рассмотрены направления по увеличению производительности микропроцессоров за счет увеличения тактовой частоты и за счет улучшения логики планирования. Приведены технологические новшества, появляющиеся в новых семействах микропроцессоров корпорации Intel. Указаны современные тенденции в развитии микропроцессоров архитектуры x86, такие как постоянное уменьшение технологического процесса и расширение системы команд в частности команд для множественного потока данных.

Ключевые слова: микропроцессор, кэш-память, ЭВМ, ЦП, SIMD, CISC, RISC**OVERVIEW OF THE HISTORY OF MICROPROCESSOR PROGRESS THE
EXAMPLE OF INTEL MICROPROCESSORS****Karasoy A.A., Danilov E.A.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru*

In this article, a review of the history of the development of microprocessors from the first 4-bit microprocessor of Intel Corporation i4004 up to now. It is noted that Intel has not always held a leading position in the market of microprocessors. Important points in the development of microprocessors of Intel Corporation are given. The architecture of modern microprocessors different from x86 architecture and their manufacturers are listed. The directions for increasing the productivity of microprocessors due to the increase in the clock frequency and due to the improvement of the planning logic are considered. The technological innovations appearing in new families of microprocessors of Intel Corporation are brought. The modern tendencies in the development of microprocessors of the x86 architecture are indicated, such as the constant reduction of the technological process and the expansion of the command system in particular of instructions for multiple data flow.

Keywords: microprocessors, cache memory, computer, CPU, SIMD, CISC, RISC

Развитие электронных вычислительных машин (ЭВМ) в мире повлекло за собой и развитие микропроцессоров. Применяются новые технологии, увеличивается число ядер на одном кристалле, растет разрядность процессоров, увеличивается кэш-память всех уровней, применяются новые наборы инструкций и многое другое. Именно поэтому эта тема на сегодняшний день считается актуальной для рассмотрения. Микропроцессор самое важное устройство компьютера. Именно от него зависит уровень производительности любого компьютера, и не только персонального. Микропроцессоры окружают человека везде, почти вся современная электронная техника оснащена микропроцессором или микроконтроллером для управления ее работой.

Начало 70-х годов ознаменовалось рождением нового и как оказалось, весьма перспективного направления в развитии вычислительной техники. В 1971 г. был выпущен первый в мире микропроцессор. Это был однокристалльный микропроцессор, получивший название i4004. Процессор i4004 стал технологическим триумфом корпорации Intel, устройство было сравнимо

по своей вычислительной мощи с первой ЭВМ ENIAC. Новая технология, практически сразу, легла в основу создания программируемых калькуляторов. Появление микропроцессора изменило весь рынок микроэлектроники, а именно появлению тех самых компьютеров, на которых мы работаем сегодня.

Удивительно, но сразу после появления процессора i4004 корпорация Intel утратила лидерство на рынке, компании Zilog и Motorola – были лидерами микропроцессорного рынка в 70-х годах. Но Intel создала совершенно новый процессор, который стал прототипом современных процессоров персональных компьютеров. Это был восьмиразрядный процессор i8080. i8080 являлся основой первого в мире персонального компьютера Altair. Все процессоры x86 – это дальние потомки i8080. Несмотря на свое огромное значение и большой объем продаж, на рынке этот процессор потеснил более удачный Zilog Z80, который, в свою очередь, был обязан такой популярностью i8080. Процессор Z-80 создала группа инженеров, ранее работавших в Intel и участвовавших в разработке i8080.

В 80-х годах Intel открыла эру высокопроизводительного настольного компьютерного оборудования. В 1982 г. вышел современнейший, по тем временам, микропроцессор i286 [1], который уже тогда, кроме неслыханной производительности, имел возможности по обеспечению многозадачного и защищенного режима. Также он поддерживал обращение к расширяемой памяти, объемом до 8 МВ. В 1985 г. появился микропроцессор i386. Процессор i386 имел не только завершённую систему поддержки многозадачного режима, механизм защиты сегментов, но и мог оперировать оперативной памятью объемом до 64 МВ.

Значительной вехой в истории развития архитектуры процессоров персональных компьютеров стало появление процессора i486 [1]. Производственный техпроцесс к тому времени достиг больших успехов, благодаря чему удалось расположить в ядре процессора 1,5 млн. транзисторов, что было почти в 6 раз больше, чем у микропроцессоров предыдущего поколения. Он был в 1500 раз быстрее i4004. В архитектуре процессора персонального компьютера впервые появился конвейер на пять стадий. Конвейерные вычисления были, конечно, известны задолго до появления персональных компьютеров, но высокая степень интеграции теперь позволила применить этот эффективный способ вычислений и в персональном компьютере. На одном кристалле Intel разместила и собственно процессор, и математический сопроцессор, и кэш-память L1, которые до этого располагались в отдельных микросхемах. Тактовая частота микропроцессора даже превысила тактовую частоту системной шины. Эта революция произошла спустя 20 лет после появления первого микропроцессора, в октябре 1989 года.

С момента выпуска 486-го процессора технологический процесс производства микропроцессоров начал развиваться бурными темпами. В 90-х годах началась эра Pentium [1]. Практически каждый год корпорация Intel выпускала все более и более совершенные микропроцессоры. Процессор Pentium совершил переворот в компьютерной индустрии персональных компьютеров. Стоимость микропроцессоров стала падать, а значит, персональный компьютер стал более доступным всем слоям населения. Компьютер стал по-настоящему персональным. Значит, ориентирован на обычного пользователя, не владеющего глубокими знаниями в этой области.

Доминирующее положение на рынке универсальных микропроцессоров занимают микропроцессоры с системой команд x86 основными производителями, которых являются Intel и AMD. Ежегодный рост выпуска таких микропроцессоров составляет 10–15%. Доля остальных микропроцессоров с RISC-архитектурой составляет около 20 % рынка.

В настоящее время производятся и используются вычислительные системы на базе микропроцессоров следующих архитектур представленных в таблице.

Архитектуры микропроцессоров

Архитектура микропроцессора	Разработчик
x86	Intel, AMD
IA64	Intel
PowerPC	Motorola, IBM, Apple
Power	IBM
Alpha	DEC
HP/PA	Hewlett-Packard
SPARC	SUN
MAJC	SUN
MIPS	MIPS

Исторически микропроцессоры с архитектурой x86 доминировали в персональных ЭВМ, а RISC процессоры использовались в рабочих станциях, высокопроизводительных серверах и суперкомпьютерах. В настоящее время процессоры с архитектурой x86 несколько потеснили RISC процессоры в их традиционных областях применения, в то же время, некоторые производители рабочих станций, например, SUN, пытаются выйти со своими процессорами на рынок персональных ЭВМ.

На сегодняшний день основные производители микропроцессоров обладают примерно равными технологическими возможностями, поэтому в борьбе за скорость на первое место выходит фактор архитектуры. Архитектура микропроцессоров на протяжении ряда лет развивается по двум магистральным направлениям. В рамках каждого направления в той или иной степени используются ранее рассмотренные архитектурные приемы повышения производительности, но имеются и собственные приоритеты.

Первое направление получило условное название Speed Daemon. Оно характеризуется стремлением к достижению высокой производительности главным образом за счет высокой тактовой частоты при упрощенной

внутренней структурной организации микропроцессора.

Второе направление Drainias связано с достижением высокой производительности за счет усложнения логики планирования вычислений и внутренней структуры процессора. Каждое из направлений имеет собственных противников и сторонников и.

Компании производители RISC процессоров создали и активно развивают свои микропроцессорные архитектуры, обеспечивая обратную программную совместимость между поколениями микропроцессоров одного семейства при уменьшении технологических норм производства и увеличении производительности. В поисках способов достижения максимальной производительности разработчики микропроцессоров с RISC архитектурой все чаще позволяют себе отходить от ее канонических принципов. В то же время, в микропроцессорах CISC архитектуры, яркими представителями которых является семейство x86, внедряются решения, наработанные при создании RISC процессоров.

Корпорация Intel является одной из передовых в производстве микропроцессоров. IntelCore 2 Quad – семейство четырех ядерных процессоров Intel, в котором объединяются два двухъядерных кристалла на одной платформе. Для производства процессора был использован 45-нм технологический процесс. Хотя эти процессоры и являются очередными вариантами широко распространенной микроархитектуры Core, они представляют немалый интерес. Дело в том, что Quad – это не простой результат перевода предыдущих 65-нм процессорных ядер на новую производственную технологию. В них инженеры Intel реализовали целый ряд усовершенствований, направленных на увеличение производительности, достигаемое без роста тактовой частоты. В его основе лежит два полупроводниковых двухъядерных кристалла Wolfdale, собранных в единую процессорную упаковку.

Для освоения 45-нм технологического процесса Intel провела огромную научно-исследовательскую работу, в рамках которой классические диэлектрические материалы, применяемые с 60-х годов прошлого века для производства интегральных микросхем, были заменены на принципиально новые. Новые 45-нм транзисторы используют металлический затвор вместо затвора из поликристаллического кремния, а также диэлектрик с высокой диэлектрической проницаемостью – силицид гафния.

Эти изменения в конструкции полупроводниковых элементов позволяют решить сразу несколько насущных задач. Новый технологический процесс с нормами 45 нм почти вдвое поднимает плотность расположения транзисторов на кристалле, а кроме того, примерно на 20 % увеличивает их скорость переключения и на 30 % снижает необходимую для этого мощность. В качестве дополнения, благодаря новым материалам значительно уменьшаются и токи утечки: в канале исток-сток – ориентировочно в пять раз, а через диэлектрик затвора – примерно на порядок.

Вместе с увеличением объема кэш-память микропроцессоры получила дополнительную функцию. Цель этого нововведения заключается в ускорении выборки из кэш-памяти неправильно выровненных данных, части которых могли бы быть помещены в одной строке, но попали в разные строки кэша. Новая функция пытается предугадать такие данные и сделать их выборку из кэша столь же быстрой, как если бы они лежали в одной строке. В теории, это усовершенствование может ускорить работу приложений.

Микропроцессоры обладают расширением системы SIMD-команд. Intel ввела поддержку набора SSE4.1, состоящего из 47 новых инструкций. Тем не менее, новые команды, несмотря на достаточно большое их количество, не представляют собой связанного множества, набор SSE4 включает разнородные дополнения к уже существующим SIMD-инструкциям. Новые команды, по традиции, должны будут помочь в увеличении скорости работы с трёхмерной графикой, с потоковым видео и в целом ряде научных вычислительных задач.

Корпорация Intel взяла хороший темп смены технологических процессов и процессорных архитектур. Как планируется, новые микроархитектуры теперь будут предлагаться Intel каждые два года, а через год после их внедрения процессорные ядра должны будут переводиться на новый техпроцесс с внесением в них некоторых небольших усовершенствований. Согласно этому плану, ближе к концу следующего года ожидается встреча с принципиально новой архитектурой.

Сейчас лидерство оставляет за собой корпорация Intel, но AMD ведет бурные исследовательские работы и, возможно, в скором будущем выпустит на рынок совершенно новый и мощный микропроцессор.

Список литературы

1. Брэй Б. Микропроцессоры Intel: 8086/8088, 80186/80188, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro Processor, Pentium 4. Архитектура, программирование и интерфейсы. – М.: БХВ-Петербург, 2005. – 1328 с.

УДК 004.9

ВЫБОР СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Кармышова Ю.В., Сальников И.И.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,
e-mail: alexey314@yandex.ru*

В статье описан метод многопараметрического выбора средств обработки последовательного потока данных для специализированных систем цифровой обработки информации. В зависимости от предметной области задаются характеристики входного временного сигнала, такие как динамический диапазон, средне-квадратическая ошибка, отношение сигнал/шум, а также максимальная частота в спектре сигнала. Эти параметры определяют характеристики аналого-цифрового преобразования. Затем необходимо представить алгоритм цифровой обработки информации. Далее выполняется формирование целевой функции на основе нормализации характеристик, приводящих оценки всех параметров к одному масштабу и размерности, что необходимо для их сопоставления. Затем формируется множество допустимых решений с учетом взаимосвязи основных характеристик алгоритмов и выполняется определение схемы компромиссов, когда полученные частные решения объединяются в одно общее решение.

Ключевые слова: средство реализации алгоритма, цифровая обработка информации, функция выбора

CHOICE TOOLS OF A REALIZATION OF ALGORITHM OF DIGITAL INFORMATION PROCESSINGS WITH USE MULTIPARAMETER FUNCTION

Karmyshova Y.V., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: alexey314@yandex.ru

The article describes a method of multiparameter selection of means for processing a serial data stream for specialized digital information processing systems. Depending on the subject area, the characteristics of the input time signal are set, such as the dynamic range, the root-mean-square error, the signal-to-noise ratio, and the maximum frequency in the signal spectrum. These parameters determine the characteristics of the analog-to-digital conversion. Then it is necessary to present the algorithm of digital information processing. Next, the objective function is formed on the basis of the normalization of characteristics, leading to estimates of all parameters to the same scale and dimension, which is necessary for their comparison. Then, a set of admissible solutions is formed taking into account the interrelation of the main characteristics of the algorithms and the determination of the scheme of compromises is carried out when the obtained particular solutions are combined into one general one.

Keywords: the tool of a realization of algorithm, digital information processing, choice function

К настоящему времени накоплен богатый опыт в методах и средствах реализации алгоритмов цифровой обработки информации (ЦОИ). Однако, выбор этих средств реализации является в большей степени субъективным. В первую очередь, при этом, играет приверженность и имеющийся практический опыт разработчиков к тем или иным средствам реализации. При таком субъективном подходе невозможно оценить – насколько оптимальным явилось выбранное средство. Это обстоятельство усугубляется усложнением решаемых задач в связи с широким развитием информационных технологий.

В этой связи актуальной является задача разработки методов выбора и обоснования средств реализации алгоритмов ЦОИ. В общем виде, поставленную задачу решить практически невозможно из-за огромного количества условий, которые необходимо учесть. Поэтому ограничим область применимости средств реализации алгоритмов двумя условиями:

– исходным сигналом для разрабатываемого устройства или системы ЦОИ является последовательный временной сигнал $S(t)$, преобразуемый в последовательный поток данных. Подобные сигналы имеют широкое распространение. К ним можно отнести сигнал ТВ-изображения с выхода телекамеры в системах технического зрения, сигналы передачи данных по сетям, сигналы в системах сбора и обработки информации, сигналы с выходов датчиков в технических средствах охраны и т.п.;

– другим условием, ограничивающим рассматриваемую предметную область, является реализация алгоритмов ЦОИ в виде специализированных устройств и систем. Это значит, что проектируется некоторое устройство с заданными функциями, которые в процессе эксплуатации кардинально не изменяются. Например, это может быть телевизионный датчик с реализованными в нем алгоритмами накопления, обнаружения и классификации изображений. Это может быть цифровая система сопровождения

и целеуказания для высокоточных технологий. Это может быть бортовой вычислитель координат местонахождения объекта в пространстве в глобальной системе навигации и т.п. То есть, специализированные устройства и системы выделяются нами в противовес универсальным ЭВМ, в которых может быть реализован любой алгоритм ЦОИ, и которые обладают целым рядом преимуществ перед специализированными устройствами и системами и лишь в одном уступают им – это в экономической целесообразности использования универсальных ЭВМ в специфических задачах ЦОИ.

В данной статье обсуждается метод многопараметрического выбора средств обработки последовательного потока данных для специализированных систем обработки информации. Любая задача выбора является задачей целевого сужения множества альтернатив, при этом задачу выбора лучшего решения можно разделить на три подзадачи:

- формирование целевой функции на основе нормализации характеристик, приводящих оценки всех параметров к одному масштабу и размерности, что необходимо для их сопоставления;

- получение множества допустимых решений с учетом взаимосвязи основных характеристик алгоритмов;

- определение схемы компромиссов, т.е. объединение полученных частных решений в одно общее.

Описание альтернатив, правил их сравнения даются в терминах какой-либо измерительной шкалы. В результате приходим к задаче выбора в условиях неопределенности, в которой применяют методы, учитывающие критерии отбора признаков, и использующих свертку совокупности показателей к единственному. Выделяется главный критерий, ограничивая значения остальных, либо свертываются все критерии в один суперкритерий.

Другим подходом является использование многокритериального выбора, устанавливающего соотношение между всеми критериями выбора, которые являются для данной задачи локальными показателями.

При проектировании быстродействующих устройств обработки последовательного потока данных разработан критерий выбора и обоснования использования средств реализации исходного алгоритма. При этом, исходными условиями являются априорные данные о сигнале, помеховой обстановке и условиях обработки. На основе анализа

исходного алгоритма и параметров обрабатываемого сигнала, формируются требования к средствам реализации. Обобщая все вышеизложенное приведем схему (рис. 1), показывающую взаимосвязь между заданным алгоритмом, вычислительным процессом, а также способами и средствами реализации алгоритма.

В зависимости от предметной области задаются характеристики входного временного сигнала, такие как динамический диапазон (или максимальное и минимальное значение сигнала), среднеквадратическая ошибка (СКО) представления входного сигнала, а также максимальная частота в спектре сигнала. Альтернативой СКО может служить отношение сигнал/шум. Эти параметры определяют характеристики АЦП и если они не заданы, то как минимум, необходимо задать разрядность и интенсивность входного потока данных.

Затем для выбора и обоснования средства реализации необходимо представить алгоритм ЦОИ в виде описания на естественном языке или на языке программирования высокого уровня, посредством логических схем, графов и т.д.

На основании представленного алгоритма формируется вычислительный процесс, представляющий собой последовательность элементарных операций.

Подобный выбор средств реализации алгоритмов рассматривался в работе [1]. Однако там осуществлялся выбор между аналоговыми, когерентно-оптическими и цифровыми средствами обработки сигналов. В данной работе рассматривается выбор между программными и аппаратными цифровыми средствами обработки сигналов.

Для разработки методики выбора средства реализации необходимо связать некоторой универсальной характеристикой множество параметров сигнала и алгоритма с характеристиками средств реализации, то есть необходимо сформировать некоторую целевую функцию вычислительного процесса:

$$\beta_{\text{ВП}} = \beta_{\text{ВП}} \{X_1, X_2, \dots, X_m | \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m\}, \quad (1)$$

которая будет зависеть от множества параметров $\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ таких как динамический диапазон входного сигнала, количество отсчетов входного и выходного сигнала, количество вычислительных операций, время преобразования, а также от их характеристических свойств $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m\}$. Все параметры, входящие в (1), могут быть представлены в единицах различных физи-

ческих величин. Удобнее в качестве аргументов целевой функции (1) использовать безразмерные параметры, выполняя нормирование каждого из множества $\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ по множеству $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m\}$. В результате получим нормированные безразмерные параметры: $K_{\Pi i} = X_i / \gamma_i$. Тогда целевая функция примет вид:

$$\beta_{\text{ВП}} = \beta_{\text{ВП}} \{K_{\Pi 1}, K_{\Pi 2}, \dots, K_{\Pi m}\}. \quad (2)$$

алгоритмов. Определим следующие параметры моделей алгоритма: динамический диапазон входного сигнала D_S ; вид преобразования в виде параметра трансформации отсчетов N_{TO} ; количество вычислительных операций N_{OP} ; параметр сложности алгоритма, учитывающий статистические свойства операций P_{OP} ; время выполнения преобразования вычислительным процессом $T_{\text{ВП}}$.

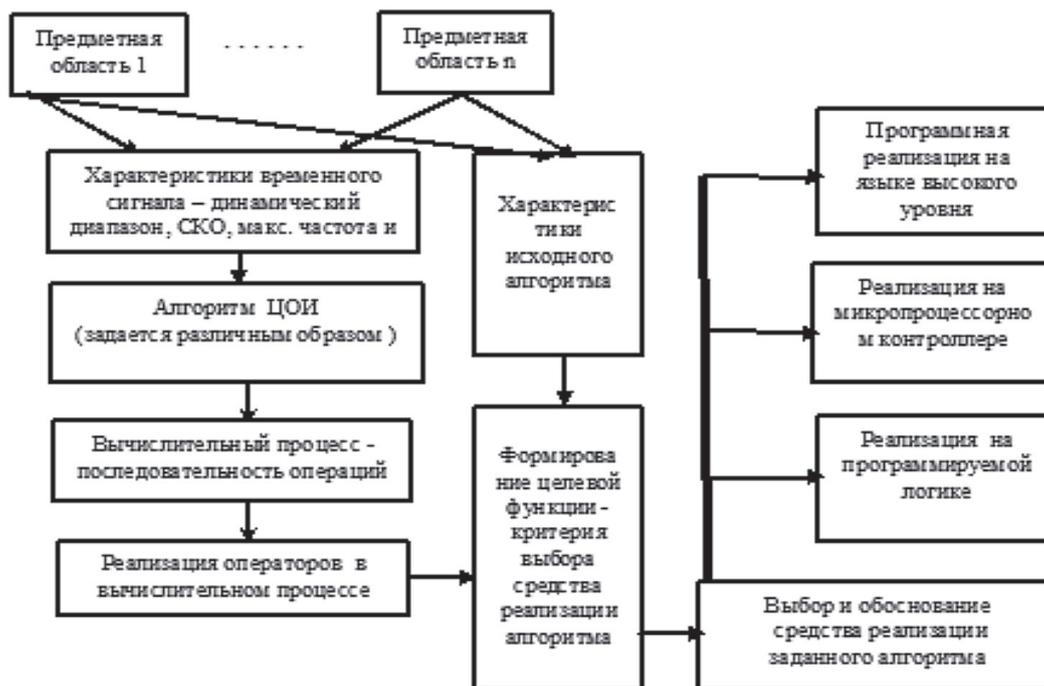


Рис. 1. Структурная схема

Множество параметров необходимо объединить некоторой функцией, которая даст нам обобщенный параметр α_{Π} :

$$\alpha_{\Pi} = f \{K_{\Pi 1}, K_{\Pi 2}, \dots, K_{\Pi n}\}. \quad (3)$$

В работе предлагается для решения задачи оптимального выбора средства реализации заданного алгоритма определить преобладающий тип операций, влияющий на быстродействие и производительность проектируемых устройств ЦОИ. Для этого выделим три основных вида алгоритмов: управляющие, вычислительные и преобразовательные.

