

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
МОРСКОЙ ИНСТИТУТ**

НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ
МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Мурманск, 22–25 марта 2016 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2016

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

Н 34

Редакционная коллегия:

А. Б. Власов, д-р техн. наук, профессор (ответственный за выпуск);

Л. С. Баева, канд. техн. наук, профессор;

А. В. Власов, канд. техн. наук;

Ю. В. Романовская, канд. физ.-матем. наук;

Л. И. Хохлова, канд. филос. наук;

Ю. И. Юдин, д-р техн. наук, профессор

Н 34 **Наука – производству** : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 22–25 марта 2016 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – 324 с. : ил.

ISBN 978-5-86185-908-0

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Наука – производству", которая состоялась 22–25 марта 2016 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований Морской академии университета.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный
технический университет, 2016

ISBN 978-5-86185-908-0

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.....	8
Задачи и перспективы научной работы Морского института	9
Власов А. Б.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	15
Извещатель для непрерывного контроля теплового состояния электрического оборудования.....	16
Власов А. Б., Яценко А. А.	
Проблемы 3D-печати при мелкосерийном производстве продукции.....	21
Власов А. В., Власова А. Р.	
Исследование характеристик излучения лазерных диодов	27
Власова С. В., Петров В. В., Шапочкин П. Ю.	
Импортозамещение в вычислительных сетях	32
Вотинов М. В., Кутырева А. Н., Скосарев Е. С.	
Автоматизированное проектирование опытного образца промышленного робота с применением современных САПР.....	36
Дибров М. Г., Бесько А. В.	
Разработка климатической камеры для малогабаритной сушильной установки УПОР-М	43
Ерещенко В. В., Столянов А. В., Ершов М. А., Жук А. А.	
Схема реляционной базы данных для представления изделий с взаимозаменяемыми элементами.....	48
Ерохина И. Н., Мокрозуб А. В.	
Разработка цифрового устройства контроля микроклимата помещения на базе микроконтроллера.....	53
Жук А. А., Маслов А. А.	
Разработка системы автоматического управления для тренажера процесса стерилизации пищевых продуктов на базе технических средств автоматизации "ОВЕН"	60
Кайченев А. В., Селяков И. Ю., Маслов А. А.	
Программа управления электроприводом для модуля TE-TMS320F28335	65
Мухалев В. А.	

Обеспечение заданных характеристик систем управления технологическими процессами с использованием методов прогнозирования	68
Качала Н. М., Прохоренков А. М.	
Автоматизация принятия решений при технологической подготовке производства в машиностроении	74
Немтинова Ю. В., Зимнухова Ж. Е., Немтинова К. И., Немтинов К. В.	
Особенности применения модуля TE-TMS320F28335 для управления электроприводом	80
Ремезовский В. М., Мухалев В. А.	
Повышение энергоэффективности процессов конвективного обезвоживания рыбы	83
Селяков И. Ю., Ершов М. А.	
Организация производства и проектирования изделий из листового металла с учетом использования деловых остатков.....	88
Смирнов А. А., Степанов А. С.	
Совершенствование этапа предварительного подбора режимов стерилизации консервов из гидробионтов с использованием программного обеспечения.....	93
Столянов А. В., Кайченев А. В., Куранова Л. К.	
Запрос производственной сферы как фактор совершенствования профессиональной компетентности обучающихся	99
Яценко В. В., Власов А. В., Власова А. Р.	
Радиочастотный интерференционный метод измерения физических свойств вещества.....	106
Яценко В. В., Прохоренков А. М., Совлуков А. С.	
БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ	112
Выбор оптимального пути, способами ледокольных проводок и приемами форсирования льда.....	113
Боев Н. В., Рудич А. С., Анисимов А. Н.	
Сравнительный анализ мощности, вырабатываемой несамходным гидроэнергетическим судном (НГЭС)	115
Борисова Л. Ф., Коробко А. Н.	
Мощность плавучей приливной электростанции на базе несамходного наливного судна.....	120
Борисова Л. Ф., Коробко А. Н.	
Групповой динамический стереотип управленческой деятельности на промысловых судах.....	124
Беднарчик А. А., Попов Ю. А., Пеньковская К. В.	
Тактика управления танкером на перекрестии на нефтяном терминале в море	127
Петров С. О. Юдин Ю. И. Холичев С. Н.	
Методы повышения точностных характеристик систем автоматического управления движением судна по курсу.....	133
Прохоренков А. М., Совлуков А. С., Литун А. В.	