Для каждого вида алгоритма необходимо создать модели, характеризующие поведение целевой функции в зависимости от интегрального параметра α_{Π} и определяющие выбор различных средств реализации

Далее необходимо пронормировать полученные параметры $\{D_S, N_{TO}, N_{OP}, P_{OP}, T_{\text{ВП}}\}$ по множеству характеристических свойств $\{\gamma_s, \gamma_{то}, \gamma_{оп}, \gamma_p, \gamma_T\}$, чтобы получить безразмерные параметры. Совокупность всех нормированных параметров модели алгоритма объединим некоторой параметрической функцией – $\alpha_{\Pi}^{(M)} = f \{K_{\Pi 1}, K_{\Pi 2}, \dots, K_{\Pi n}\}$. Таким образом, целевая функция распадается на три для каждой модели алгоритмов:

$$\beta_{\text{ВП}}^{(M)} = \beta_{\text{ВП}}^{(M)} \{ \alpha_{\Pi}^{(M)}, K_{\text{BA}}^{(M)} \}; \quad (4)$$

где $K_{\text{BA}}^{(M)}$ – коэффициент, учитывающий вид модели алгоритма.

В работе выделены три основных средства реализации алгоритмов: программные, с использованием языков программирования высокого уровня и реализуемые

на ПЭВМ; микропроцессорные на базе микроконтроллеров; средства реализации с использованием программируемой логики на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС).

Для каждой из указанных выше моделей алгоритмов (рис. 2) определена целевая функция вычислительного процесса $\beta_{\text{ВП}}^{(M)}$ (4), графики которых представлены на рис. 4. Коэффициент вида алгоритма $K_{\text{ВА}}^{(M)}=0$, соответствует управляющим алгоритмам, $K_{\text{ВА}}^{(M)}=1$ – вычислительным, $K_{\text{ВА}}^{(M)}=2$ – преобразовательным алгоритмам. На графиках целевых функций моделей алгоритмов отмечены три зоны – области значений целевой функции, соответствующие средствам реализации: зона 1 – для программных средств (ПС), зона 2 – для микропроцессорных (МП), зона 3 – для программируемой логики (ПЛИС). Совокупность зон определяет множество средств реализации моделей алгоритмов $\text{CP}^{(M)} = \{\text{ПС}, \text{МП}, \text{ПЛИС}\}$.

ший вид алгоритма. Попадание точки $\beta_{\text{ВП}}^{(A)}$ в соответствующую зону целевой функции модели алгоритма и определяет средство реализации. Условие попадания в некоторую зону средств реализации можно записать в виде

$$\beta_{\text{ВП}}^{(A)} \in \Delta_{\text{CP}}^{(M)}.$$

В общем виде решение о выборе средства реализации примет вид:

$$\text{CP}^{(A)} = \text{CP}^{(M)}\{\text{ПС}, \text{МП}, \text{ПЛИС}\},$$

при $\beta_{\text{ВП}}^{(A)} \in \Delta_{\text{CP}}^{(M)}$, (4)

т.е. принимается решение о выборе средства реализации алгоритма $\text{CP}^{(A)}$, принадлежащего множеству $\text{CP}^{(M)}$ при условии попадания значения целевой функции заданного алгоритма $\beta_{\text{ВП}}^{(A)}$ в интервал значений, соответствующих одной из трех зон целевой функции $\Delta_{\text{CP}}^{(M)}$.

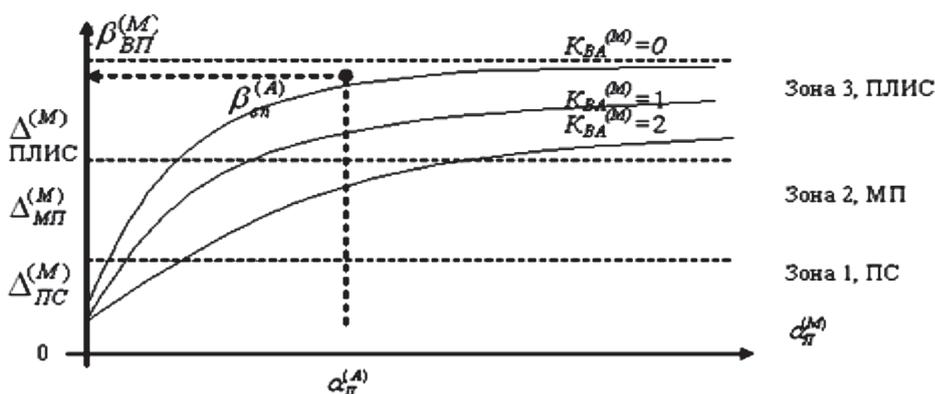


Рис. 2. Целевая функция выбора

В качестве критерия выбора средства реализации заданного алгоритма используется соотношение между значением целевой функции $\beta_{\text{ВП}}^{(A)}$ для конкретного алгоритма и целевой функцией соответствующей модели алгоритма $\beta_{\text{ВП}}^{(M)}$.

$$\beta_{\text{ВП}}^{(A)} = \beta_{\text{ВП}}^{(M)}(\alpha_{\text{П}}^{(A)}, K_{\text{ВА}}^{(A)}), \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{П}}^{(A)}$ – обобщенный параметр исходного алгоритма; $K_{\text{ВА}}^{(A)}$ – параметр, учитываю-

Далее необходимо определить аналитический вид зависимостей (2), (3) и граничные значения зон и значений интервалов $\Delta_{\text{CP}}^{(M)}$, что будет сделано в последующих работах.

Список литературы

1. Сальников И.И. Выбор и обоснование метода обработки растровых пространственно-временных сигналов // Современные технологии безопасности. – 2003. – №2. – С. 19–21.

УДК 004.032.26:004.9

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ

Козинов Е.И., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: alexey314@yandex.ru

Работа посвящена исследованию методов и средств идентификации личности при работе на компьютере. Особенно это актуально для крупных, стратегически важных объектов. К тому же пользовательские компьютеры, используемые на предприятиях, намного чаще подвергаются атакам недоброжелателей с целью завладеть конфиденциальной информацией. Достижения и разработки в области обеспечения информационной безопасности позволяют охранять данные от несанкционированного доступа, при этом способы защиты информации продолжают совершенствоваться и усложняться. Особая роль отводится биометрическим признакам пользователя, одним из которых является клавиатурный почерк. Наиболее перспективным методом решения задачи идентификации пользователя по клавиатурному почерку представляется использование трехслойного перцептрона Розенблатта. Применение нейронных сетей позволяет упростить математический аппарат обработки данных и уменьшить вероятность возникновения ошибок второго рода – положительного результата идентификации для незарегистрированных пользователей.

Ключевые слова: клавиатурный почерк, биометрические признаки, идентификация личности, нейросети

STUDY OF BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEMS BY KEYBOARD LACKING

Kozinov E.I., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: alexey314@yandex.ru

The work is devoted to the research of methods and means of identification of a person when working on a computer. This is especially true for large, strategically important facilities. In addition, user computers used in enterprises are much more likely to be attacked by detractors in order to seize confidential information. Advances and developments in the field of information security allow you to protect data from unauthorized access, while ways of protecting information continue to improve and become more complex. A special role is assigned to the user's biometric features, one of which is the keyboard handwriting. The most promising method for solving the problem of user identification using the keyboard handwriting is the use of a three-layered Rosenblatt perceptron. The use of neural networks makes it possible to simplify the mathematical apparatus of data processing and reduce the likelihood of errors of the second kind – a positive identification result for unregistered users.

Keywords: keyboard handwriting, biometric signs, identity identification, neural networks

Исследования в области биометрических средств идентификации личности активно применяются для авторизации пользователей на устройствах, как, например, Face ID на iPhone X.

В совокупности с искусственными нейронными сетями БСИ могут применяться для решения самых разных задач. К таким способам относят и идентификацию личности по ритму работы на клавиатуре. Актуальность подобных систем в выбранной предметной области велика как никогда: в наше время информация считается одним из ценнейших ресурсов.

На сегодняшний день существует множество способов идентификации личности, но наиболее надежна идентификация по биометрическим признакам [1]. Наиболее популярна в последнее время идентификация пользователя по клавиатурному почерку. Современные исследования показывают, что клавиатурный почерк пользователя обладает некоторой стабильностью.

Первые функциональные биометрические системы идентификации появились в середине 80-х гг. прошлого века, но ши-

рокого распространения в России того времени они ещё не получили. Но после первой половины 1990-х годов, из-за роста преступности и мошеннических действий начинается активное соперничество среди разработчиков систем защиты и управления доступом. Первые такие системы пользовательского уровня появились в конце 90-х годов 20 века, данные системы совершенствуются и становятся все более точными, надежными и по сей день.

Для анализа и сравнения были выбраны наиболее популярные на данное время системы, проводящие анализ ритма работы на клавиатуре пользователя: SpeedTyping, FastFingers и система «Скорописание».

Сервис по распознаванию скорости печати SpeedTyping предназначен для того, чтобы узнать, насколько виртуозно пользователь владеет основами набора текста на клавиатуре, а постоянная тренировка в данной программе позволяет улучшить скорость печати.

Интерфейс данной программы можно увидеть на рис. 2. К достоинствам данной системы можно отнести возможность точ-

ного определения набора каждого слова, так как зафиксированное время набора отражается в конечной статистике. А также присутствует возможность определения средней скорости печати в символах в минуту.

Учитывая все достоинства, недостатки и тенденции, можно создать удобную, недорогую систему идентификации личности по клавиатурному почерку с максимальной высокой точностью результата, которая при этом будет с легкостью использоваться любым пользователем или организацией.

появится без ее детального анализа. Она включает в себя отдельные части, которые называются подсистемами (функциональными или обеспечивающими). Функциональная часть состоит из ряда подсистем, которые решают конкретные задачи планирования, контроля, анализа, учета и управления деятельностью объектов.

Для более понятного представления работы подсистемы были созданы диаграммы деятельности и последовательности. Диаграмма деятельности (Activity

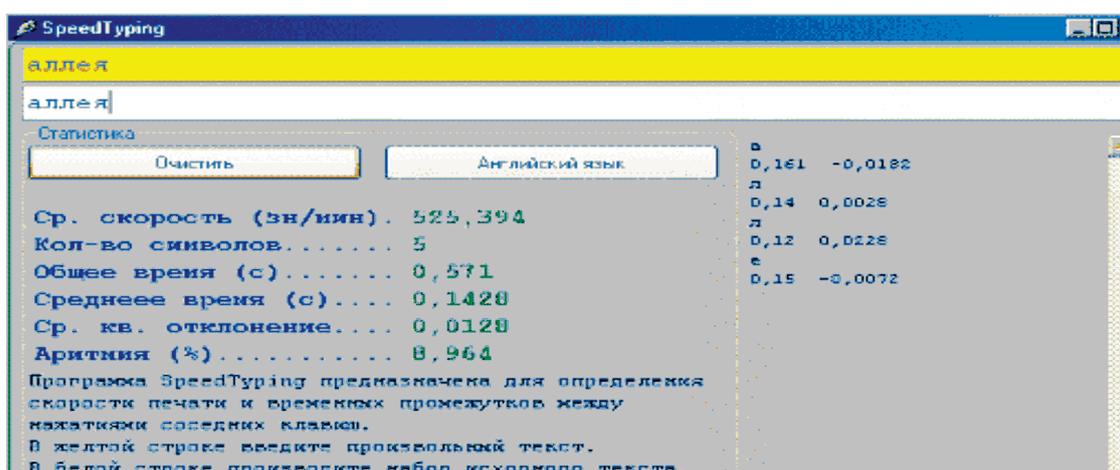


Рис. 1. Интерфейс системы «SpeedTyping»

В данной работе задействованы методы экспериментально-теоретического и теоретического уровней, такие как теоретический анализ литературных источников, анализ статистики и обзор СМИ.

Методология системного анализа служит для построения концептуальной модели и заключается в разбиении предметной области на отдельные компоненты и взаимосвязи между ними [6]. Моделирование и представление структуры разрабатываемой системы позволяет предупредить появление большинства ошибок, которые могли

diagram) – это диаграмма, показывающая структуру проводимой деятельности, ее части. Деятельность – это поведение системы или пользователя в виде последовательности или параллельности исполнения зависимых элементов, некоторых определенных отдельных действий, соединенных между собой [13].

В данном случае диаграмма деятельности позволяет подробно описать логику производимых действий при работе с подсистемой. Диаграмма деятельности работы подсистемы показана на рис. 2.



Рис. 2. Диаграмма деятельности работы подсистемы

При работе подсистемы используется такая информация, как количество ошибок при наборе, интервалы между нажатиями клавиш, время удержания клавиш, число перекрытий между клавишами, степень аритмичности при наборе, скорость набора.

В работе рассмотрены 4 основных вида нейронных сетей, таких как: перцептрон, сеть Хопфилда, регрессионная нейронная сеть, сверточная нейронная сеть, данные о которых сведены в общую таблицу.

– второй слой – скрытый, состоит из k формальных нейронов с сигмоидной активаторной функцией,

– третий слой – выходной, состоит из p формальных нейронов с сигмоидной активаторной функцией, где p – число зарегистрированных пользователей.

Применение нейронных сетей позволяет упростить математический аппарат обработки данных и уменьшить вероятность возникновения ошибок второго рода – по-

Сравнительный анализ нейронных сетей

Тип нейронной сети	Цель использования	Соответствие поставленной задаче
Перцептрон	Простые математические вычисления	Высокое
Сеть Хопфилда	Реализация восстановления эталонных данных по искаженному (зашумленному) образу	Низкое
GRNN	Решение задач регрессии, аппроксимации и анализа	Среднее
Сверточная сеть	Обработка и распознавание изображений	Низкое

Наиболее перспективным методом решения задачи идентификации пользователя по клавиатурному почерку представляется использование трехслойного перцептрона Розенблатта следующей конфигурации:

– первичный слой – входной, состоит из k формальных нейронов с линейной активаторной функцией, где k – размерность входного вектора, содержащего параметры клавиатурного почерка пользователя;

ложительного результата идентификации для незарегистрированных пользователей. В результате возможно существенное повышение надежности и устойчивости работы систем идентификации пользователя по клавиатурному почерку.

Последний этап – создание и обучение нейронной сети. Этим занимается администратор.

Процесс обучения включает в себя настройку нейронной сети для ее корректной

работы в последующем. Настройка осуществляется благодаря использованию тренировочного набора примеров. Поэтому, после прохождения обучения разрабатываемая система идентификации приобретает способность реагировать и отвечать похожими реакциями на один тип объектов и отличными на другой.

Система идентификации по ритму работы на клавиатуре осуществляет контроль управления доступом к данным на компьютерах, проводя сравнительный анализ ритма работы пользователя с заданным эталонным значением. Вовремя зафиксированные несанкционированные попытки доступа помогают повысить информационную безопасность организации.

При работе системы используется такая информация, как количество ошибок при наборе, интервалы между нажатиями клавиш, время удержания клавиш, число перекрытий между клавишами, степень аритмичности при наборе, скорость набора. Требования к техническому и программному обеспечению основываются на наличии клавиатуры и компьютера для обработки полученных данных.

Преимущества биометрических систем безопасности очевидны: уникальные человеческие качества трудно подделать, а в отличие от бумажных идентификаторов (паспорт, водительские права, удостоверение личности) они еще и не могут быть забыты или потеряны.

Подобные системы позволяют повысить эффективность работы персонала и его безопасность, а также безопасность информационных ресурсов организации, что мешает конкурентам случайно завладеть конфиденциальной информацией.

Так же это наиболее эффективный способ идентификации личности, использующей персональный компьютер или другую вычислительную машину.

Искусственная нейронная сеть, которая обучена и настроена, может использоваться на реальных входных данных, не только подсказывая пользователю корректное решение, но и проверяя степень его соответствия эталонному.

Список литературы

1. Фетистов Н.А., Солодков Н.Н. Информатика. Проектирование и разработка ИС: методические указания к выполнению НИР для студентов очной формы обучения. – Брянск: БГТУ, 2014. – 68 с.
2. Хеник Б. Проектирование информационных систем. Путь к совершенству. – М.: Высшая школа, 2015 г. - 64 с.
3. Головин К.Р. Мониторинг производства на предприятии. – Брянск: БГТУ, 2014. – Вып. 9. – С. 57–65.
4. Дильсон С.М. Информационные системы: проектирование и использование: Учебник. – М: Финансы и статистика, 2014. – 92 с.
5. Гамминский Э., Хелм Р. Приемы объектно-ориентированного проектирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 68 с.
6. Нотация и семантика языка UML/ИНТУИТ. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/32/32/lecture/1004>, свободный (дата обращения 9.12.2017 г.). – Заголовок с экрана.
7. Теория и практика UML. Диаграмма последовательности/it-gost.ru. URL: http://www.it-gost.ru/articles/view_articles/96, свободный (дата обращения 10.12.2017 г.). – Заголовок с экрана.
8. Учебник по нейронным сетям. URL: <http://www.neuralnet.info>, свободный (дата обращения 19.12.2017 г.). – Заголовок с экрана.
9. Библиотека системного программирования. Выбор нейронной сети/<http://www.frolov-lib.ru>. URL: <http://www.frolovlib.ru/books/hi>, свободный (дата обращения 20.12.2017). – Заголовок с экрана.
10. Сервис анализа печати на клавиатуре «Скорописание.ру». URL: <http://www.skoropisanie.ru/begin.php> – Заголовок с экрана, свободный (дата обращения 16.12.2017).
11. Сервис анализа печати на клавиатуре «FastFingers». URL: <https://10fastfingers.com/typing-test/russian> – Заголовок с экрана, свободный (дата обращения 16.12.2017).

УДК 519.768

ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКОЙ, СТАТИСТИЧЕСКОЙ И НЕЙРОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА

Колганов Д.С., Данилов Е.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

В статье приводится обзор технологий машинного перевода. Рассмотрены области применения машинного перевода. Описана аналитическая технология машинного перевода, вначале рассматривается процесс перевода, затем приводятся достоинства и недостатки данной технологии. Описывается состав системы машинного перевода на основе статистической технологии, отмечаются ее сильные и слабые стороны. Последней рассматривается нейронная технология машинного перевода, которая начала развиваться сравнительно недавно, но уже и применяется в Google и Яндекс. Производится сравнение статистической технологии и нейронная технология машинного перевода, а также указываются достоинства и недостатки нейронная технологии. Приводятся рекомендации по использованию технологий машинного перевода. В завершении говорится о том, что нейронная технология машинного перевода является самой перспективной, но на сегодняшний день не является самой лучшей в первую очередь из-за недостатка обучающих данных в различных предметных областях.

Ключевые слова: аналитический машинный перевод, статистический машинный перевод, нейронный машинный перевод, RBMT, CBMT, NMT

OVERVIEW OF ANALYTICAL, STATISTICAL AND NEURAL MACHINE TRANSLATION TECHNOLOGIES

Kolganov D.S., Danilov E.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

The article gives an overview of machine translation technologies. Areas of application of machine translation are considered. The rule-based machine translation is described, the translation process is first considered, then the advantages and disadvantages of this technology are given. The composition of the machine translation system is described on the basis of corpus-based machine translation, its strengths and weaknesses are noted. The latter is considered the neural machine translation, which began to develop relatively recently, but already applied in Google and Yandex. A comparison of corpus-based and neural machine translation is performed, as well as the advantages and disadvantages of neural machine translation. Recommendations are given on the use of machine translation technologies. In the end, it is said that the neural machine translation is the most promising, but to date it is not the best, primarily due to the lack of training data in various subject areas.

Keywords: rule-based machine translation, corpus-based machine translation, neural machine translation, RBMT, CBMT, NMT

Об автоматическом переводе текстов впервые заговорили уже с момента появления первых электронных вычислительных машин. Потенциальные сферы применения машинного перевода достаточно многообразны. Например, машинный перевод полезен – на бытовом уровне, упрощая коммуникацию людей различных языковых групп, не обладающих должными языковыми навыками. Машинный перевод актуален и в бизнес-сфере, когда требуется перевод значительных объемов данных.

На данный момент существуют 3 технологии машинного перевода:

- аналитический машинный перевод;
- статистический машинный перевод;
- нейронный машинный перевод.

Аналитический машинный перевод (RBMT, rule-based machine translation, машинный перевод, основанный на правилах) [1] – исторически первая технология машинного перевода. Метод подразумевает использование набора правил перевода из исходного языка в целевой, написанных

лингвистом, и двуязычных словарей – набора лексических элементов обоих языков. Анализ в данном методе зачастую сильно завышен, а процесс перевода проходит следующие этапы:

1. Морфологический анализ, в ходе которого указывается род, число, лицо и другие морфологические характеристики слов. При этом возникает проблема многозначности, когда одно и то же слово может относиться к разным частям речи.

2. Объединение отдельных слов в группы.

3. Синтаксический анализ предложения, то есть определение членов предложения и их места в предложении. Сначала программа ищет сказуемое. Затем перед найденным сказуемым ищется подлежащее. Если его там нет, то алгоритм ищет подлежащее за сказуемым. Если подлежащего нет и там, то считается, что подлежащее отсутствует.

4. Синтез предложений – согласование найденных частей предложений и групп зависимых слов.

К достоинствам аналитического метода можно отнести:

- синтаксическую и морфологическую точность;
- стабильность и предсказуемость результата;
- возможность настройки на предметную область.

Из недостатков можно выделить:

- трудоемкость и длительность разработки: для разработки лингвистических правил, которых в системе аналитического перевода может насчитываться десятки тысяч, необходимо привлечение лингвистов; процесс разработки этих правил может занимать от нескольких месяцев до нескольких лет;
- необходимость поддерживать и актуализировать лингвистические БД;
- «машинный акцент» при переводе – ориентируясь исключительно на правила, такие системы зачастую могут игнорировать контекст, подставляя в целом верные, но не самые уместные варианты перевода отдельных лексем.

Статистический машинный перевод является подвидом метода, основанного на корпусах текста (*corpus-based machine translation, CBMT*) [1]. В основе CBMT состоит работа не с готовыми правилами, то есть не рационалистический (аналитический) подход, а эмпирический подход, то есть формирование правил на основе параллельных двуязычных корпусов текстов.

В основе технологии теорема Байеса: из предложения выделяются отдельные грамматические единицы – слова и фразы, перебираются все варианты перевода для каждого фрагмента и взвешивается вероятность каждого из них.

Система статистического перевода обычно состоит из трёх компонентов:

1. Модель перевода, или таблиц перевода – это таблица-словарь, в которой для всех известных системе слов и фраз на одном языке перечислены все возможные их переводы на другой язык и указана вероятность этих переводов.

2. Вероятностная модель языка – это представление знаний системы о языке, на который нужно перевести текст. Она используется для того, чтобы после выбора наиболее вероятных вариантов перевода отдельных слов и фраз исходя из модели перевода, выбрать из этих вариантов наиболее подходящие, исходя из контекста.

3. Декодер – составляющая переводчика, которая непосредственно переводом.

Для каждого предложения исходного текста он подбирает все варианты перевода, сочетая между собой фразы из модели перевода, и сортирует их по убыванию вероятности. Затем все получившиеся варианты декодер оценивает с помощью модели языка.

Помимо этого, может также иметься таблица изменения порядка, указывающая, как можно менять порядок слов при переносе на целевой язык. Иногда также необходимо включать дополнительную лингвистическую информацию для языков с богатым словоизменением, например, русский язык.

К достоинствам статистических систем можно отнести:

- быстрая настройка: поскольку система обучается сама, лингвисты необходимы только для помощи в написании алгоритма анализа корпусов текстов; для дальнейшего обучения системы используются тексты, которые можно найти в свободном доступе;
- такие системы хорошо справляются с переводом сложных и редких слов, терминов и устойчивых выражений;
- легко добавлять новые направления перевода: если язык начнёт меняться, система заметит это как только к ней попадут соответствующие тексты;
- отсутствие глубокого анализа текста экономит вычислительные ресурсы.

Из недостатков можно отметить:

- статистические системы гораздо хуже работают для сильно непохожих друг на друга языков без использования сложных моделей типа *tree-to-tree/tree-to-string* (например, при переводе с английского на японский);
- «дефицит» параллельных корпусов: качество перевода сильно зависит от количества параллельных корпусов, для корректных переводов статистической системе необходимо как минимум 500 тысяч, в идеале от нескольких миллионов параллельных текстов;
- нестабильность перевода: несмотря на способность переводить устойчивые выражения, эти самые выражения и термины могут переводиться по-разному исходя из контекста;
- зачастую результат перевода похож на «собранный пазл»: хотя общий смысл предложения понятен, но части предложений существуют отдельно друг от друга.

Несмотря на сохранение актуальности аналитической и статистической технологий (в том числе и гибридной), последнее время активно развиваются методы перевода с использованием искусственных ней-

ронных сетей (neural machine translation, NMT) [1, 2].

На первый взгляд нейронный перевод очень похож на статистический, поскольку также использует анализ параллельных данных и формирует на основе этого анализа определённые зависимости и закономерности. Однако в основе данного метода лежат совершенно иные принципы.

В основе нейронного переводчика лежит механизм двунаправленных рекуррентных нейронных сетей, построенный на матричных вычислениях, который позволяет строить существенно более сложные вероятностные модели, чем статистические машинные переводчики.

Хотя нейронный перевод также использует для обучения параллельные корпуса, в процессе обучения он оперирует не отдельными фразами, но целыми предложениями. Одна из главных проблем состоит в том, что нейронной сети требуется гораздо больше корпусов для обучения, чем статистической системе: по меньшей мере порядка 100 миллионов токенов для адекватной работы, для переводов же надлежащего качества – не менее порядка 500 миллионов. Также для обучения подобной системы требуется куда больше вычислительных мощностей.

Однако главной причиной того, что нейронный перевод начал проявляться сравнительно недавно, является не столько аппаратные ограничения, поскольку тренировать подобные системы можно было и раньше, пускай ценой больших временных затрат, а скорее пришедшая мода на нейронные сети.

Ведущие разработчики систем нейронного перевода вели свои исследования уже достаточно давно, однако высокие ожидания общественности от возможностей нейронных сетей и опасения, что недостаточно совершенные системы нейронного перевода не оправдают эти ожидания, заставляли разработчиков не оглашать результаты своих разработок раньше времени. Однако же в районе 2015–2016 годов все разработчики подобных систем начали представлять свои варианты нейронных переводчиков один за другим. Так, Яндекс объявил о постепенном переходе на нейронный перевод с сентября 2017 года, а Google сделал это ещё в марте.

Что касается достоинств и недостатков нейронных сетей, они во многом схожи

с таковыми у статистических систем. С одной стороны, нейронная сеть, при должном количестве входных данных способна выдать практически идеальный или близкий к таковому перевод, поскольку она не просто обучается, она «понимает» принципы, по которым строится перевод. С другой стороны, во-первых, она требует куда больше вычислительных мощностей для своего обучения, и, во-вторых, в условиях недостатка параллельных данных, коих требует на порядок больше, чем статистическая сеть, нейронная сеть выдаст перевод крайне низкого качества, то есть нейронные переводчики ещё более требовательны к объёму входных данных, чем статистические системы.

В завершение можно выделить ряд тезисов:

- в общем случае нейронный автоматический перевод дает результат более высокого качества, чем «чисто» статистический подход;
- автоматический перевод через нейронную сеть лучше подходит для решения задачи «универсального перевода»;
- ни один из подходов к машинному переводу сам по себе не является идеальным универсальным инструментом для решения любой задачи перевода;
- для решения задач по переводу в бизнесе только специализированные решения могут гарантировать соответствие всем требованиям.

Несмотря на очевидные перспективы нейронных сетей в качестве основного инструмента машинного перевода в будущем, на текущий момент недостаток в первую очередь должного объёма данных в различных предметных областях не позволяет говорить о безоговорочном преимуществе нейронных сетей во всех сферах применения машинного перевода. Поэтому на текущий момент по-прежнему сохраняют актуальности как статистические системы, требующие меньший объём данных для обучения, так и аналитические системы, дающие стабильный и точный результат в узких областях.

Список литературы

1. How does Neural Machine Translation work? // SYSTRAN Blog: [Электронный ресурс], 2016. – URL: <http://blog.systransoft.com/how-does-neural-machine-translation-work>.
2. eMpTy Pages: A Deep Dive into SYSTRAN's Neural Machine Translation (NMT) Technology: [Электронный ресурс], 2016. – URL: <https://kv-emptypages.blogspot.ru/2016/09/a-deep-dive-into-systrans-neural.html>.

УДК 004.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ МОБИЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО КЛАССА «НАЧАЛЬНАЯ ШКОЛА»**Королёва А.А., Бершадская Е.Г.***ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза,
e-mail: Alexey314@yandex.ru*

Проведен анализ современных систем управления web-контентом таких как Joomla, Wordpress, Drupal, LiveStreet, ТУПОЗ, MODX CMS, позволяющими осуществлять процесс обучения дистанционно. На основе полученных результатов выбрана наиболее оптимальная для реализации процесса обучения младших школьников система Joomla как наиболее универсальное средство управления web-контентом, не смотря на сложность в освоении данного программного продукта. Инструментарий Joomla позволит педагогу успешно управлять содержимым сайта, а ученикам – воспользоваться учебным материалом дистанционно с целью получения наиболее полного, качественного образования. С использованием принципов программированного обучения составлена схема организации процесса обучения младших школьников с применением WCMS Joomla. Система будет успешно реализована на базе Мобильного компьютерного класса «Начальная школа» и системы интерактивного голосования Mimio Vote.

Ключевые слова: web-контент, WCMS, дистанционные технологии, процесс обучения, младший школьник**RESEARCH OF SOFTWARE COMPLEXES FOR MANAGEMENT OF THE MOBILE COMPUTER CLASS SYSTEM «ELEMENTARY SCHOOL»****Koroleva A.A., Bershadskaia E.G.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

The analysis of modern control systems of web-content such as Joomla, Wordpress, Drupal, Livestock, ТУПОЗ, MODX CMS, allowing to carry out the learning process remotely. On the basis of the obtained results, the Joomla system, the most optimal for the implementation of the process of teaching younger students, as the most universal tool for managing web-content, despite the complexity in the development of this software product, was chosen. Tools Joomla will enable the teacher to successfully manage the content of the website, and the student to use learning material to the remotely with the aim of obtaining the most complete, quality education. Using the principles of programmed learning, a scheme for organizing the process of teaching younger students with the use of WCMS Joomla. The system will be successfully implemented on the basis of a Mobile computer class «Elementary school» and the system of interactive voting Mimio Vote.

Keywords: web-content, WCMS, remote technologies, learning process, elementary school

Сегодня, в 21 веке, информационные технологии пронизывают все сферы общественной жизни, в том числе сферу начального общего образования. В настоящее время получение качественного образования любого уровня возможно с помощью дистанционных технологий.

Согласно Федерального закону «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года «под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника» [13].

Современные образовательные учреждения оснащены всем необходимым оборудованием (в частности, системой Мобильного компьютерного класса «Начальная школа» и интерактивного голосования Mimio Vote), позволяющим осуществлять

процесс обучения дистанционно. Однако педагог сталкивается со следующими трудностями: каким образом создать web-страницу и web-сайт, с помощью какой системы управления осуществлять редактирование и управление web-сайтом и т.д. Именно этим, на наш взгляд, определяется актуальность данного исследования.

Цель исследования – провести анализ современных WCMS и разработать схему организации процесса обучения младших школьников с использованием выбранной системы управления web-контентом.

Включение дистанционных технологий в процесс обучения младших школьников требует значительной подготовки со стороны педагога: формирование учебного курса (ов), создание web-страницы, web-контента (WCMS) и управление им.

Выбор той или иной системы управления web-контентом осуществляется пользователями на основе различных параметров. Авторами был проведен анализ современных WCMS по следующим критериям:

удобство и простота использования;
 безопасность;
 доступность пользователям;
 наличие обновлений;
 спектр шаблонов, тем для оформления.

Результаты проведенного анализа представлены ниже.

1. Joomla

Joomla – одна из самых популярных систем управления web-контентом.

Достоинства:

- система распространяется на бесплатной основе;
- наличие регулярных обновлений, что позволяет улучшать наполняемость сайта с помощью дополнительных возможностей;
- широкий выбор различных модулей и компонентов.

Недостатки:

- невысокий уровень защиты от вредоносных программ;
- наличие трудностей в адаптации под задачи поисковой оптимизации (SEO);
- отсутствие возможности управлять одновременно несколькими сайтами;
- сложна в освоении [2].

2. Wordpress

В настоящее время Wordpress является одной из самых популярных WCMS, так как большинство распространенных типов интернет-ресурсов размещаются на базе данной системы управления контентом.

Достоинства:

- система распространяется на бесплатной основе;
- простота наполнения контента;
- разнообразие различных дополнений, модулей и плагинов [7].

Недостатки:

- система создает большую нагрузку на сервер, на котором размещается интернет-ресурс, реализованный с помощью этой системы;
- некоторые поисковые системы критически относятся к ресурсам, размещенным на Wordpress, так как эта WCMS является основной платформой для спам-сайтов и других некачественных сайтов;
- уязвимость к вредоносным программам.

3. Drupal

Drupal – это бесплатная WCMS с открытым исходным кодом (open source – дословно открытый источник) [1].

С помощью Drupal создаются корпоративные сайты, сайты интернет магазинов, блоги, социальные сети, персональные страницы.

Достоинства:

- простота установки;
- расширяемость системы;
- разнообразие шаблонов и встроены тем;

- высокий уровень безопасности;
- бесплатное использование.

Недостатки:

- сложна в освоении;
- ограниченное количество бесплатных шаблонов;
- сложность установки обновлений;
- предназначена для создания более сложных и долгосрочных проектов.

4. LiveStreet

WCMS LiveStreet применяется для создания блогов и социальных сетей. Она имеет расширенный спектр возможностей, личные страницы, развитую систему комментариев [3].

Достоинства:

- проста в установке;
- мультиязычность системы;
- наличие регулярных обновлений.

Недостатки:

- высокий уровень системных требований;
- сложна и дорога в доработке в связи с отсутствием необходимых бесплатных плагинов и модулей;
- отсутствие административной панели.

5. TYPO3

TYPO3 – одна из самых широко распространенных в мире корпоративных CMS/CMF, отвечающая высоким стандартам безопасности. TYPO3 используется на сайтах десятков банков, сайтах платежных систем, официальных сайтах сотен вузов и государственных организаций [5].

Достоинства:

- гибкая настройка прав пользователей;
- возможность использования одной инсталляции для нескольких независимых сайтов и доменов;
- возможность использовать расширения из TER (TYPO3 extension repository) и версионирование.

Недостатки:

- сложность редактирования;
- сложная система опций и настроек;
- медленный рендеринг больших страниц.

6. MODX CMS

MODX – это бесплатная профессиональная система управления содержимым (CMS) и фреймворк для веб-приложений, предназначенная для обеспечения и организации совместного процесса создания, редактирования и управления контентом сайтов [4].

Достоинства

- открытый исходный программный код
- простая панель администратора;
- бесплатное распространение;
- возможность осуществления разработки нескольких сайтов одновременно.

Недостатки

- сложный процесс установки;
- ограниченное количество шаблонов;
- зависимость производительности от числа документов (при возрастании количества документов производительность резко снижается);

• отсутствие грамотной русскоязычной документации.

На основе полученных результатов авторы пришли к выводу о том, что Joomla является наиболее универсальным средством управления web-контентом, не смотря на сложность в освоении данного программного продукта. На наш взгляд, инструментарий Joomla позволит педагогу успешно управлять содержимым сайта, а ученикам – воспользоваться учебным материалом дистанционно с целью получения наиболее полного, качественного образования.

В качестве основы для построения модели процесса обучения и реализации требований эффективного управления использованы принципы программированного обучения: иерархичность, цикличная организация системы управления, шаговая учебная процедура, индивидуализация темпа обучения.

В современных LMS заложены механизмы реализации принципов программированного обучения.

Современная it-индустрия представлена различными программными продуктами, которые может использовать учитель для организации образовательного пространства в начальной школе.

В рамках данного исследования был осуществлен анализ современных WCMS с целью выбора наиболее оптимальной из них для реализации процесса обучения младших школьников с помощью дистанционных образовательных технологий. Такой системой, на наш взгляд, является Joomla.

Схема организации процесса обучения с использованием системы управления Joomla представлена на рисунке.

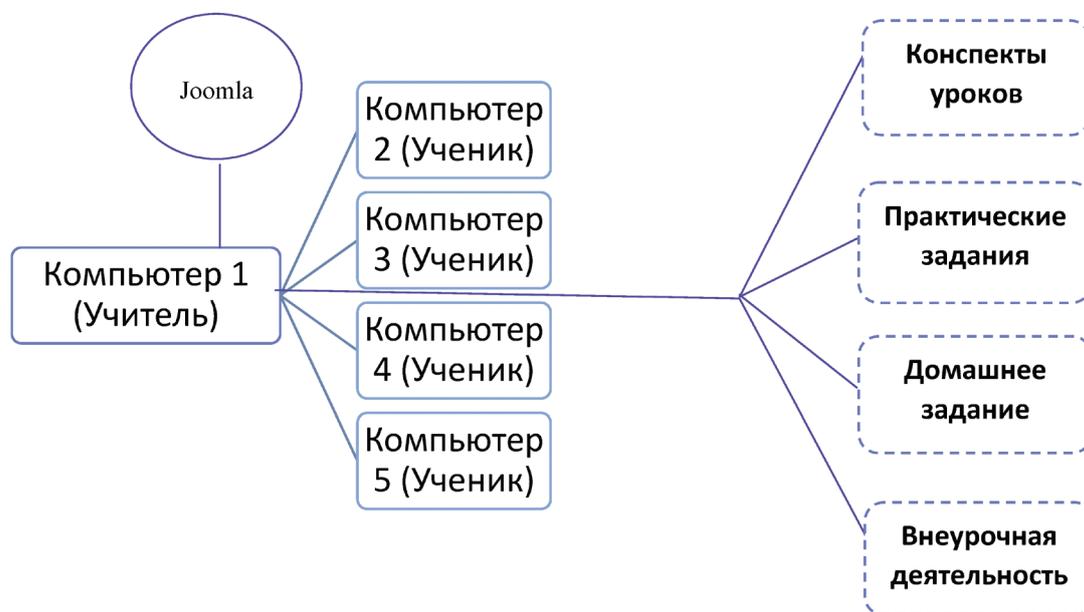


Схема организации процесса обучения младших школьников с использованием Joomla

Данная система будет успешно реализована на базе Мобильного компьютерного класса «Начальная школа» и системы интерактивного голосования Mimio Vote. ПО обеспечивает поддержку сотен популярных приложений для обучения и развития учеников, простое распространение цифрового контента и поддержку различных моделей обучения, мультимодальное и групповое обучение посредством взаимодействия и совместной работы, а также возможность обмена современными цифровыми ресурсами для подготовки уроков.

Список литературы

1. Drupal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drupal.org>.
2. Joomla [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.joomla.org>.
3. LiveStreet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://livestreet.ru>.
4. MODX CMS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://modx.ru/>.
5. TYPO3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.typo3.ru/cms-typo3/>.
6. Web-сервер, Web-страница, Web-сайт https://studopedia.ru/14_12480_Web-server-Web-stranitsa-Web_sayt.html].
7. Wordpress [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wordpress.org>
8. Веб-дизайн. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.multicomp.ru/webdesign/>.
9. Коваленко В.В. Проектирование информационных систем: учебное пособие / В.В. Коваленко. – М.: ФОРУМ, 2012. – 320 с. – (Высшее образование).
10. Описание CMS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ultersuite.ru/description/>.
11. Савельева Н. Системы управления контентом // Открытые системы. – 2004. – № 4. URL: <http://www.osp.ru/os/2004/04/184166/> (дата обращения: 26.12.2017).
12. Система управления содержимым – Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_содержимым.
13. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.
14. Электронный учебный курс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1895795>.

УДК 004.94

К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИГНАЛА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Маркова И.В., Зупарова В.В., Воронцов А.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com

Статья посвящена математическому моделированию сигналов воспроизведения магнитоотрицательных преобразователей линейных перемещений. Подробно рассмотрен вопрос, связанный с расчетом процессов возбуждения, трансляции и считывания ультразвуковых волн на фиксированном расстоянии и при различных размерах элементов. Особое внимание в статье уделяется исследованию сигнала воспроизведения при различных значениях параметров постоянных магнитов цилиндрической формы. Также произведены исследования зависимостей выходного сигнала от параметров катушки воспроизведения (соленоид), предназначенной для считывания ультразвуковых волн кручения. Было показано, что амплитуда выходного сигнала слабо зависит от радиуса элемента считывания или катушки воспроизведения, и сильно зависит от толщины и ширины магнита. Исследования позволяют не только оптимизировать конструктивные и эксплуатационные параметры элементов макета магнитоотрицательного преобразователя линейных перемещений, но и подобрать параметры и свойства элементов конструкции для обеспечения максимальной амплитуды выходного сигнала.

Ключевые слова: математическое моделирование, считывание сигнала, возбуждение волн, сигнал воспроизведения, воспроизведение сигнала

TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL MODELLING OF THE SIGNAL OF REPRODUCTION OF MAGNETOSTRICTION CONVERTERS OF LINEAR MOVEMENTS

Markova I.V., Zuparova V.V., Vorontsov A.A.

Penza State Technological University, Penza,

e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com

Article is devoted to mathematical simulation of signals of reproduction of magnetostrictive transformers of the linear relocation. Explicitly the question connected to calculation of processes of excitation, broadcasting and reading of ultrasonic waves at the fixed distance and in case of different sizes of elements is considered. Special attention in article is paid to a reproduction signal research in case of different parameter values of permanent magnets of the cylindrical form. Researches of dependences of an output signal from parameters of the coil of reproduction (solenoid) intended for reading of ultrasonic waves of torsion are also made. It was shown that output amplitude poorly depends on the radius of an element of reading or the coil of reproduction, and strongly depends on thickness and width of a magnet. Researches allow not only to optimize design and operational data of elements of a prototype of the magnetostrictive transformer of the linear relocation, but also to pick up parameters and properties of elements of construction for support of the maximum output amplitude.