Особенности реализации функциональной диагностики нарушений административного регламента в области охраны биологических ресурсов	139
Рудкин Ф. В., Сарлаев В. Я., Меньшиков В. И.	
Плановое и текущее разрешение опасных ситуаций в судовождении	144
Тагиев Т. Г., Еремин М. М., Меньшиков В. И.	
Моделирование инновационного способа управления судном при швартовке к борту судна партнера.....	147
Холичев С. Н., Юдин Ю. И., Петров С. О.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ.....	154
Мультиагентная система информационной поддержки управления экологической безопасностью региона.....	155
Бокарева А. В., Маслобоев А. В.	
Проектирование иерархической структуры объектов имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation	161
Гусев П. Ю., Куралесина Е. В.	
Рост и развитие систем	167
Качала В. В.	
Математическое моделирование гибкой связи для процесса буксировки судовых устройств	173
Лиштван А. А.	
Информационный ресурс для обучения конструированию технологического оборудования	177
Мокрозуб А. В. Ерохина И. Н.	
Мультиагентная система информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода	182
Семакова Е. А., Маслобоев А. В.	
Применение бионических методов оптимизации для решения задачи криптоанализа при разработке компьютерных технологий информационной безопасности и защиты информации	187
Сергеев А. С.	
Применение генетических алгоритмов оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования	194
Имитационная модель нефтяного терминала.....	
Тимченко В. С.	
Оценки потерь по причине отставления грузовых поездов от движения методом имитационного моделирования	205
Тимченко В. С.	
Исследование потребности рыбопромышленного комплекса Мурманской области в кадрах	212
Халиуллина Д. Н., Малыгина С. Н., Быстров В. В.	

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ	220
Современное морское образование и дистанционные образовательные технологии.....	221
Висков А. Ю.	
Развитие компетентностного подхода для обеспечения качества образования в области техники и технологий	225
Власова С. В.	
Теория в курсе высшей математики: проблемы изучения и пути решения.....	232
Жулина О. И., Максимова О. А.	
О некоторых аспектах изучения численных методов в курсе высшей математики	235
Малыгина А. В.	
Особенности реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики студентам и курсантам Морского института МГТУ	238
Ромахова О. А.	
Использование межпредметных связей как один из способов активизации интереса к предмету	244
Хохлова Л. И.	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА	252
Материалы в Арктике	253
Баева Л. С., Орешкина В. М.	
Контекстный уровень разработки архитектуры предприятия по схеме Захмана для судов Арктического региона	258
Бурзун М. С.	
Анализ переходных тепловых процессов на основе количественной термографии.....	264
Власов А. Б.	
Безразборное функциональное диагностирование топливной аппаратуры судовых дизелей	268
Злобин А. В.	
Программное обеспечение вероятностной оценки запаса метеорологической надёжности средств измерений	275
Кумова Ж. В., Петрова Н. Е., Ефремов Л. В.	
Организация судоремонта как важный фактор повышения качества ремонтов судов.....	279
Пашеева Т. Ю., Баева Л. С.	
Применение огнеупорных материалов при ремонте топок судовых котлов и инсинераторов	285
Петров А. И., Егоров А. А.	

Методика контроля замеров топлива при бункеровке судна.....	291
Петров А. Л.	
Контроль технического состояния корпуса судна.....	294
Петрова Н. Е., Орешкина В. М., Кумова Ж. В.	
Практическая подготовка морских инженеров в техническом вузе	297
Радионовская Т. И., Баева Л. С.	
Перспективы дистанционного контроля энергетического оборудования безэкипажных судов программы "MARINET"	301
Ремезовский В. М.	
Вопросы повышения качества технического обслуживания и ремонта морской техники	303
Семенов В. П.	
Анализ результатов диагностики подшипников электрических машин	309
Сергеев К. О., Григорщук П. А.	
Анализ результатов диагностики редукторов промышленных судов.....	314
Сергеев К. О., Опарин М. В.	
Коррозия в судоремонте. Современные технологии борьбы с коррозией в судоремонте	318
Федич Р. М., Орешкин М. В.	

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Задачи и перспективы научной работы Морского института

Власов А. Б. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovab@mstu.edu.ru)

Аннотация. Представлен анализ работы и перспективы научных работ Морского института МГТУ.