Keywords: mathematical modeling, reading of a signal, excitement of waves, reproduction signal, reproduction of a signal

К основным элементам магнитоотрицательного преобразователя линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения можно отнести волновод, один или несколько постоянных магнитов и один или несколько элементов считывания, предназначенных для формирования выходного аналогового сигнала. На практике в качестве элементов считывания, как правило, используются индуктивные элементы, реже пьезоэлектрические преобразователи.

От конструктивных и эксплуатационных параметров основных элементов макета будет зависеть не только амплитуда и длительность выходного сигнала, но и точность

измерения, и косвенно надежность разрабатываемого устройства. Для пояснения данного утверждения, а также оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров элементов макета проведем соответствующие исследования и вычислительные эксперименты.

Зная распределение поля соленоида $H_c(z)$, рассчитаем поток Φ через произвольное поперечное сечение волновода, вызванный ток I через обмотку воспроизведения. В соответствии с теоремой взаимности тот же ток I , обтекая поперечное сечение поверхности волновода, возбуждает идентичный поток Φ через обмотку соленоида [1].

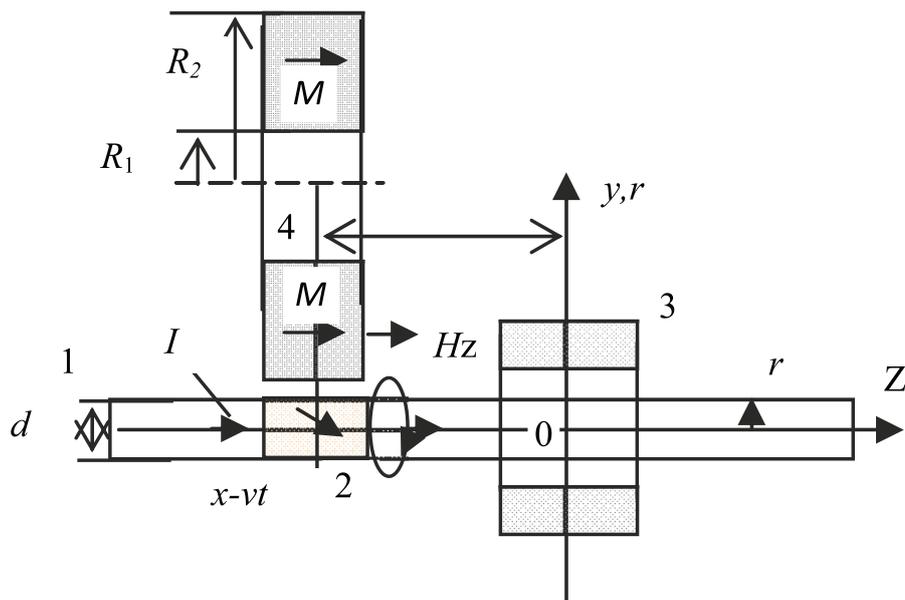


Рис. 1. Модель для анализа процесса воспроизведения крутильного колебания в волноводе: 1 – волновод диаметром d ; 2 – область формирования волны кручения; 3 – катушка воспроизведения (соленоид); 4 – кольцевой магнит с радиусами R_1 и R_2

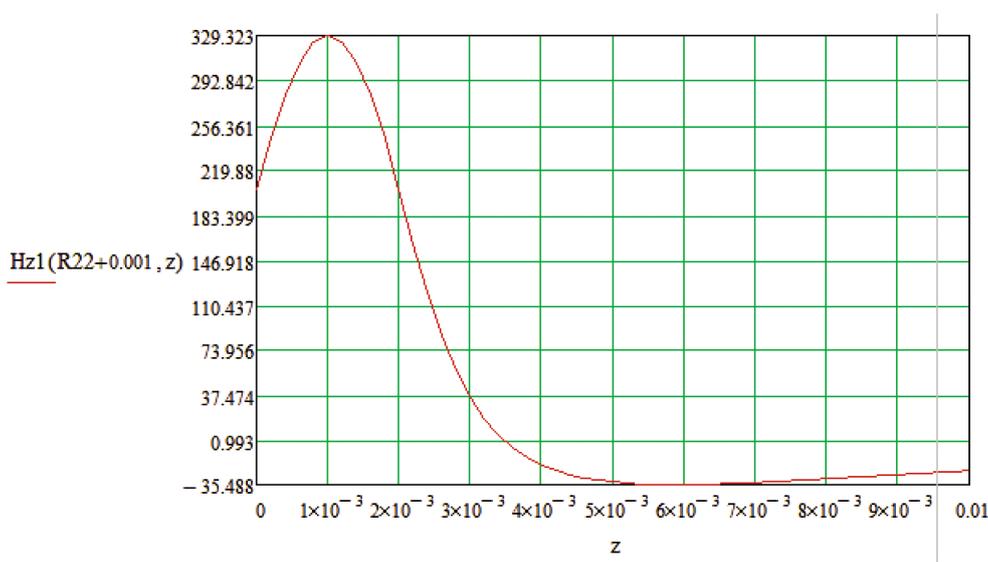


Рис. 2. Распределение магнитного поля постоянного магнита цилиндрической формы толщиной $L=2$ мм, радиусом $R=6$ мм, на расстоянии 1 мм от поверхности волновода

Для исследований выходного сигнала воспользуемся принципом взаимности. На рис. 1 показана катушка воспроизведения (соленоид) 3, воспринимающий информативный параметр – продольную составляющую магнитного поля волны кручения.

Полный поток, пересекающий обмотку соленоида воспроизведения, вызванный намагниченностью M_z получается в этом случае посредством интегрирования бесконечно малых потоков, возникающих из последовательности намагниченностей вдоль волновода, и равен

$$\Phi_z(z_0) = k \int_{-\infty}^{\frac{d}{2}} \int_0^{\frac{d}{2}} \mu_0 M_z(z-z_0, r) H_c(z, r) 2\pi r dr dz, \quad (1)$$

где d – диаметр волновода, $z_0 = vt$; k – обобщенный коэффициент, включающий магнито-стрикционные коэффициенты.

Сигнал воспроизведения определяется производной от $\Phi_z(z)$

$$u = \frac{d\Phi_z(z_0)}{dt}. \quad (2)$$

Продольную составляющую M_z можно определить зная распределение магнитного поля [7] постоянного магнита и петлю гистерезиса магнитного материала волновода.

Используя выражения, полученные в [1] можно получить распределение магнитного поля от кольцевого магнита, которое приведено на рис. 2.

Используя выражения, полученные в [1] можно получить распределение магнитного поля от соленоида.

$$H_c(z, r) = \frac{j}{2\pi} \int_a^{R_{in}+c} \sum_{v=1}^2 (-1)^v \frac{(z-z'_v)}{\sqrt{(z-z'_v)^2 + (r-r'_v)^2}} \left[K(k_v) + \frac{r-r'_v}{r+r'_v} \right] \Pi(h, k_v) dr',$$

где $K(k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1-(k_v^2)\sin^2\beta}}$ – полный эллиптический интеграл первого рода;

$\Pi(h, k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{(1-h\sin^2(\beta))\sqrt{1-(k_v^2)\sin^2\beta}}$ – полный эллиптический интеграл третьего рода

$h = 4 \cdot r \cdot r' / (r+r')^2$, $k_v = \sqrt{4 \cdot r \cdot r' / ((z-z'_v)^2 + (r+r')^2)}$ – коэффициенты;

R_{in}, c – внутренний радиус и толщина соленоида;

$z'_2 = b$ – расстояние от торца катушки до начала координат (для рисунка 1 $b=0$);

$z'_1 = b + L$;

L – длина соленоида.

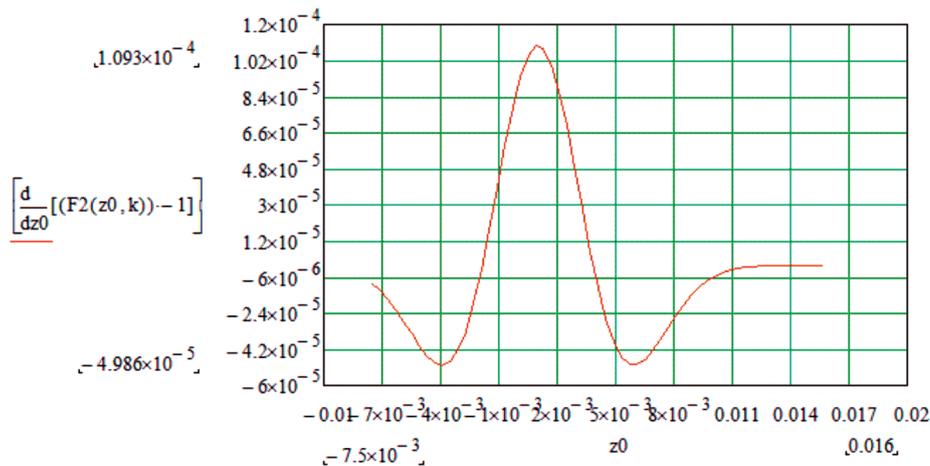


Рис. 3. Сигнал воспроизведения в относительных единицах периода крутильных колебаний. Сигнал получен для катушки воспроизведения $L=5$ мм, магнита толщиной $r=2$ мм

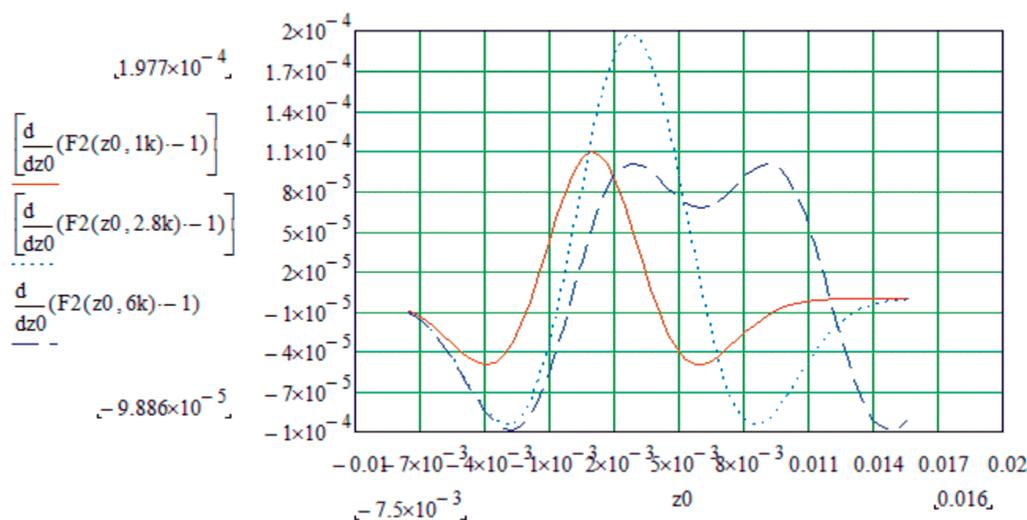


Рис. 4. Зависимость формы сигнала воспроизведения от толщины магнита при фиксированной ширине катушки воспроизведения

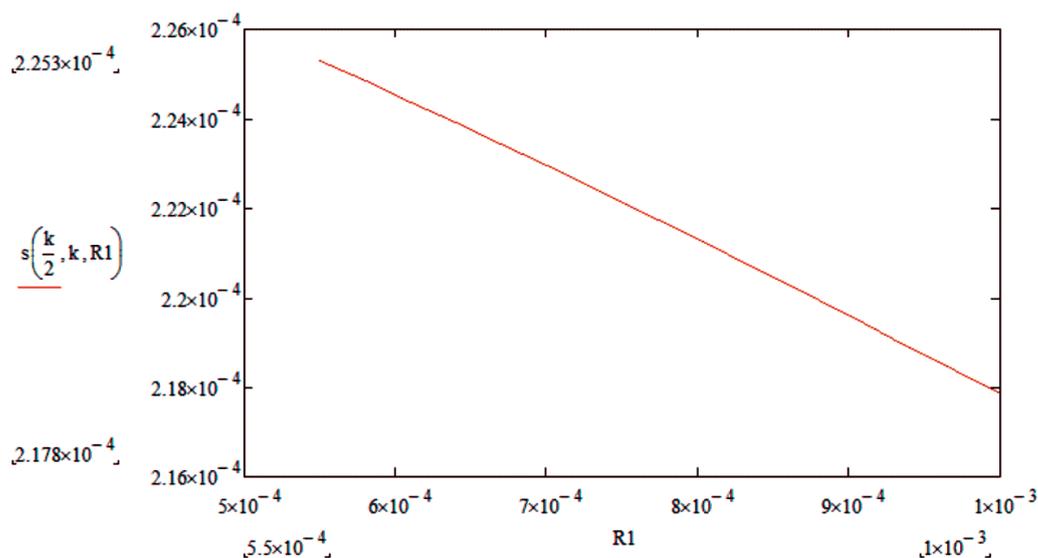


Рис. 5. Зависимость амплитуды сигнала воспроизведения от внутреннего радиуса катушки воспроизведения R_1 при толщине магнита $h=4$ мм и ширине катушки воспроизведения $L=5$ мм

Осевое поле катушки воспроизведения (соленоида) $H_c(z, r)$ в (1) от осевой координаты z в относительных единицах приведено на рис. 4.

Вычисление по формуле (1) дает сигнал воспроизведения от одного периода крутильных колебаний, форма которого приведена на рис. 3.

Используя (1) можно провести анализ влияния толщины магнита на сигнал воспроизведения.

Результат анализа формы сигнала воспроизведения в зависимости от толщины магнита L приведены на рис. 4.

По полученным выражениям была исследована зависимость амплитуды сигнала воспроизведения от внутреннего радиуса катушки воспроизведения и фиксированной её толщине. Результаты анализа приведены на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что амплитуда сигнала воспроизведения слабо зависит от радиу-

са катушки воспроизведения. Относительное уменьшение амплитуды сигнала воспроизведения при изменении радиуса R_1 от 0,55 мм до 1 мм составляет всего 3,3%.

Таким образом, в результате вычислительных экспериментов была произведена оценка влияния параметров элементов конструкций акустических трактов магнито-стрикционных преобразователей линейных перемещений. В частности, было показано, что амплитуда выходного сигнала слабо зависит от радиуса элемента считывания или катушки воспроизведения, и сильно зависит от толщины и ширины магнита. Результаты вычислительных эксперимен-

тов позволяют не только оптимизировать конструктивные и эксплуатационные параметры элементов макета магнито-стрикционного преобразователя линейных перемещений, но и подобрать параметры и свойства элементов конструкции для обеспечения максимальной амплитуды выходного сигнала.

Список литературы

1. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда / А.А. Воронцов, Ю.Н. Слесарев, Э.В. Карпунин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19; № 1. – С. 25–29.

УДК 004.31

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА НА БАЗЕ ПЛИС

Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,
e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье предлагается возможный вариант экспериментального исследования опытного образца реконфигурируемой вычислительной системы (РВС) для цифровой обработки сигнала на базе ПЛИС. В этой статье представлена РВС, состоящая из 4 реконфигурируемых процессоров, реализованных на FPGA. Оптимальное решение возникающих проблем, связанных с потерей производительности из-за программной реализации функции планирования задач, заключается в аппаратной реализации функции диспетчеризации и синхронизации. Это снимает ответственность за выполнение таких программных функций с процессорных узлов, что повышает производительность и, как следствие, достигается увеличение надежности операционной системы. Для верификации разработанного в статье алгоритма и полученных временных диаграмм в среде моделирования ModelSim-Altera 10.0с, проведен эксперимент на основе аппаратной платформы опытного образца РВС с получением временных диаграмм работы в реальном режиме работы с помощью цифрового логического анализатора. По результатам эксперимента можно заключить, что алгоритм работы диспетчера задач работоспособен.

Ключевые слова: параллельный процесс, реконфигурируемая система, диспетчер задач, аппаратная реализация, процессор, память, быстродействие, планирование, синхронизация, алгоритм, эксперимент, верификация

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A TEST MODEL OF RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEM FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING ON FPGA BASIS

Martens-Atushev D.S., Martyshkin A.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

The article offers a possible variant of an experimental study of a prototype reconfigurable computing system (RCS) for digital signal processing on FPGA. This article presents an RCS consisting of 4 reconfigurable processors implemented on FPGA. The optimal solution of the problems related to loss of performance due to the software implementation of the planning function of the task is the hardware implementation of the functions of dispatching and synchronization. This removes the responsibility for performing such software functions from the processor nodes, which increases performance and, consequently, increases the reliability of the operating system. To verify the algorithm developed in the article and the obtained time diagrams in the ModelSim-Altera 10.0с, simulation environment, an experiment was carried out based on the hardware platform of the experimental RCS sample to obtain time diagrams of real-time operation using a digital logic analyzer. According to the results of the experiment, it can be concluded that the algorithm of the task manager is operational.

Keywords: parallel process, reconfigurable system, task manager, hardware implementation, processor, memory, performance, scheduling, synchronization, algorithm, experiment, verification

Распараллеливание вычислительных процессов – одно из возможных решений проблемы повышения производительности. Однако производительность стандартных методов построения параллельных вычислений, обычно не превышает 10–15% от указанной пиковой производительности. Это обусловлено тем, что жесткая архитектура ВС часто не соответствует информационной структуре решаемой задачи. Для преодоления сложившейся ситуации и используется способ построения гибкой реконфигурируемой системы на базе FPGA (Field-Programmable Gate Array) с управляющими процессорами [1, 3, 4].

Разработка и увеличение логики в FPGA позволяет применять более сложные алгоритмы, которые можно запрограммировать в микросхему. Подключение такого типа

FPGA к современному процессору через высокоскоростную шину, например, PCI Express, позволило конфигурируемой логике действовать больше как сопроцессор, а не периферийное устройство. Это привело к реконфигурируемости в сфере высокопроизводительных вычислений.

В данной статье РВС это устройство, состоящее из 4 реконфигурируемых процессоров, реализованных на FPGA [2, 6]. Разработка подобной системы на FPGA предоставляет возможность для реконфигурации устройства под различные классы задач цифровой обработки сигнала, и обработки больших массивов данных.

Разрабатывая многопроцессорную вычислительную систему (МПВС), инженеры сталкиваются с проблемой, уменьшения потерь при планировании процессов. На-

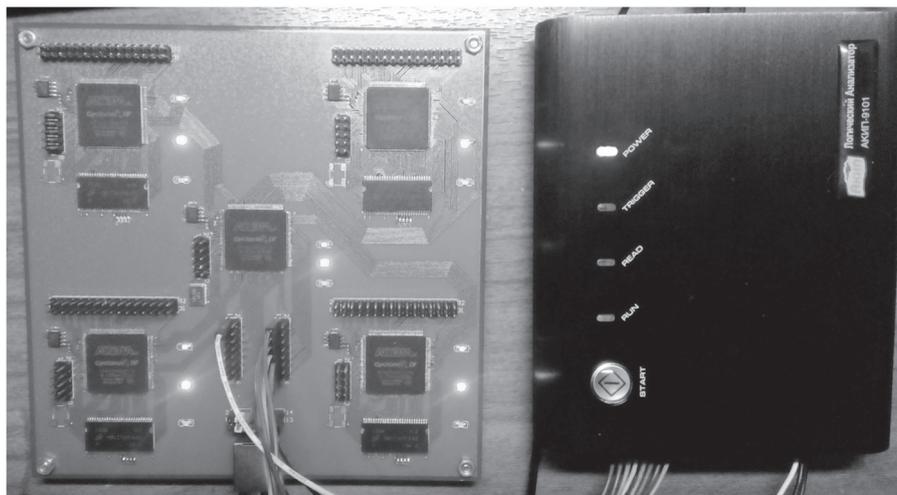


Рис. 2. Стенд для проведения эксперимента

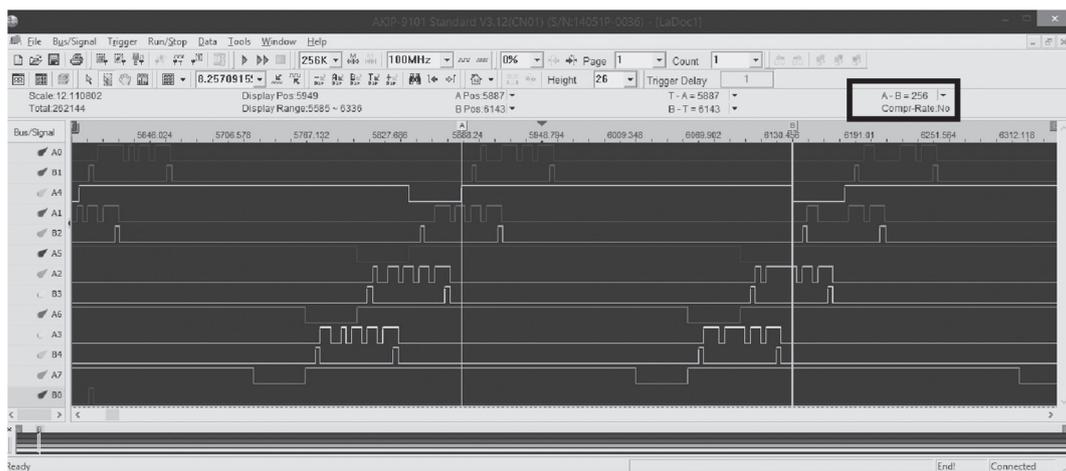


Рис. 3. Временные диаграммы, полученные с помощью логического анализатора

По результатам эксперимента можно заключить, что алгоритм работы диспетчера действительно работает, что видно из временных показаний выполнения работы процессора (сигнал rw1, сигнал A4 на рис. 1 и 3 соответственно) который составляет 256 тактовых отсчетов или 2560 нс.

Список литературы

1. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Разработка и исследование модуля подсистемы диспетчеризации задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4–9. – С. 1411–1414.

2. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Разработка и исследование реконфигурируемого вычислительного кластера для цифровой обработки сигнала // Современные информационные технологии. – 2015. – № 21. – С. 190–195.

3. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Разработка и исследование реконфигурируемой системы для цифровой обработки сигнала // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–1. – С. 86–88.

4. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Реконфигурируемый вычислительный кластер для цифровой обработки сигнала // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции / Под ред. И.И. Сальникова. – 2015. – С. 112–117.

5. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Эксперимент по исследованию подсистемы планирования рекон-

фигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4–9. – С. 1408–1410.

6. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С., Маркин Е.И. К вопросу построения реконфигурируемой вычислительной системы на базе ПЛИС для цифровой обработки сигнала // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – № 4. – С. 433–439.

7. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Разработка подсистемы планирования и назначения задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XIV Всероссийской научно-технической конференции / Под ред. И.И. Сальникова. – 2016. – С. 115–119.

8. Мартышкин А.И. К вопросу оценки времени обслуживания заявок при выполнении операций обмена в многопроцессорных системах на кристалле с разделяемой памятью // Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: Материалы X международной научной конференции. – 2016. – С. 81–87.

9. Мартышкин А.И. Математическая модель диспетчера задач с общей очередью для систем параллельной обработки // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XI Всероссийской научно-технической конференции / Под ред. И.И. Сальникова. – 2013. – С. 87–91.

10. Мартышкин А.И. Расчет вероятностно-временных характеристик многопроцессорной вычислительной системы с диспетчером задач со стратегией разделения во времени и беспriorитетной дисциплиной обслуживания // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 3 (19). – С. 145–151.

11. Мартышкин А.И. Реализация опытного образца реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала на базе программируемых логических интегральных схем // Новые информационные технологии и системы: Сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры «Вычислительная техника» и 30-летию кафедры «Системы автоматизированного проектирования». Пенза, – 2017. – С. 243–246.

УДК 004.048:004.912

**ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ И ОБРАБОТКА ТЕКСТОВ
НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКАХ****Мушкова В.В.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза,**e-mail: vikavishenka1@rambler.ru*

В статье был проведен анализ работы лингвистических процессоров при обработке текстов на естественном языке, обозначена важность повышения эффективности алгоритмов обработки неструктурированной информации, объём которой увеличивается с каждым годом. Определены задачи, для решения которых служат современные лингвистические процессоры. Были подробно рассмотрены этапы процесса анализа и синтеза текстов на естественном языке при помощи морфологического, синтаксического и семантического анализаторов. Определены задачи и функции анализаторов на каждом из этапов. Рассмотрены наиболее частые способы обработки текста морфологического, синтаксического и семантического анализаторов. Предложены алгоритмы анализа и синтеза текстов на естественном языке. Выявлены факторы, определяющие качество лингвистического процессора. Обозначена актуальность разработки и совершенствования лингвистических процессоров при работе над созданием искусственного интеллекта.

Ключевые слова: лингвистический процессор, естественный язык, искусственный интеллект**LINGUISTIC PROCESSORS AND PROCESSING OF TEXTS ON NATURAL
LANGUAGES****Mushkova V.V.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: vikavishenka1@rambler.ru*

The article is dedicated to the analysis of linguistic processors' work while processing texts in natural language, and the importance of increasing the efficiency of algorithms for processing unstructured information, which volume is growing every year is pointed out as well. The tasks that are to be solved by these modern linguistic processors have been defined. The stages of the process of analyzing and synthesizing texts in natural language with the use of morphological, syntactic and semantic analyzers have been examined properly. The tasks and functions of the analyzers at each stage have been determined. The most frequent ways of processing the text by the use of morphological, syntactic and semantic analyzers have been considered. Algorithms for the analysis and synthesis of texts in natural language have been proposed. The factors that determine the quality of the linguistic processor have been revealed. The necessity of developing and improving linguistic processors while working on the creation of artificial intelligence have been indicated.

Keywords: linguistic processor, natural language, artificial intelligence

Исследования показывают, что совокупный объем данных в 2016 году составил 16 Збайт, а к 2025-му эта цифра увеличится до 163 Збайт. На более чем 80% такая информация является неструктурированной, то есть представляет собой тексты на естественном языке (ЕЯ). Человеку становится с каждым годом труднее ориентироваться в таких огромных потоках поступающей информации.

Многие пользователи имеют определенные служебные обязанности, при выполнении которых не обойтись без постоянного поиска информации в сети Интернет. Обычно необходима вполне конкретная информация, которая называется информационными объектами. Эти объекты различны по своим типам, которые интересуют определённые категории пользователей. Поиск этих объектов в потоке текстов на ЕЯ во многих областях отнимает много времени, что тормозит решение конкретных прикладных задач. Может возникнуть и необходимость

в переводе текстов с одного ЕЯ на другой, в конвертации/деконвертации различных языков, создании компьютерных учебников, размеченных корпусов текстов, программ анализа, синтеза, аннотирования и реферирования текстов.

Ключевым элементом информационных систем, ориентированных на ЕЯ, является лингвистический процессор. Он облегчает обмен информацией между экспертной системой и пользователем-человеком.

Лингвистическим процессором называется формальная лингвистическая модель, реализованная на ЭВМ, которая способна понимать и производить тексты на ЕЯ. Основной задачей для лингвистического процессора является извлечение требуемого смысла из предложения или же текста и его интерпретация при помощи набора формальных средств, понятных машине. Система включает в себя три уровня преобразования информации: морфологический, синтаксический и семантический,

каждый из них определяется набором правил. Эти компоненты обеспечивают преобразование текста в набор морфологических, синтаксических и семантических структур и обратно. Обработка текста при помощи лингвистического процессора всегда происходит от простого, легко формализуемого уровня к сложному. В первую очередь осуществляется морфологический анализ, то есть анализ строения слов с подробным описанием их морфологических характеристик. Затем следует синтаксический анализ, который формально описывает порядок слов в предложении и синтаксические связи между ними, указывая слова с описанием частей речи и их набора грамматических характеристик, особое внимание уделяя отношениям синтаксического подчинения. Зачастую синтаксический анализ заканчивается построением синтаксического древа каждого анализируемого предложения. Третьим и самым сложным этапом в процессе анализа информации является построение семантической структуры предложения или текста. Чаще всего она представляется так же древом зависимостей, в котором указываются предметные имена с дугами семантического подчинения (атрибутивные, конъюнкция, дизъюнкция, равенство, неравенство и т.д.).

Для морфологического анализа и морфологического синтеза служит один из компонентов лингвистического процессора – морфологический анализатор. Он позволяет преобразовать морфологические структуры исходной информации в последовательность входящих в текст словоформ с указанием их грамматических характеристик, в том наборе, который характерен для данной части речи. Морфологический синтез же выполняет обратный процесс, то есть преобразует лексемы с указанием их грамматических характеристик в выходной текст, определяя все возможные словоформы по заданной морфологической структуре.

Промежуточным звеном между морфологическим и семантическим анализаторами является синтаксический анализатор. С одной стороны, он отвечает за переход морфологических структур ряда исследуемых словоформ в синтаксическую структуру, с другой – является способом дальнейшего смыслового представления текста. Синтаксический анализатор – программа, осуществляющая сопоставление линейной последовательности лексем с их грамматическими характеристиками. Важнейшей

задачей любого синтаксического анализатора является построение синтаксической структуры входного предложения на естественном языке, используя при этом морфологическую информацию о лексемах, полученную при морфологическом анализе, и сведений из словаря. Так же, как и морфологический, синтаксический анализатор включает в себя синтаксический анализ и синтаксический синтез. Синтаксический анализ представляет собой процедуру преобразования морфологической структуры входного предложения на естественном языке в синтаксическую структуру или синтаксическое древо, а синтаксический синтез – это обратное преобразование синтаксической структуры в морфологическую.

Для одновременного морфологического и синтаксического анализа текстов на ЕЯ могут использоваться парсеры, которые позволяют разбить текст на слова и предложения, определить части речи, падеж, род, числа и других грамматические признаки, учитывая контекст слова, привести слово к его начальной форме, определить синтаксические связи слов в предложении, найти подлежащее, сказуемое и т.д. Кроме того, можно включить режим опечаток, чтобы морфологический анализатор исправлял допущенные в тексте орфографические ошибки [1–3].

Семантический анализатор – это программа переработки синтаксической структуры запроса в семантическую при помощи концептуальных графов. Концептуальным графом является способ семантической или, иначе, понятийной репрезентации ситуаций и знаний в моделях понимания естественного языка. Узлами графа становятся те лексические единицы, которые выражают категории и понятия, и соединяются между собой формальными и ассоциативными связями. Ориентация связей в графе всегда направлена сверху вниз – от концептов более высокого уровня обобщения к тем концептам, которые их характеризуют. Элементарный смысл определяется как пара соединенных соседних узлов графа. Подобные связи не всегда именуется, иногда они только фиксируют факт некоторого взаимодействия двух слов (студент-институт, берёза – дерево). Граф состоит из множества связанных между собой элементарных смыслов, которые вступают в дозволённые им комбинации, выявляя лексически активные и пассивные валентности того или иного слова. Связная часть графа, соединяющая два узла, образует подграф. Процесс создания смысловой

категории начинается с того, что из ядерной конструкции предложения выделяется так называемое «ключевое слово». Семантический анализатор является итоговым этапом процесса обработки материала. По завершению работы лингвистического процессора проанализированная информация передается на этап индексирования.

Таким образом, можно составить следующие два алгоритма обработки текста на ЕЯ: алгоритм анализа текста (рис. 1) и алгоритм синтеза текста (рис. 2).



Рис. 1. Алгоритм анализа

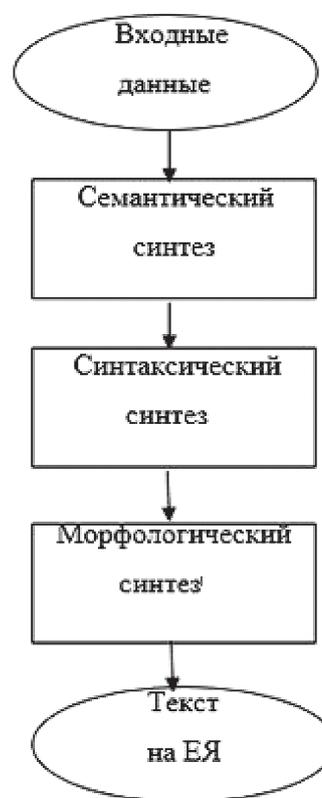


Рис. 2. Алгоритм синтеза

Как видно, синтез текста на естественном языке является обратным алгоритмом анализа текста на естественном языке.

Качество лингвистического процессора в настоящее время определяется рядом важных факторов. А именно, возможностью выделения информационных объектов и связей между ними, избирательностью правил и процедур идентификации, возможностью и трудоемкостью настройки на нужный кор-

пус текстов естественного языка, а также настройки на новые информационные объекты, скоростью, с которой работает лингвистический процессор, временем, которое потребуется для анализа текста.

Разработка лингвистических процессоров является ещё одним шагом к созданию искусственного интеллекта, ведь создание идеального алгоритма точного анализа текста на естественном, человеческом языке станет ключом к пониманию того, как устроен наш язык, а значит и наше мышление.

Список литературы

1. Волкова И.А., Головин И.Г. Лингвистический процессор русского языка: анализ устойчивых словосочетаний // Научные труды SWorld. – 2015. – Т. 2, № 4 (41). – С. 36–46.
2. Ермаков А.Е. Автоматическое извлечение фактов из текстов досье. Опыт установления анафорических связей // Труды международной конференции по компьютерной лингвистике и интеллектуальным технологиям «Диалог 2007» – Бекасово, 2007, – С. 171–177.
3. Золотарев О.В., Козеренко Е.Б., Шарнин М.М. Принципы построения моделей бизнес-процессов предметной области на основе обработки текстов естественного языка // Вестник РочНОУ. – 2014. – № 4. – С. 82–88.

УДК 004.337

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО АДАПТЕРА
МАГИСТРАЛЬНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА****Назирова Р.Р., Мартышкин А.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза,**e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье рассмотрена структура цифрового адаптера магистрального параллельного интерфейса. Выделены и подробно описаны основные блоки и узлы, составляющие вычислительную систему. В достаточном объеме описано соединение составных частей устройства. Описываемая структура отражает магистрально-модульный принцип организации микропроцессорных устройств и систем. Отдельные блоки устройства – функционально законченные модули со своими встроенными схемами управления, выполненными в виде одного или нескольких кристаллов БИС или СБИС. Межмодульные связи и обмен информацией осуществляются посредством шин, к которым имеют доступ все основные модули вычислительной системы. В определенный момент времени возможен обмен информацией только между двумя узлами (модулями) системы. Магистральный принцип построения взаимодействия модулей предполагает наличие информационно-логической совместимости, которая реализуется путем использования единых способов представления информации, алгоритма управления обменом, форматов команд и способа синхронизации. Все описываемые блоки показаны на структурной схеме в общем виде. В конце работы приводятся основные результаты.

Ключевые слова: магистральный параллельный интерфейс, модуль, информация, обмен, протокол, порт, адаптер, цифровое устройство, периферия, шина адреса, шина данных, шина управления

**STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE DIGITAL ADAPTER OF THE MAIN
PARALLEL INTERFACE****Nazirov R.R., Martyshkin A.I.***Penza State Technological University, Penza,**e-mail: Alexey314@yandex.ru*

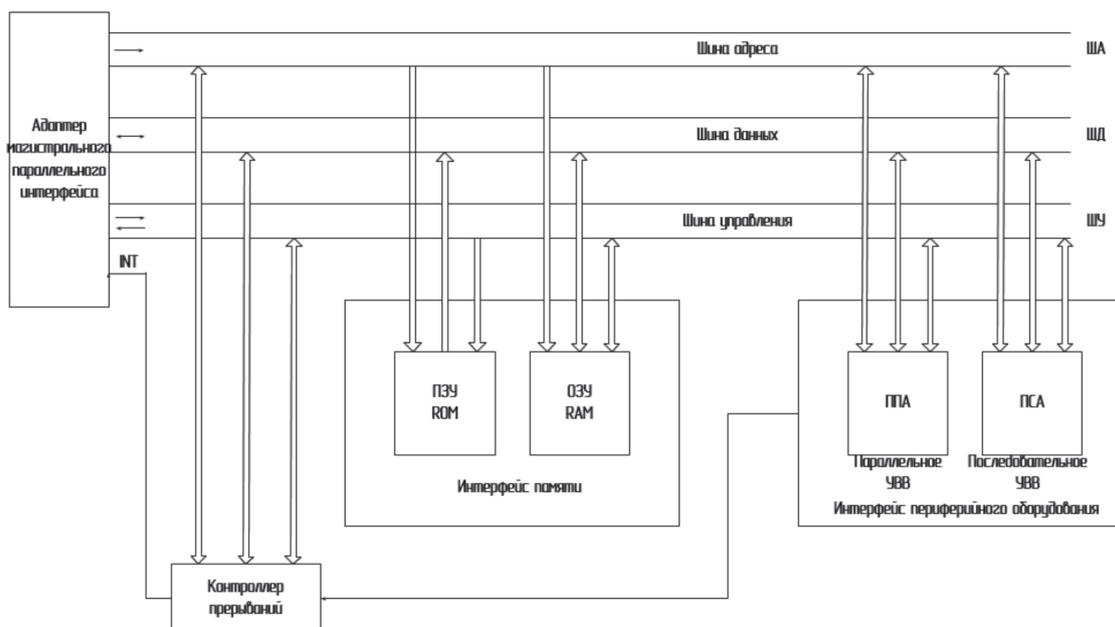
The structure of the digital adapter of the main parallel interface is considered in the article. The main blocks and nodes constituting the computer system are singled out and described in detail. The connection of the component parts of the device is described in sufficient detail. The described structure reflects the trunk-modular principle of the organization of microprocessor devices and systems. Separate units of the device are functionally complete modules with their own built-in control circuits made in the form of one or several LSI or VLSI crystals. Intermodule communications and information exchange are carried out by means of buses, to which all the main modules of the computer system have access. At a certain time, only information can be exchanged between two nodes (modules) of the system. The backbone principle of constructing the interaction of modules assumes the existence of information-logical compatibility, which is realized through the use of unified methods of information representation, the exchange control algorithm, command formats and synchronization method. All the blocks described are shown in the general scheme in the structure diagram. At the end of the article, the authors give the main results.

Keywords: main parallel interface, module, information, exchange, protocol, port, adapter, digital device, peripherals, address bus, data bus, control bus

В статье описана структура цифрового адаптера магистрального параллельного интерфейса (МПИ). (рисунок). Разработанный блок представляет собой вычислительную систему, монтируемую на печатную плату, и предназначен для обеспечения информационного обмена между ЭВМ типа с внешними устройствами по МПИ – стандарту, определяющему набор контактов и процедуры обмена по 16-разрядной шине с мультиплексированием адреса и данных. в соответствии с ГОСТ 26765.51–86. Указанный блок представляет собой полностью законченный модуль, являющийся устройством на шине PCI и функционирующим в соответствии со спецификацией шины PCI с поддержкой протокола Plug&Play на частоте до 33 (66) МГц. Управление работой

и информационный обмен осуществляется через порты ввода-вывода и ОЗУ двойного доступа (ОЗУ ДД).

Рассмотрим вычислительную систему, состоящую из цифрового адаптера МПИ, контроллера прерываний, памяти и периферийных устройств (оборудования). Цифровой адаптер МПИ выполняет роль процессора в рассматриваемой системе. Все арифметические и логические операции проходят обработку именно в нем. Созданный цифровой модуль может осуществлять операции передачи управления шиной, адресного обмена, прерывания (одноуровневая система прерываний, четырехуровневая система прерываний). Работа цифрового адаптера МПИ происходит по ГОСТ 26765. 51–86 [1, 2, 3].



Вычислительная система с адаптером магистрального параллельного интерфейса

Описываемая в статье вычислительная система состоит из следующих основных блоков: цифровой адаптер МПИ, контроллер прерываний, память, периферийные устройства. Для большинства современных микропроцессоров характерно наличие трехшинной структуры, содержащей шину адреса (ША), двунаправленную шину данных (ШД) и шину управления (ШУ) [4, 5]. Как видно из представленной структурной схемы типовая система предполагает наличие общего сопряжения для модулей памяти (постоянных и оперативных запоминающих устройств) [6, 7, 8] и устройств ввода-вывода.

В качестве периферийных устройств в аналогичных системах используются устройства ввода с клавиатуры и различных датчиков, вывода на дисплей, ввода-вывода на сетевые карты, модемы и т.п.

Периферийное устройство соединяется с шинами МП не непосредственно, а через программируемый периферийный адаптер (ППА) или программируемый связной адаптер (ПСА), обслуживающие периферию соответственно с передачей информации параллельным или последовательным кодом. Наличие программно настраиваемых адаптеров делает весьма гибкой и функционально богатой систему ввода-вывода информации в МП-системе.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) хранит системные программы, необходимые для управления процессом об-

работки. В оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) хранятся прикладные программы, данные и результаты вычислений.

Работа рассматриваемого цифрового адаптера МПИ синхронизируется тактовыми частотами в 33 или 66) МГц (CLK33 (или CLK66)), поступающими на его входы от разъема PCI.

В предлагаемой структуре цифрового адаптера МПИ реализуются три способа организации передачи информации:

1) программно-управляемая передача, инициируемая самим цифровым адаптером (процессором);

2) программно-управляющая передача, инициируемая запросом прерывания от периферийного устройства к цифровому адаптеру;

3) прямой доступ к памяти (ПДП).

При первом упомянутом способе передача инициируется самим цифровым адаптером, а при втором – запросом прерывания от периферийного устройства.

Прямой доступ к памяти называется способ обмена данными, обеспечивающий автономно от цифрового устройства установление связи и передачу данных между ОЗУ и внешним устройством.

Прямой доступ к памяти, повышая предельную скорость ввода-вывода информации и общую производительность системы, делает ее более приспособленной для работы в системах реального времени (СРВ).

Прямой доступ к памяти управляет контролер ПДП, на который возложено выполнение следующих функций:

- управление иницируемой блоком цифрового адаптера (процессором) или ПУ передачей данных между ОЗУ и ПУ;
- задание размера блока данных, который подлежит передаче, и области памяти, используемой при передаче;
- формирование адресов ячеек ОЗУ, участвующих в передаче;
- подсчет числа байт, передаваемых через интерфейс МПИ, и определение момента завершения заданной операции ввода-вывода.

Несомненно, главное место в этой структуре занимает цифровой адаптер МПИ (он же является процессором системы), который выполняет арифметические и логические операции над данными, осуществляет программное управление процессом обработки информации, организует взаимодействие всех устройств, входящих в систему. Работа адаптера происходит под воздействием сигналов синхронизации и начальной установки, поступающих по шине PCI.

Представленная структура отражает магистрально-модульный принцип организации микропроцессорных устройств и систем. Отдельные блоки являются функционально законченными модулями со своими встроенными схемами управления, выполненными в виде одного или нескольких кристаллов БИС или СБИС. Межмодульные связи и обмен информацией между модулями осуществляются посредством коллективных шин (магистралей), к которым имеют доступ все основные модули системы. В каждый момент времени возможен обмен информацией только между двумя модулями системы.

Интерфейс ЭВМ предполагает наличие информационно-логической совместимости модулей, которая реализуется путем использования единых способов представления информации, алгоритма управления обменом, форматов команд и способа синхронизации.

Все описываемые в статье блоки показаны на схеме (рисунок) в общем виде.

В работе рассмотрена структурная схема цифрового адаптера МПИ. Выделены основные блоки и узлы. Описано соединение составных частей устройства.

Описанное устройство позволяет выполнять функции ведущего устройства (процессора) в соответствии с ГОСТ 26765. 51–86.

Областью применения разработанного устройства являются специализированные системы для нужд армии и флота нашей страны, либо других стран.

Список литературы

1. ОСТ 11.305.903–80. Микропроцессорные средства вычислительной техники. Технические средства. Интерфейс межмодульный: Техническое описание.
2. ОСТ-25 795–78. Система малых ЭВМ. Интерфейс Общая шина.
3. ГОСТ 26765.51–86. Интерфейс магистральный параллельный МПИ системы электронных модулей. Общие требования к совокупности правил обмена информацией.
4. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 688 с.
5. Безуглов Д.А., Калиенко И.В. Цифровые устройства и микропроцессоры. Учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008. – 480 с.
6. Мартышкин А.И., Рябова К.М., Воронцов А.А. Способы построения подсистемы памяти многопроцессорной системы // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – № 4. – С. 429–433.
7. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С., Полетаев Д.А. Организация и принципы работы аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной системы // Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 37–39.
8. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С., Маркин Е.И. К вопросу построения реконфигурируемой вычислительной системы на базе ПЛИС для цифровой обработки сигнала // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – № 4. – С. 433–439.
9. Мартышкин А.И. Математическое моделирование и возможность аппаратной поддержки алгоритмов управления взаимодействующими процессами в высокопроизводительных вычислительных системах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2017. – № 4 (38). – С. 132–139.
10. Мартышкин А.И. Исследование возможной структуры аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2017. – С. 69–75.
11. Мартышкин А.И. Функциональная организация аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 151–159.

УДК 004.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕННОГО РЕНДЕРИНГА НА ОСНОВЕ ТЕХНИКИ MULTIPLE RENDER TARGETS

Перевалов С.С., Данилов Е.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

В данной статье был проведен анализ такой техники растеризации, как отложенный рендеринг. Отмечается растущая роль компьютерной графики в различных сферах. Рассмотрены особенности, отличающие отложенный рендеринг от более ранних техник, а также частные случаи техники на основе двух и трех проходов. Отмечен главный недостаток традиционного подхода – существенное снижение производительности при большом количестве источников света. Разработан тестовый проект, реализующий отложенный рендеринг, на языке программирования C++ с применением программного интерфейса OpenGL для написания приложений, использующих компьютерную графику. Приводится описание библиотек, используемых при разработке тестового проекта. Обосновывается потенциальное улучшение производительности для различных 3D-сцен. Описаны достоинства и недостатки отложенного рендеринга ключевым из которых является неспособность обработать прозрачность.

Ключевые слова: отложенный рендеринг, упреждающий рендеринг, G-buffer, Multiple Render Targets, Light Pre-Pass, OpenGL, GLEW, GLFW, GLM, GLSL, язык C++

RESEARCH THE DEFERRED SHADING BASED ON TECHNIQUE MULTIPLE RENDER TARGETS

Perevalov S.S., Danilov E.A.

Penza State Technological University, Penza,

e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

In this article, an analysis of such rasterization techniques as deferred shading was performed. There is a growing role of computer graphics in various spheres. Features that distinguish deferred shading from earlier techniques, as well as special cases of technology based on two and three passes, are considered. The main drawback of the traditional approach is noted – a significant decrease in performance with a large number of light sources. A test project has been developed that implements deferred shading in the C++ programming language using the OpenGL API to write applications that use computer graphics. The description of the libraries used in the development of the test project is given. The potential improvement in performance for various 3D scenes is substantiated. The advantages and disadvantages of the deferred shading are described, the key one being the inability to process transparency.

Keywords: deferred shading, forward rendering, G-buffer, Multiple Render Targets, Light Pre-Pass, OpenGL, GLEW, GLFW, GLM, GLSL, C++ language

Работа с компьютерной графикой – одно из самых популярных направлений использования электронно-вычислительных машин, причем занимаются этой работой не только профессиональные художники и дизайнеры. Без компьютерной графики не обходится ни одна современная программа. Работа над графикой занимает до 90% рабочего времени коллективов программистов, выпускающих программы массового применения.

Основные трудозатраты в работе редакций и издательств тоже составляют художественные и оформительские работы с графическими программами.

Необходимость широкого использования графических программных средств стала особенно ощутимой в связи с развитием Интернета и, в первую очередь, благодаря службе World Wide Web, связавшей в единую «паутину» миллионы «домашних страниц». У страницы, оформленной без ком-

пьютерной графики мало шансов привлечь к себе массовое внимание.

Область применения компьютерной графики не ограничивается одними художественными эффектами. Во всех отраслях науки, техники, медицины, в коммерческой и управленческой деятельности используются построенные с помощью компьютера схемы, графики, диаграммы, предназначенные для наглядного отображения разнообразной информации. Конструкторы, разрабатывая новые модели автомобилей и самолетов, используют трехмерные графические объекты, чтобы представить окончательный вид изделия. Архитекторы создают на экране монитора объемное изображение здания, и это позволяет им увидеть, как оно впишется в ландшафт.

Важную роль в достижении реалистичности отображаемой сцены играет освещение. Для корректного освещения трехмерной сцены, как правило, требует-

ся значительное количество источников света. При традиционном подходе (forward rendering) расчет освещения производится следующим образом: для каждой вершины в трехмерной сцене и каждого пикселя конечного изображения, выводимого на экран, последовательно производится расчет влияния каждого источника света в сцене, то есть этапы расчета освещения и геометрической обработки выполняются для каждого пикселя. Кроме того, расчеты производятся даже для скрытых и перекрывающихся поверхностей, а также для тех пикселей, которые могут не попасть в итоговое изображение. Соответственно, при большом количестве источников света производительность подсистемы визуализации может быть существенно снижена.

Одним из решений данной проблемы является применение методов так называемой отложенной визуализации, например, техника отложенного освещения которая описана в статье [1] где предлагается теоретическая база для предложенной техники, сравнивая уже существующие техники с предложенной. Попытка применения техники в условиях реального проекта описана в статье [2]. Также статьи [3, 4, 5], посвященные тонкостям реализации техники отложенного освещения на практике.

Традиционный способ рендеринга сцены (упреждающий рендеринг или forward rendering), предполагает отрисовку отдельного объекта за один или несколько проходов, в зависимости от количества и природы обрабатываемых источников света (на каждом проходе объект получает освещение от одного или нескольких источников). Это означает, что количество ресурсов, затрачиваемое на один попиксельный источник света, имеет порядок роста $O(L \cdot N)$, где N количество освещаемых объектов, а L количество освещаемых пикселей.

Основная задача отложенного освещения – более эффективно обрабатывать большое количество источников света, средствами отделения просчета геометрии сцены от просчета освещения. Тем самым, сократив количество затрачиваемых ресурсов до $O(L)$.

В общем случае, техника состоит из двух проходов:

1. Geometry pass – объекты отрисовываются для создания буферов экранного пространства (G-buffer) с глубиной, нормальями, позициями, альбедо и степенью зеркальности;
2. Lighting pass – буферы, созданные на предыдущем проходе, используются

для расчёта освещения и получения финального изображения.

Для использования данной техники в полном объеме и построения буферов, необходима аппаратная поддержка Multiple Render Targets (MRT).

Техника MRT поддерживается только на графических процессорах совместимых с OpenGL 2.0. Для того, чтобы воспользоваться этой техникой, необходимо произвести дополнительные настройки проекта. Если возможности использовать MRT нет, необходимо использовать модифицированную технику отложенного освещения, известную как Light Pre-Pass. Исходя из того, что на первом проходе мы не сможем построить все необходимые для финального изображения буферы, строятся только те, которые необходимы для расчета освещения. Вторым проходом формируется только буфер освещенности. В отличие от общего случая (где геометрия отрисовывается только один раз), на третьем проходе снова отрисовываются все объекты, формируя финальное изображение. Объекты получают рассчитанное освещение из предыдущего прохода и объединяют его с цветовыми текстурами. Третий проход призван компенсировать то, что мы не смогли сделать на первом.

В случае Light Pre-Pass, техника состоит из трех проходов:

Geometry pass – объекты отрисовываются для создания буферов экранного пространства только с глубиной и нормальями.

Lighting pass – строится буфер освещенности. Для расчета освещенности, помимо данных с предыдущего прохода (буферы глубины и нормалей), нам также необходима трехмерная позиция пикселя. Техника предполагает восстановление позиции по буферу глубины.

Final pass – объекты отрисовываются для создания финального изображения, на основе буфера освещенности и цветовых текстур объектов.

Тестовый проект был написан на C++ с использованием IDE Visual Studio 2017. Выбор языка обоснован тем, что C++ является широко распространённым высокопроизводительным языком с широким кругом пользователей. Это обеспечивает большое количество различных библиотек для работы с графикой и математикой. В проекте использовались такие фреймворки и библиотеки, как:

OpenGL – спецификация, определяющая платформонезависимый (независимый от языка программирования) программный

интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику;

GLEW – кроссплатформенная библиотека на C/C++, которая упрощает запрос и загрузку расширений OpenGL. GLEW обеспечивает эффективные run-time механизмы для определения того, какие OpenGL расширения поддерживаются на целевой платформе;

GLFW – бесплатная кроссплатформенная библиотека с открытым кодом для создания и открытия окон, создания OpenGL контекста и управления вводом. Она легко интегрируется в существующие приложения, так как не претендует на главный цикл приложения;

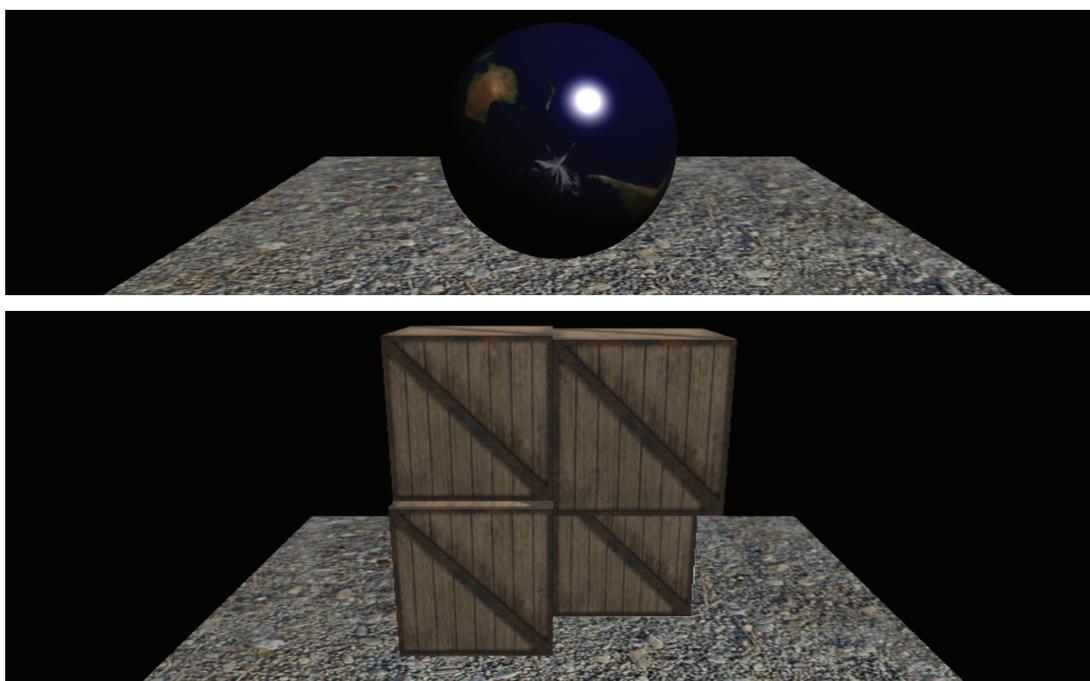
GLM – библиотека для OpenGL, предоставляющая программисту на C++ структуры и функции, позволяющие использовать данные для OpenGL. Одна из особенностей GLM состоит в том, что его реализация основана на спецификации GLSL (OpenGL Shading Language).

Результат работы программного обеспечения представлен на рисунке.

Для написания шейдеров использовался поддерживаемый библиотекой OpenGL язык GLSL. Это язык высокого уровня для программирования шейдеров. В язык включены дополнительные функции и типы данных, например, для работы с векторами и матрицами.

Рассматриваемый тип рендеринга имеет высочайшее качество освещения и теней. При таком типе не существует ограничений на количество источников света, влияющих на один объект, к тому же все источники света просчитываются попиксельно, что позволяет им корректно работать с картами нормалей и т.д. Кроме того, все источники света могут иметь тени и наложенные текстуры.

Преимущество отложенного освещения в том, что потребление ресурсов при расчёте освещения пропорционально количеству освещаемых пикселей. Оно определяется размером светового объёма в сцене и не зависит от количества освещаемых объектов. Поэтому, можно использовать небольшие источники освещения для улучшения производительности. Также отложенное освеще-



Результат отложенного рендеринга на основе техники Multiple Render Targets

щение имеет очень логичное и предсказуемое поведение. Результат работы каждого источника освещения просчитывается по-пиксельно, поэтому тут не производится расчётов освещения, которые «запинаются» на больших треугольниках и т.д.

Одним из ключевых недостатков техники отложенного рендеринга является неспособность обработать прозрачность в пределах алгоритма, хотя эта проблема является общей и для Z-буферизации; выходом из этой проблемы является задержание и сортировка рендеринга прозрачных частей сцены.

Другим довольно важным недостатком отложенного рендеринга является несовместимость со сглаживанием. Так как стадия освещения отделена от стадии геометрии, то аппаратный анти-алиасинг не приводит к правильным результатам. Хотя первый проход, используемый при рендеринге ба-

зовых свойств (диффузная обработка, карта высот), может использовать сглаживание, к полному освещению сглаживание неприменимо. Одной из типичных методик для преодоления этого ограничения является метод выделения границ финального изображения и затем применения размытия к граням (границам).

Список литературы

1. Saito T., Tokiichiro T. Comprehensible rendering of 3-D shapes // ACM SIGGRAPH Computer Graphics (ACM Press). 24 (4): 197–206.
2. Shishkovtsov O. Deferred Shading in S.T.A.L.K.E.R. // GPU Gems 2: Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation, 2005.
3. de Vries J. Deferred shading. – URL: <http://learnopengl.com/#!Advanced-Lighting/Deferred-Shading>
4. Hargreaves S., Harris M. Deferred Shading. – URL: http://http.download.nvidia.com/developer/presentations/2004/6800_Leagues/6800_Leagues_Deferred_Shading.pdf.
5. Боресков А.В. Deferred shading. – URL: <http://steps3d.narod.ru/tutorials/ds-tutorial.html>.

УДК 004.92:681.518

ЗОНДИРОВАНИЕ И ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ТРЕХМЕРНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Прохновский М.А., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: alexey314@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы формирования объемных трехмерных изображений. Представлен исторический обзор методов формирования 3D-изображений, сделан акцент на интегральной визуализации, преимущества которой заключается в ее простоте и способности реконструировать 3D-информацию без дорогостоящих устройств и требовательных условий. Наиболее точным при формировании объемных изображений является метод голография. Отмечается, что голографические методы не готовы к реализации в коммерческих 3D-дисплеях в ближайшем будущем. Рассмотрены аутостереоскопические методы, в которых монитор сам реализует функцию отправки соответствующих изображений на левый и правый глаза. Среди этих методов наиболее известным является использование линзовидного листа, который представляет собой массив плоско-цилиндрических линз, отпечатанных на прозрачной панели для проецирования стереоскопического изображения. Дальнейшие достижения в устройствах отображения с меньшим размером пикселя могут привести к созданию интегральной визуализации на новом уровне, в котором мы можем потенциально достичь в 3D-дисплее с высоким разрешением.

Ключевые слова: формирование 3D-изображений, интегральная визуализация, интегральная съемка, ЖК-дисплей

SENSING AND DISPLAYING INFORMATION IN THREE-DIMENSIONAL INTEGRAL VISUALIZATION

Prochnovsky M.A., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: iis@penzgtu.ru

The article deals with the formation of three-dimensional 3D images. A historical overview of the methods for creating 3D images is presented, an emphasis is placed on integral visualization, the advantages of which are its simplicity and the ability to reconstruct 3D information without expensive devices and demanding conditions. The most accurate method for the formation of three-dimensional images is the holography method. It is noted that holographic methods are not ready for implementation in commercial 3D-displays in the near future. Autostereoscopic methods are considered in which the monitor itself implements the function of sending corresponding images to the left and right eyes. Among these methods, the most known is the use of a lenticular sheet, which is an array of flat-cylindrical lenses printed on a transparent panel for projecting a stereoscopic image. Further advances in display devices with a smaller pixel size can lead to the creation of integral visualization at a new level, in which we can potentially achieve in a high-resolution 3D display.

Keywords: 3D image formation, integrated visualization, integrated survey, LCD displays

На протяжении многих десятилетий ученые и инженеры используют новые технологии трехмерного (3D) зондирования и визуализации изображений реальных объектов. В отличие от традиционных методов двумерной (2D) визуализации, технологии 3D-визуализации могут существенно захватывать 3D-структуру, диапазон и текстурную информацию объектов. Кроме того, технологии 3D-визуализации устойчивы к частичной окклюзии сцены. Существует множество технологий 3D-визуализации, таких как голография и связанные с ней методы интерферометрии, стереоскопия, методы подсветки рисунков и методы времени полета.

Мультиперспективная 3D-визуализация получается по записи обычных 2D некогерентных изображений из нескольких представлений. Так как используется стандартные 2D изображения, мультиперспективного 3D системы визуализации могут

быть построены, используя один недорогой фотоаппарат или массив недорогих тепловизоров.

В 1908 году Липпман предложил новую технику, названную интегральной съемкой (ИС), которая может реконструировать истинные 3D-изображения, которые можно наблюдать с полным параллаксом и квази-непрерывными углами обзора. Этот метод, который основан на принципе обратимости световых лучей, производит аутостереоскопические изображения. Таким образом, для восприятия 3D-изображений не требуется никаких специальных устройств просмотра. Помимо раннего наблюдения за ИС Липпманна [1], на протяжении большей части 20-го века не было никакой существенной деятельности в этой области. В настоящее время, благодаря прогрессу в информационных технологиях: в области оптико-электронных датчиков, таких как CMOS и CCDs, устройства ото-

бражения, такие как ЖК-дисплеи, и коммерчески доступные цифровые компьютеры, принципы ИС были недавно восстановлены и получили дальнейшее развитие.

Интегральное воображение было исследовано для восприятия, захвата, и визуализирования 3D предметов используя современные оптические и цифровые приборы и различные методы формирования изображения [2]. Многочисленные результаты исследований были достигнуты, в том числе в телевидении [3], автоматическом распознавании целей [4], в формировании трехмерного фотонного изображения [6], 3D-подводное изображение [5], медицинская визуализация [7] и другие.

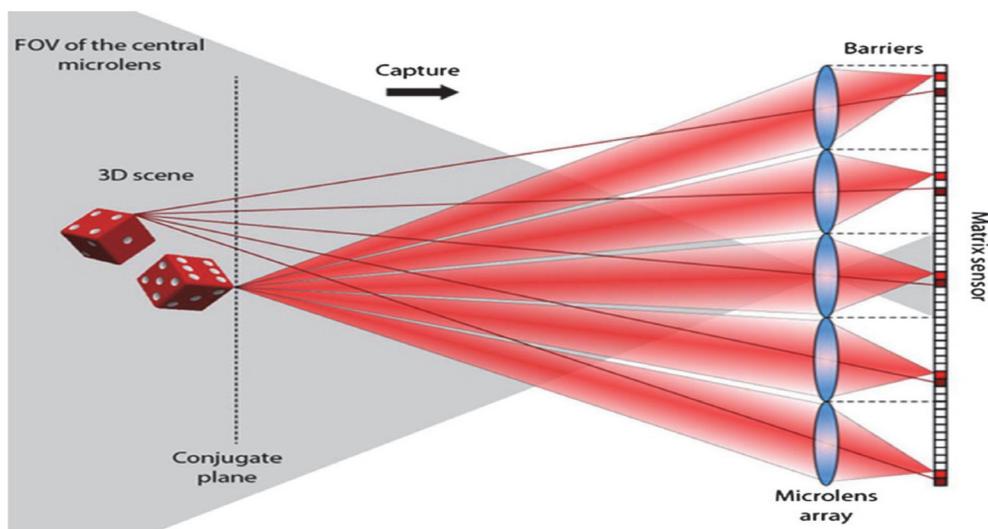
1. История развития и принципы интегральной визуализации

Типичный процесс 3D-визуализации может включать ряд этапов, таких как захват изображения, цифровая обработка и, наконец, этап отображения. Зрительная система человека воспринимает 3D-информацию из того, что можно назвать глубиной сигнала. Среди них, бинокулярная диспаратность, или стереопсис, является наиболее решающим. Стереопсис могут быть получены от параллакса между сетчаткой получают изображения с разными перспективами для обоих глаз.

Стереоскопическая технология отображения 3D основана на использовании специальных очков, которые индуцируют бинокулярное неравенство, предоставляя различное изображение каждому глазу наблюдателя. Первое предложение в этом

смысле датируется 1853 годом, когда Роллман предложил использовать очки-глифы [8]. В таких случаях стереоскопическая информация кодируется в два взаимодополняющих цвета. Этот метод до сих пор широко используется благодаря своей простоте и низкой цене. Однако он плохо воспроизводит цвета и очень чувствителен к хроматическим аномалиям наблюдателя. В более позднем подходе используется временное мультиплексирование левого и правого изображений с помощью смотровых стекол, выполненных жидким кристаллом с затвором [9]. Другие стереоскопические методы основаны на использовании поляризованных кристаллов для индуцирования бинокулярного неравенства. В этом случае левый и правый изображения излучаются с ортогональными поляризациями [10].

Среди методов, которые предоставляют автостереоскопические изображения, наиболее увлекательной и элегантной является голография. Но голография требует когерентного освещения. Голографические методы не готовы к коммерческим 3D-дисплеям в ближайшем будущем [11]. Аутостереоскопические методы, которые достигли большего развития до сих пор, являются теми, в которых монитор сам реализует функцию отправки соответствующих изображений на левый и правый глаза. Среди этих методов наиболее известным является использование линзовидного листа [12], который представляет собой массив плоско-цилиндрических линз, отпечатанных на прозрачной панели для проецирования стереоскопического изображения (рисунок).



Этап захвата изображения в ИС

Основным недостатком этого метода является то, что она обеспечивает только бинокулярный параллакс для одного положения наблюдателя и для уникальной перспективы. Другой альтернативный подход этой концепции заключается в использовании параллаксных барьеров, которые представляют собой массивы вертикальных уплотнений, которые позволяют взгляду, показанному на левом глазу, отличаться от вида на правом глазу [13]. Основным недостатком параллаксных барьеров является их оптические потери.

Для данного метода существует проблема конфликта между аккомодацией глаз и конвергенции зрительных осей. Такое неравенство стимулирует движения сходимости осей глаз, чтобы позволить слияние и воспринимать глубину. Такой вид конвергенции создает напряжение аккомодации, чтобы позволить глазам сосредоточиться на более близкой сцене. Это несоответствие вынуждает зрительную систему идти против природы. В результате, люди чувствуют усталость и, иногда, сильные чувства дискомфорта [14].

2. Этап зондирования интегральной визуализации

Если 3D-сцена находится далеко от камеры, угловое расширение, такие линзы, как видно из рисунка, невелика. В этом случае объектив камеры, также назван глубина-контроль объектив, необходимо, чтобы изображения на плоскости дальнего 3D-сцены на ОМС. В этом случае некоторые части 3D-сцены изображены в ОМС, и другие части изображены за ОМС.

Угловое разрешение, или емкость сегментации 3D-реконструкции, ограничено числом пикселей на ЭИ. Чтобы гарантировать хорошее пространственное разрешение в реконструированных участках 3D-сцены, требуется большое количество малых микролинз. Из захваченного ЭИ, можно рассчитать так называемый подызоображения или просматривайте изображения, извлекая и составляя пиксели в одном и том же локальном положении в каждом ЭИ. Любой фрагмент видит другой точки зрения сцены и имеет высокую глубину резкости, которая соответствует изображениям, полученным с помощью небольших диафрагм. Количество пикселей этих подызоображений просто равно числу микролинз массива.

Прямой порядок раскладки очень полезен, потому что он позволяет фиксировать ЭИ с использованием только одного датчи-

ка и одного снимка. Полученный параллакс определяется углом, подрезанным объективом камеры, как видно из центра сцены. Объединенные изображения, захваченные этой процедурой могут быть очень полезны для реконструкции глубины далеких сцен с хорошей оптически емкостью сегментации. Кроме того, поскольку FInI камеры фиксируют сцены, которые находятся в близком соседстве ОМС, полученные ЭИ готовы для прямого отображения в неотъемлемой монитор визуализации.

В системах интегральной визуализации достижимое разрешение ограничено размером и количеством пикселей. По сути, разрешение каждого ЭИ ограничено по трем параметрам: Размером пикселя, функции точки распространения, и глубиной резкости [6]. Кроме того, аберрации и дифракции являются существенными.

Интегральное изображение может быть выполнено либо в режиме синтетической апертуры, либо с массивом датчиков изображения с высоким разрешением. Каждое изображение может быть записано полный размер или датчиком в несколько мегапикселей. Сверх того, вместо блока датчика, одиночный датчик может перевести на 2D плоскости для того чтобы захватить множественные 2D изображения. Такой подход можно считать синтезированной апертурой интегральной томографии (САИТ). САИТ позволяет получить большой угол обзора, высоким разрешением 2D-изображения, потому что каждый 2D-изображения в полной мере использует блок детектора и оптической апертуры. Кроме того, САИТ потенциально создает большие отверстия пикап, который гораздо больше, чем то, что является практичным с обычными массивами на основе интегральной обработки изображений. Большие отверстия важны для получения требуемого разрешения на диапазон больше. Следует отметить, что этот метод может не подойти для динамичных сцен.

Замечательная разработка многоракурсной 3D-визуализации в течение прошедшего десятилетия и достижения высококачественной 2D-визуализации/устройства отображения информации имеют преимущества, которые заключаются в ее простоте и способности реконструировать 3D-изображения без дорогостоящих устройств и требовательных условий.

Список литературы

1. Соколов А. Автостереоскопия и интегральная фотография по методу профессора Липпмана. – М.: Изд. МГУ, 1911.

2. Javidi B., Okano F., Son J.Y. *Three-Dimensional Imaging, Visualization, and Display* (Springer, 2009).
 3. Yang L., McCormick M., Davies N., Discussion of the optics of a new 3-D imaging system, *Appl. Opt.* 27, 4529–4534 (1988).
 4. Matoba O., Tajahuerce E., Javidi B., Real-time three-dimensional object recognition with multiple perspectives imaging, *Appl. Opt.* 40, 3318–3325 (2001).
 5. Schulein R., Do C.M., Javidi B. Distortion-tolerant 3D recognition of underwater objects using neural networks // *J. Opt. Soc. Am. A* 27, 461–468 (2010).
 6. Stern A., Javidi B. 3D image sensing, visualization, and processing using integral imaging // *Proc. IEEE* 94, 591–607 (2006).
 7. Javidi B., Moon I., Yeom S. Three-dimensional identification of biological microorganism using integral imaging.
 8. Rollmann W. Zwei neue stereoskopische Methoden // *Ann. Phys.* 166, 186–187 (1853).
 9. Kim D.S., Park S.M., Jung J.H., Hwang D.C. 51.2: new 240 Hz driving method for full HD & high quality 3D LCD TV // *SID Symp. Dig. Tech. Pap.* 41, 762–765 (2010).
 10. Kang H., Roh S.D., Baik I.S., Jung H.J., Jeong W.N., Shin J.K., Chung I.J. 3.1: a novel polarizer glasses-type 3D displays with a patterned retarder // *SID Symp. Dig. Tech. Pap.* 41, 1–4 (2010).
 11. Slinger C., Cameron C., Stanley M. Computer-generated holography as a generic display technology // *Computer* 38, 46–53 (2005).
 12. Marraud A., Bonnet M. Restitution of stereoscopic picture by means of a lenticular sheet // *Proc. SPIE* 0402, 129–132 (1983).
 13. Lee H.J., Nam H., Lee J.D., Jang H.W., Song M.S., Kim B.S., Gu J.S., Park C.Y., Choi K.H. A high resolution autostereoscopic display employing a time division parallax barrier // *SID Symp. Dig. Tech. Pap.* 37, 81–84 (2006).
 14. Inoue T., Ohzu H. Accommodative responses to stereoscopic three-dimensional display // *Appl. Opt.* 36, 4509–4515 (1997).
- Martínez-Corral, Saavedra G., Javidi B. Method to remedy image degradations due to facet braiding in 3D integral-imaging monitors // *J. Disp. Technol.* 6, 404–411 (2010).

УДК 681.123

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Пузренков А.Н., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: alexey314@yandex.ru

В работе представлен обзор методов измерения объема сыпучих материалов, использующих различные физические эффекты. Это силы Кориолиса, оптическое лазерное излучение, акустическое и ультразвуковое излучение, разность давления в трубе, по которой перемещается сыпучий материал и другие методы. Основным критерием для оценки систем измерений объема и расхода сыпучих материалов является достоверность получаемой информации, которая, в свою очередь, определяется надежностью работы систем и метрологическими характеристиками используемых средств измерений. В настоящее время разрабатываются информационные модели физических процессов сыпучего материала, находящихся в различных внешних условиях. При этом учитываются физические особенности каждой частицы входящей в насыпь. Таким образом моделируется взаимодействие частиц друг с другом и с внешней средой. Данную модель, предлагается, изобразить в виде облака точек при помощи специальной программы на ЭВМ и вычислить необходимый объем.

Ключевые слова: сыпучие материалы, объем, расход сыпучих материалов, лазерное излучение, посторонние включения

INFORMATION METHODS OF MEASUREMENT OF VOLUME LOOSE MATERIALS

Puzrenkov A.N., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: iis@penzgtu.ru

The paper presents an overview of methods for measuring the volume of bulk materials using various physical effects. These are the Coriolis forces, optical laser radiation, acoustic and ultrasonic radiation, the pressure difference in the pipe along which the bulk material moves and other methods. The main criterion for the evaluation of systems for measuring the volume and flow of bulk materials is the reliability of the information obtained, which in turn is determined by the reliability of the operation of the systems and the metrological characteristics of the measuring instruments used. At the present time, information models of physical processes of bulk material under different external conditions are being developed. This takes into account the physical characteristics of each particle entering the embankment. Thus, the interaction of particles with each other and with the external environment is modeled. This model is proposed to be depicted as a cloud of points using a special program on a computer and calculate the required volume.

Keywords: bulk materials, volume, consumption of bulk materials, laser radiation, foreign inclusions

Бурное развитие рынка объективных средств измерений объема и расхода сыпучих материалов обусловлено потребностями осуществления финансовых расчетных операций, а также необходимостью контроля технологических процессов в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. При этом, контроль расхода необходим для управления такими процессами, как транспортирование, теплообмен, дозирование. Системы измерений расхода и объема применяются также для оценки эффективности функционирования различных сооружений, установок и аппаратов, а также для диагностики их неисправностей. Существует множество методов измерения объема и дозирования сыпучих материалов. Это может быть реализовано, например, при помощи специальных расходомеров основанных на силе Кориолиса. Другим способом дозирования может быть не объем, а вес материала, поскольку многие сыпучие вещества отгружаются именно так. Для достижения этих целей возможна установка

специальных весов на конвейер, по которому проходит измеряемая среда. Весы снабжаются специальным чувствительным сенсором, который будет заставлять срабатывать весы. Основным критерием для оценки систем измерений объема и расхода сыпучих материалов является достоверность получаемой информации, которая, в свою очередь, определяется надежностью работы систем и метрологическими характеристиками используемых средств измерений [1].

Оценивать эти характеристики следует применительно к реальным условиям эксплуатации, ибо высокая точность прибора, указанная в паспорте, часто задается для условий, обеспечить которые на реальных объектах невозможно. Повышенная погрешность измерения расхода также нежелательна, она может приводить к дополнительным энергетическим и материальным затратам или к снижению качества продукции.

Принципы действия средств измерений расхода и объема основаны на различных

физических методах, каждый из которых имеет свои особенности; однако существуют факторы, оказывающие в той или иной мере негативное влияние на точность практически всех приборов [2, 3].

В России измерением объема сыпучих материалов занимается только одна организация: «Инженерная организация «НГКИ». Она выполняет работы в несколько этапов: 3D лазерное сканирование объектов съёмки (бурты, насыпи, котлованы, материалы на складах); сшивка полученных сканов в единое облако точек; построение 3D моделей объектов съёмки; вычисление объёмов объектов съёмки. Кроме того, для формирования технического задания необходимо предоставить следующие материалы: фотографии и / или планы объектов съёмки; предполагаемые объёмы материалов на складе (количество и приблизительные размеры буртов и крытых складов); требуемая точность определения объёмов; принятая Заказчиком форма протокола, отчёта или таблиц результатов измерений; особенности проведения работ (время суток, запыленность, загазованность, иные загрязнения; результаты топографической съёмки поверхности площадок хранения до проведения обмеров буртов.

3D лазерное сканирование обеспечивает довольно высокую точность, однако это зависит от сканера. Кроме того, иногда важен учет посторонних включений в насыпь, при этом 3D сканер не сможет «посмотреть» внутри структуры насыпи [4]. Методы определения посторонних включений могут быть использованы для повышения точности дозировки при смешивании двух или более сыпучих материалов, например смешивание песка и щебня для получения бетона. В связи с этим имеется необходимость определения физического состава структуры насыпи.

В настоящее время разрабатываются информационные модели физических процессов сыпучего материала, находящихся в различных внешних условиях. При этом учитываются физические особенности каждой частицы входящей в насыпь. Таким образом, моделируется взаимодействие частиц друг с другом и с внешней средой. Данную модель, возможно, изобразить в виде облака точек при помощи специальной программы на ЭВМ и вычислить необходимый объем, по аналогии с методом вычисления российской «Инженерной организацией «НГКИ». Однако в данном случае отсутствует возможность трехмерного сканиро-

вания и вообще возможности какого-либо определения размеров реальной насыпи. Все параметры должны вводиться индивидуально, после чего, на основе введенных данных, происходит генерация остальных частиц насыпи. Также присутствует заранее созданный список сыпучих материалов, из которых производится выбор. Подстраивание модели под изменившиеся внешние условия дает возможность смоделировать поведение частиц насыпи. Например, некоторые изменения в состоянии объемного напряжения, влажности, температуры и/или химического состава могут влиять на такие параметры, как размер и форма или сцепление частиц в насыпи. Также возможен и другой метод определения объема сыпучего материала на основе его массового расхода, когда измерение массового расхода твердых сыпучих частиц в реальном времени, в котором частицы сыпучего вещества загружаются пневматической транспортной системой в специальную трубу, вдоль которой расположены, как минимум, два манометра (P_1 , P_2). Метод основан на определении падения давления ΔP между указанными манометрами. Давление определяется вычислительным устройством на основании информации, предоставленной самими манометрами во время прохождения по трубе потока газа от компрессора и твердых частиц сыпучего материала. При этом необходимо учитывать диаметр трубы, через которую проходит сыпучее вещество; длина трубы между манометрами, скорость воздуха и коэффициент трения частиц проходящего вещества.

В другом методе предлагается использовать оптическую сортировку сыпучих материалов. Метод представляет собой усовершенствованное устройство и способ для оптического отбора компонентов, как минимум одной фракции потока сыпучего материала. Устройство включает видеокamera, направленную на поток сыпучего материала, и фон, расположенный за потоком в направлении просмотра видеокamеры. Цвет, которого должен быть адаптирован к цвету выбранной фракции. Блок анализа и управления, подключенный к блоку камеры, в котором присутствуют команды управления для блока разделения способного отделять компоненты, которые должны быть выбраны из потока сыпучего материала при активации. При этом, необходимо адаптировать цвет фона, перед которым поток объемного материала оптически регистрируется камерой, для конкретной сортиров-

ки. Устройство также имеет гибкие настройки в зависимости от задач сортировки.

В отличие от использования метода расходомера с использованием прохождения через трубу сыпучего материала, данный метод более точен, поскольку позволяет регистрировать каждую частицу насыпи и отправлять ее в необходимую лунку [5, 6, 7].

Для выполнения задачи по определению полного объема насыпи можно использовать эхолокацию. Для этого эхолокаторы нужно установить на высоте доступной для обзора всей насыпи. В отличие от 3D сканера, эхолокация позволяет с большой точностью определить все неровности насыпи и составить более точное облако точек.

Для выполнения задачи по поиску посторонних включений в насыпь можно использовать методы спелеологической разведки, такие как магниторазведка и геолокация.

Метод магниторазведки основан на том, что одни элементы имеют магнитную проницаемость отличную от окружающей их среды. К несомненным достоинствам метода следует отнести его бесконтактность, высокую степень автоматизации измерений, что делает магниторазведку относительно малотрудоемкой, а также слабое влияние на результаты поверхностных неоднородностей, что особенно важно при исследовании сыпучих материалов. Работа с этими приборами, имеющими цифровой выход и встроенное печатающее устройство проста – один магнитометр пишет фон, другой непосредственно исследует насыпь. Отчеты обоих приборов синхронизированы. Соответствующие показания потом вычитают. Обработка результатов может вестись на любой ЭВМ.

Метод геолокации используется для поиска подземных пустот. Будучи бесконтактным, данный метод также можно использовать для определения посторонних

включений в насыпь. Геолокация обеспечивает высокую скорость съемки, предварительные результаты которой часто можно оценить прямо на месте. Данное направление является самым перспективным в спелеологии методом поиска искусственных подземных сооружений, особенно неглубоко расположенных. Аппаратура для геолокации представляется с довольно гибкими настройками, и вероятно может быть адаптирована для других целей, однако является более дорогостоящей по сравнению с приборами для магниторазведки.

Таким образом, определение объема и физической структуры сыпучих материалов является в настоящее время актуальной задачей для многих производственных процессов, и в общем, где необходим контроль подачи и дозирования.

Список литературы

1. Современные способы измерения объема жидкости. Датчики давления KLAY. КИП-Сервис: промышленная автоматика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kipervis.ru/kipia_primenenie/izmerenie_obyema.htm (дата обращения: 17.02.2018).
2. Измерения расхода и объема воды. – Документ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2687430.html> (дата обращения: 17.02.2018).
3. Способ измерения объема жидкости в закрытом резервуаре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2397453.html> (дата обращения: 15.02.2018).
4. Измерение объёма зерна в силосах методом лазерного 3D сканирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngce.ru/news-i198.html> (дата обращения: 16.02.2018).
5. Автоматизация технологических процессов и сервис Emerson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/Pages/Home.aspx> (дата обращения: 16.02.2018).
6. Измерение плотности и объема газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.himikatus.ru/art/htlab/1011izmereni.php> (дата обращения: 16.02.2018).
7. Мирошниченко П.О. Применение геофизических приборов и методов в спелеологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosi-spelesto.narod.ru/speg/1999/geofizika.html> (дата обращения: 18.02.2018).

УДК 004.94

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ
МНОГОПОТОЧНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПО НА ЯЗЫКЕ C++****Раздобудов С.А., Сальников И.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза,**e-mail: alexey314@yandex.ru*

В статье приводится исследование и анализ возможностей реализации многопоточности при разработке программ на языке C++. Для выбора оптимального метода распараллеливания рассмотрены две модели: параллельного выполнения задач и параллельного использования данных. Для реализации многопоточности в языке C++ имеется обширный набор методов, наиболее известными и часто используемыми среди которых являются: реализация с помощью класса `thread`, реализация с помощью `pthreads` в Unix системах; реализация с помощью класса `QThread`, входящего в состав фреймворка Qt. В заключение отмечено, что многопоточность играет важную роль в современном программировании. В приложениях с параллельным выполнением задач независимые операции, заключенные в функции, переносятся в выполняемые асинхронно потоки. Общим примером реализации параллелизма на уровне данных может служить типичный алгоритм обработки изображений, который применяет фильтр к одной или нескольким точкам изображения для вычисления нового значения для заданной точки.

Ключевые слова: операционная система, многопоточность, язык программирования, многозадачность, процессор, поток, параллелизм, компилятор

**RESEARCH AND ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF MULTI-THREADING IN
SOFTWARE DEVELOPMENT BY C++****Razdobudov S.A., Salnikov I.I.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: alexey314@yandex.ru*

The article analyzes and analyzes the potential for multithreading in the development of C++ programs. To select the optimal parallelization method, two models are considered: parallel execution of tasks and parallel use of data. To implement multithreading in C++, there is an extensive set of methods, the most known and often used among which are: implementation with the help of class `thread`, implementation with the help of `pthreads` on Unix systems; implementation using the `QThread` class, which is part of the Qt framework. In conclusion, it is noted that multithreading plays an important role in modern programming. In applications with parallel execution of tasks, independent operations enclosed in a function are transferred to asynchronously executing threads. A common example of the implementation of data-level parallelism is a typical image processing algorithm that applies a filter to one or more image points to calculate a new value for a given point.

Keywords: operating system, multithreading, programming language, multitasking, processor, thread, parallelism, compiler

Современные операционные системы (ОС) нацелены на наиболее эффективное использование ресурсов компьютера. В основном эффективность достигается за счет разделения ресурсов компьютера между несколькими процессами (многозадачность). Процессы могут выполняться одновременно за счет переключения центрального процессора между ними. Последние версии ОС предоставляют механизмы, позволяющие приложениям управлять ресурсами компьютера и распределять их с большей степенью детализации, т.е. на уровне потоков.

Сегодня публикаций по языку программирования C++ очень много. Но среди всего многообразия книг нельзя пропустить книгу [1], написанную самим автором языка C++ и считающуюся наиболее каноничным изложением возможностей, предоставляемых языком. Присутствуют многочисленные примеры, демонстрирующие как хороший стиль программирования на C-совместимом ядре, так и современный объектно-ориенти-

рованный подход к созданию программных продуктов.

В наши дни компьютеры с несколькими многоядерными процессорами стали нормой. Стандарт C++11 языка C++ предоставляет развитую поддержку многопоточности в приложениях, а книга [2], содержит исчерпывающую информацию о параллельном программировании на C++. Книга [3] посвящена разработке приложений для самых популярных операционных систем, таких как Linux и Windows с использованием библиотеки Qt версии 5.3. В данной книге также очень подробно рассматривается класс `QThread`, позволяющий работать с потоками. На официальном сайте [4] содержится исчерпывающая информация о процессах и потоках в Qt и конкретно о классе `QThread`.

Для эффективного распараллеливания приложения необходимо выбрать наиболее подходящий метод распараллеливания. Для выбора оптимального метода распараллеливания следует описать приложение

с точки зрения двух моделей: модели параллельного выполнения задач и модели параллельного использования данных.

Приложения с параллельным выполнением задач. В приложениях с параллельным выполнением задач независимые операции, заключенные в функции, переносятся в выполняемые асинхронно потоки, как показано на рис. 1. Для выражения параллелизма на уровне задач предназначены библиотеки поддержки многопоточности, например, интерфейсы программирования многопоточных приложений Win32 и POSIX*. Администратор личных данных является хорошим примером приложения, реализующего параллелизм на уровне задач. Для выражения параллелизма на уровне задач независимые функции переносятся в потоки, как показано на примере фрагмента псевдокода.

го использования данных являются циклы, в которых выполняются интенсивные вычисления.

Общим примером реализации параллелизма на уровне данных может служить типичный алгоритм обработки изображений, который применяет фильтр к одной или нескольким точкам изображения для вычисления нового значения для заданной точки. Поскольку операции, выполняемые над точками изображения, являются независимыми, вычисления новых значений для точек могут выполняться параллельно. Иногда параллелизм на уровне данных может выражаться компилятором автоматически. Можно также описать параллелизм с помощью синтаксиса директив, определенного стандартом OpenMP*. Функции преобразования директив в параллельный код вы-

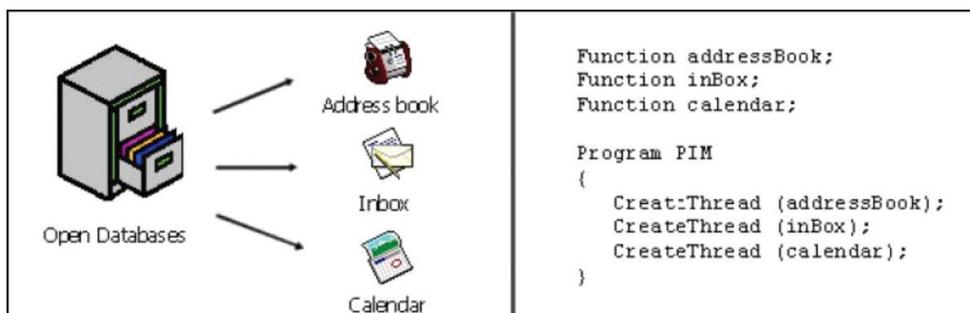


Рис. 1. Администратор личных данных

Приложения с параллельным использованием данных. Под параллелизмом на уровне данных подразумевается многократное применение одних и тех же команд или операций к различным данным. Эта модель показана на рис. 2. Хорошими кандидатами на применение методов параллельно-

полняет компилятор. Хорошим примером параллельной работы с данными является программа проверки орфографии. Как видно из фрагмента псевдокода, в этом случае производится многократное выполнение одинаковых независимых операций сравнения слов из файла со словарем.

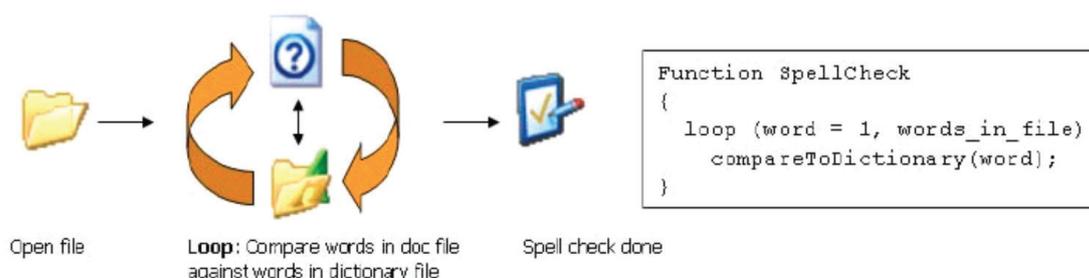


Рис. 2. Пример параллельной работы с данными

Отметим, что в различных частях одного и того же приложения могут применяться разные модели. В качестве примера приложения, использующего обе модели параллелизма, можно привести работу с базой данных. Задача добавления записей в базу данных может быть назначена одному потоку, сортировка данных – другому, индексирование – третьему, а отдельная группа потоков может осуществлять выполнение запросов. При выполнении запроса к различным данным применяются одинаковые операции, что делает такой запрос задачей параллельного использования данных.

Язык C++ является компилируемым строго типизированным языком программирования общего назначения, в котором наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования. C++ широко используется для разработки программного обеспечения, являясь одним из самых популярных языков программирования. Область его применения невероятно огромна, она включает в себя создание и операционных систем, и разнообразных прикладных программ, и драйверов устройств, и приложений для встраиваемых систем. Для реализации многопоточности в языке C++ также имеется обширный набор методов. Наиболее известными и часто используемыми являются:

- реализация с помощью класса `thread` появившегося в стандарте C++11;
- реализация с помощью `threads` в Unix системах;
- реализация с помощью класса `QThread`, входящего в состав фреймворка Qt.

Сутью многопоточности [5, 6, 7] является квазимногозадачность на уровне одного исполняемого процесса, то есть все потоки выполняются в адресном пространстве процесса. Выполняющийся процесс имеет как минимум один поток.

Реализация многопоточности с помощью класса `thread`. С выходом C++11 жить стало проще. Теперь для создания своего треда не надо использовать сложные API Майкрософт или вызывать устаревшую `_beginthread`. В новом стандарте появилась нативная поддержка работы с потоками. В частности, сейчас нас интересует класс `std::thread`, который является не чем иным, как STL представлением потоков. Конструктор `std::thread` принимает первым аргументом функцию исполнения, т.е. функцию, код которой будет исполнен в отдельном потоке. Остальные аргументы – аргументы исполняемой функции. Количество аргументов огра-

ничено лишь реализацией `variadic templates` в вашем компиляторе. Важно помнить, что аргументы будут использованы в другом потоке исполнения, а следовательно нельзя передавать ссылки и указатели на объекты, время жизни которых не больше, чем время жизни потока. Также `thread` всегда копирует аргументы, и только потом передает их исполняемой функции. Функция начинает свое исполнение сразу по окончании работы конструктора `std::thread`. Завершение потока происходит по завершении работы исполняемой функции.

Реализация многопоточности с помощью `threads`. Необходимость написания многопоточных приложений возникает весьма и весьма часто. В наше время многоядерные процессоры проникли даже в настольные ПК и смартфоны, так что у большинства машин есть низкоуровневая аппаратная поддержка, позволяющая им одновременно выполнять несколько потоков. В былые времена одновременное исполнение потоков на одноядерных ЦПУ было лишь впечатляюще изобретательной, но очень эффективной иллюзией.

Перейдем к рассмотрению реализации многопоточности посредством `pthread`. В начале создается потоковая функция. Затем новый поток создается функцией `pthread_create()`, объявленной в заголовочном файле `pthread.h`. Далее, вызывающая сторона продолжает выполнять какие-то свои действия параллельно потоковой функции. При удачном завершении `pthread_create()` возвращает код 0, ненулевое значение сигнализирует об ошибке.

Функция `pthread_join()` ожидает завершения потока обозначенного `THREAD_ID`. Если этот поток к тому времени был уже завершен, то функция немедленно возвращает значение. Смысл функции в том, чтобы синхронизировать потоки. Важно понимать, что несмотря на то, что `pthread_cancel()` возвращается сразу и может завершить поток досрочно, ее нельзя назвать средством принудительного завершения потоков. Дело в том, что поток не только может самостоятельно выбрать момент завершения в ответ на вызов `pthread_cancel()`, но и вовсе его игнорировать. Вызов функции `pthread_cancel()` следует рассматривать как запрос на выполнение досрочного завершения потока. Поэтому, если для вас важно, чтобы поток был удален, нужно дождаться его завершения функцией `pthread_join()`.

Любому потоку по умолчанию можно присоединиться вызовом `pthread_join()`

и ожидать его завершения. Однако в некоторых случаях статус завершения потока и возврат значения нам не интересны. Все, что нам надо, это завершить поток и автоматически выгрузить ресурсы обратно в распоряжение ОС. В таких случаях мы обозначаем поток отсоединившимся и используем вызов `pthread_detach()`.

Реализация многопоточности с помощью класса `QThread`. `QThread` допускает различную реализацию многопоточности при разработке ПО. Одним из распространённых способов создания отдельных параллельных потоков в приложении на Qt и выполнения полезных действий в них является наследование от класса `QThread` и переопределение метода `run()`, в котором и будет выполняться полезный код приложения.

Данный метод является самым низкоуровневым и используется в первую очередь для кастомизации нативных потоков. Что несколько противоречит обычной необходимости выполнения задачи в отдельном потоке. То есть, как было сказано выше, подобный подход в первую очередь необходим для того, чтобы расширить функционал класса.

В заключение можно отметить, что многопоточность играет огромную роль

в современном программировании. Без многопоточности невозможно представить большинство клиент-серверных приложений. Вследствие этого важным становится получение представления о многопоточности и умение разрабатывать программное обеспечение с поддержкой работы с несколькими потоками. При всем этом важно не только знать теорию, но и уметь применять эффективные подходы для решения конкретных задач так как существуют различные способы реализации многопоточности.

Список литературы

1. Страуструп Б. Язык программирования C++ / Бином, 2015. – 1136 с.
2. Уильямс Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ / ДМК Пресс, 2014. – 672 с.
3. Шлее М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++ / БХВ-Петербург, 2015. – 928с.
4. Qt [Электронный ресурс] – Official Qt WebSite. – Режим доступа: <https://doc.qt.io/>
5. Стивенс У.Р. UNIX: разработка сетевых приложений / Питер, 2007. – 1039 с.
6. Стивенс У.Р. UNIX: взаимодействие процессов / Питер, 2003. – 576 с.
7. Бикташев Р.А., Мартышкин А.И. Комплекс программ для измерения производительности функций операционных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 10 (14). – С. 190–197.

УДК 004.77

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И БИБЛИОТЕК РЕАЛИЗУЮЩИХ ФУНКЦИИ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Терёшкин Д.О., Данилов Е.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

В статье произведен сравнительный анализ мобильной связи и IP-телефонии. Описаны сферы и особенности применения VoIP. Указаны преимущества IP-телефонии перед мобильной связью. Рассмотрен алгоритм и особенности работы VoIP, отмечается возможность шифрования сигнала для безопасности. Описано популярное программное обеспечение IP-телефонии, самое популярное из которых Skype. Отмечены ограничения проприетарных решений. Указано что многие современные мессенджеры оснащены возможностью осуществления голосовых и видео вызовов. Подробно анализируются решения с открытым исходным кодом их архитектура и язык программирования, например, Jitsi, Blink, Ring и Linphone. На основании анализа делается выбор наиболее подходящей библиотеки для реализации программного обеспечения IP-телефонии, а именно liblinphone. В статье описывается состав библиотеки liblinphone и ее преимущества, например, кроссплатформенность.

Ключевые слова: IP-телефония, VoIP, мобильную связь, Skype, Discrod, Linphone, liblinphone, SIP, язык C++

REVIEW OF SOFTWARE AND LIBRARIES IMPLEMENTING THE FUNCTIONS OF IP-TELEPHONY

Teroyshkin D.O., Danilov E.A.

Penza State Technological University, Penza,

e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

The article compares mobile communications and IP-telephony. Areas and features of VoIP application are described. Advantages of IP-telephony before mobile communication are indicated. The algorithm and features of VoIP operation are considered, the possibility of signal encryption for security is noted. The popular software for IP-telephony is described, the most popular of which is Skype. Limitations of proprietary solutions are noted. It is indicated that many modern instant messengers are equipped with the ability to implement voice and video calls. Open source solutions are analyzed in detail with their architecture and programming language, for example, Jitsi, Blink, Ring and Linphone. Based on the analysis, the choice is made of the most suitable library for the implementation of IP telephony software, namely the liblinphone. The article describes the composition of the liblinphone library and its advantages, for example, cross-platform.

Keywords: IP-telephony, VoIP, mobile communications, Skype, Discrod, Linphone, liblinphone, SIP, C++ language

Голосовая и видеосвязь посредством компьютерных сетей стала популярной во всём мире с начала XXI века и в настоящее время широко используется как частными пользователями, так и в корпоративном секторе. Применение систем IP-телефонии позволяет компаниям операторам связи значительно снизить стоимость звонков (особенно международных) и интегрировать телефонию с сервисами Интернета, предоставлять интеллектуальные услуги.

IP-телефония не скоро вытеснит мобильную связь, но с каждым годом значимость IP-телефонии растет как в частном, так и корпоративном секторе. Деловые звонки удобнее проводить через IP-телефонию, так как это значительно дешевле и звонки имеют лучше качество связи. В домашних условиях частным пользователям так же выгоднее пользоваться IP-телефонией по тем же причинам. Появилась такая вещь как вебинары (онлайн-семинары) – разновидность веб-конференции, проведение

онлайн-встреч или презентаций через Интернет. На данном этапе значительным недостатком IP-телефонии является потребность в стабильном интернет соединении.

Очень часто IP-телефония встречается как дополнительная часть какого-либо программного обеспечения. Голосовая связь через интернет имеет большое применение в сетевых компьютерных играх. Большинство мессенджеров, несмотря на главную функцию обмена текстовым сообщениями, также имеют функции голосовой и видео связи через IP-протокол.

IP-телефония или VoIP – телефонная связь по протоколу IP. Под IP-телефонией подразумевается набор коммуникационных протоколов, технологий и методов, обеспечивающих традиционные для телефонии набор номера, дозвон и двустороннее голосовое общение, а также видеообщение по сети интернет или любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передаётся в цифровом виде и, как правило, перед передачей преоб-

разовывается (сжимается) с тем, чтобы удалить избыточность информации и снизить нагрузку на сеть передачи данных [1].

Функции и преимущества перед мобильной связью:

- возможность проведения конференции;
- переадресация звонка;
- автоматическое повторение номера;
- определение номера, звонящего;
- безопасные звонки, со стандартизованным протоколом (такие как SRTP);
- независимость от месторасположения;
- видеозвонок;
- обмен сообщениями и данными во время разговора;
- возможность подключения прямых номеров в любой стране мира.

IP телефония работает следующим образом. Голос в компьютере (или в IP-телефоне) преобразуется в цифровой сигнал и передается на компьютер (IP-телефон) вашего собеседника. Там он преобразуется в аналоговый сигнал и воспроизводится динамиком [2].

В случае, если звонок поступает на обычный телефон, сигнал проходит через IP-шлюз, который преобразует цифровой сигнал (VoIP) в аналоговый. То же самое происходит при звонках через IP-телефонию на мобильные телефоны.

Для передачи голоса через IP-сеть, он обычно сжимается специальной программой – кодеком. Это делается для увеличения скорости передачи, и, следовательно, для повышения качества связи. Кроме того, в целях безопасности сигнал может шифроваться (опять же кодеком). Поэтому связь между двумя VoIP терминалами возможна только если они имеют совместимые кодеки.

Кроме того, для того, чтобы два VoIP-терминала могли найти друг друга в сети (интернете) и начать сеанс связи, они оба должны поддерживать одинаковый протокол коммутации. Наиболее распространенным протоколом для этой цели является SIP.

В настоящее время самой популярной программой для VoIP является Skype. По данным 2014 года Skype имеет 40% объема международного рынка голосовых звонков и более 500 миллиона пользователей по всему миру. Skype – бесплатное проприетарное программное обеспечение с закрытым кодом, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через интернет между компьютерами (IP-телефония), опционально используя технологии пиринговых сетей, а также платные услуги для звонков на мобильные и стационарные телефоны.

Microsoft купили Skype в 2011 год. После этого произошла интеграция Skype во многие приложения Windows и Microsoft и выход на многих устройствах, однако прекратили выходить новые версии на платформе Linux. Основными недостатками Skype являются большое потребление оперативной памяти и ограничения, которые накладываются на бесплатную версию.

В настоящее время набирает популярность Discrod – бесплатное VoIP приложение, изначально предназначенное для игровых сообществ. Оно обрело некоторую популярность в сообществах разработчиков, таких как Reactiflux, благодаря возможности обслуживания большого количества пользователей. Discrod имеет более богатую функциональность, чем Skype, однако его уклон в игровое сообщество мешает ему найти корпоративное применение. Так же из-за того, что проект поддерживается только пользователи, Discrod уступает в количестве серверов, что иногда может привести к неполадкам.

Большинство популярных мессенджеров (Telegram, Viber, ICQ и т.д.) имеют функции IP-телефонии для проведения голосовых или даже видео звонков, однако эта возможность имеет второстепенный характер и не отличается большой функциональностью.

Популярные программные обеспечения VoIP имеют закрытый код, что осложняет написание собственного приложения для IP-телефонии. Также среди существующих библиотек есть проблема или слабой функциональности (Coccinella, Empathy), или прекращения разработки новых версий (Google Talk, Ekiga, KPhone) [3].

MicroSIP, Twinkle и Telephone не являются кроссплатформенным программным обеспечением, что ограничивает их в использовании.

Jitsi является современной VoIP приложением с открытым исходным кодом. Однако, исходный код Jitsi написан на Java и не имеет отдельного с графическим интерфейсом кода, что затруднит разработку собственного приложения.

Blink, который также имеет открытый код, написан на Python, вследствие чего основная функциональность скрыта в многочисленных библиотеках Python, которые могут оказаться не с открытым доступом и переписывания библиотека для Python достаточно трудоемкий процесс.

Ring и Linphone являются бесплатными приложениями для IP-телефонии с откры-

тими исходным кодом. Оба приложения написаны C/C++ и имеют бек-энд часть отдельно от самого приложения в виде библиотек (libRing и libLinphone). Обе библиотеки предоставляют хорошую функциональность поэтому хорошо подходят для реализации собственного приложения для IP-телефонии. После просмотра исходных кодов библиотек был выбран libLinphone, который более глубокий и удобный в использовании и для редактирования.

Linphone – кроссплатформенный программный клиент IP-телефонии в стандарте SIP с открытым исходным кодом, распространяемый по лицензии GNU GPL. Программа Linphone предназначена для организации аудио и видео-вызовов, а также обмена текстовыми сообщениями посредством интернета [4].

SIP-клиент Linphone имеет простой многоязычный (в том числе русский) графический интерфейс, основанный на GTK, и может быть использован на всех наиболее распространенных операционных системах: Mac OS, Microsoft Windows (XP и Vista), Linux, а также на мобильных устройствах iPhone, BlackBerry и других, с поддержкой ОС Android. В Linux также доступны консольные утилиты: интерактивный клиент (linphones) и утилита для управления Linphone с помощью аргументов командной строки (linphonesh).

Back-end приложения linphone в исходном коде расположен в отдельном месте и имеет название liblinphone. Liblinphone – высокоуровневая библиотека интеграция всех функций звонка, видео и SIP под одним API. Обычно IP-телефония состоит из двух вещей: медиа (передача аудио и видео, кодирование и декодирование данных и т.д.) и сигналы (начало звонка, получение вызова, принятие вызова и т.д.).

Mediastreamer2 является мощной и легковесной библиотекой для реализации медиапоток, специализированной для IP-телефонии. Эта библиотека с открытым исходным кодом в liblinphone отвечает за все входящие и исходящие медиапоток, включая захват/получение аудио и видео данных, кодирование и декодирование медиаданных и воспроизведение.

Belle-sip – бесплатная библиотека с открытым исходным кодом для работы с протоколом SIP. SIP – протокол передачи данных, описывающий способ установления и завершения пользовательского интернет-сеанса, включающего обмен мультимедийным содержимым (IP-телефония,

видео- и аудиоконференции, мгновенные сообщения, онлайн-игры). Протокол описывает, каким образом клиентское приложение (например, софтфон) может запросить начало соединения у другого, возможно, физически удаленного клиента, находящегося в той же сети, используя его уникальное имя. Протокол определяет способ согласования между клиентами об открытии каналов обмена на основе других протоколов, которые могут использоваться для непосредственной передачи информации (например, RTP). Допускается добавление или удаление таких каналов в течение установленного сеанса, а также подключение и отключение дополнительных клиентов (то есть допускается участие в обмене более двух сторон – конференц-связь). Протокол также определяет порядок завершения сеанса. В liblinphone данный протокол используется для руководства работы начала и конца звонков, а также определения абонентов в сети. Данный протокол работы с SIP(прокси) сервером IP-телефонии.

ORTP – бесплатная библиотека с открытым исходным кодом для работы с протоколом RTP. RTP (Real-time Transport Protocol) был разработан как протокол реального времени, из конца в конец (end-to-end), для передачи потоковых данных. В протокол заложена возможность компенсации джиттера и обнаружения нарушения последовательности пакетов данных – типичных событий при передаче через IP-сети. Данный протокол используется в LibLinphone для реализации медиапоток.

Библиотека liblinphone является бесплатным продуктом с открытым исходным кодом, которое позволяет реализовать функциональное приложение для IP-телефонии. Наличие исходного кода в свободном доступе позволяет лучше понять работу приложения IP-телефонии и дополнить библиотеку новой функциональностью. Liblinphone является легковесной и кроссплатформенной библиотекой, что позволяет написать приложение на любую систему или устройство.

Список литературы

1. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-Телефония. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 329 с.
2. Гольдштейн Б.С., Зарубин А.А., Саморезов В.В. Справочник по телекоммуникационным протоколам. Протокол SIP. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 458 с.
3. www.voipoffice.ru – российский портал о IP-телефонии [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.voipoffice.ru/> (дата обращения 25.12.2017).
4. Linphone.org – сайт проекта Linphone [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.linphone.org/> (дата обращения 25.12.2017).