Abstract. The presented analysis of the work and prospects of the scientific functioning of Marine Institute MSTU.

Ключевые слова: научная работа, Морской институт МГТУ

Key words: scientific functioning, Marine Institute MSTU

Морской институт является одним из крупнейших структурных подразделений Мурманского государственного технического университета (МГТУ).

Миссия Морского института: формирование современной системы морского и технического образования, обеспечивающей подготовку и переподготовку высококвалифицированных кадров и генерацию инновационных знаний и технологий, направленных на расширение потенциала РФ в области освоения Российского сектора Арктики и повышения конкурентоспособности базовых отраслей региональной экономики.

Общими научно-техническими задачами Морского института являются: организация и проведение фундаментальных, прикладных научных исследований, экспертных, научно-технических, образовательных услуг, в том числе в рамках международной деятельности МГТУ; распространение и популяризация научно-технических знаний, культурно-просветительная деятельность.

Морская отрасль – одна из фундаментальных основ глобальной экономики: свыше 80 % объема всех мировых перевозок, более 30 % добычи нефти, один из основных резервов в области добычи полезных ископаемых и производства продовольствия. К перспективным научным направлениям можно отнести радикальные изменения в трех областях – цифровая навигация (e-Navigation), инновационное судостроение, технологии освоения ресурсов океана.

Цифровая навигация – единая информационная среда для взаимодействия участников отрасли, включающая навигационные системы судов и портов, системы мониторинга, связи и позиционирования, системы управления

судоходными компаниями, портами и логистическим терминалами, информационно-аналитические системы и сервисы.

Технологии освоения ресурсов океана связаны с инфраструктурой морской добычи, производством и выращиванием аквакультур (надводные и подводные добывающие комплексы, электростанции, фермы, средства подводной связи и робототехники).

Инновационное судостроение основано на проектировании и строительстве гражданских высокотехнологичных судов. Безэкипажные суда представляют собой отдельный сегмент инновационного судостроения.

Морской институт МГТУ имеет значительный научно-технический профессорско-преподавательский потенциал, сосредоточенный на кафедрах: судовождения, управления судном и промысловства; судовых энергетических установок, электрооборудования судов, технологии металлов и судоремонта, автоматики и вычислительной техники, радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, математики, информационных систем и программного обеспечения, технической механики и инженерной графики.

Учитывая значительный количественный состав научно-педагогических кадров (ППС – 139 человек; докторов и кандидатов технических наук – 68 человек) следует расширять научно-техническую деятельность в будущем.

Научно-технические центры Морского института способны выполнять разнообразные задачи, в том числе:

- разработку инновационных способов и методов судовождения;
- обеспечения надежности Арктических систем связи и безопасности мореплавания;
- энергоэффективности, надежности и качества электроснабжения судов и инфраструктуры флота;
- автоматизации технологических процессов;
- эксплуатации и диагностики энергетических установок судов и инфраструктуры флота;
- неразрушающих методов контроля и дефектации судовых технических средств.

К основным научным направлениям можно отнести:

- разработка инновационных способов методов безопасного судовождения;
- разработка элементов теории надёжности мореплавания в условиях неполной информации;

- исследование влияния ионосферы на работу радиотехнических систем, анализ каналов радиосвязи КВ и УКВ в полярной ионосфере;
- совершенствование техники и тактики океанического рыболовства;
- диагностирование технического состояния элементов стационарных и транспортных энергетических установок;
- оптимизация способов восстановления изношенных деталей, повышение конструктивной прочности сталей;
- разработка методов испытаний теплоизоляционных, электротехнических материалов и конструкций;
- разработка систем управления технологическими процессами на базе современных средств;
- исследование динамики систем методами анализа нестационарных процессов, нелинейной динамики;
- исследование динамики машин и вибродиагностика.

Деятельность Морского института в Арктическом направлении представлена работами:

- безопасность и эффективность судоходства, поиск и спасение людей, предотвращение чрезвычайных ситуаций на море в Арктическом регионе;
- исследование геофизических процессов в Арктике;
- ресурс- и энергосберегающие технологии в Арктике;
- инновационные системы контроля и управления технологическими процессами переработки продуктов из гидробионтов Арктического региона.

С каждым годом увеличивается количество научных тем, выполняемых по Государственному заданию от Росрыболовства (рисунок 1, а).

Характерным является рост суммы финансирования данных тем и затрат на научное оборудование (рисунок 1, б).

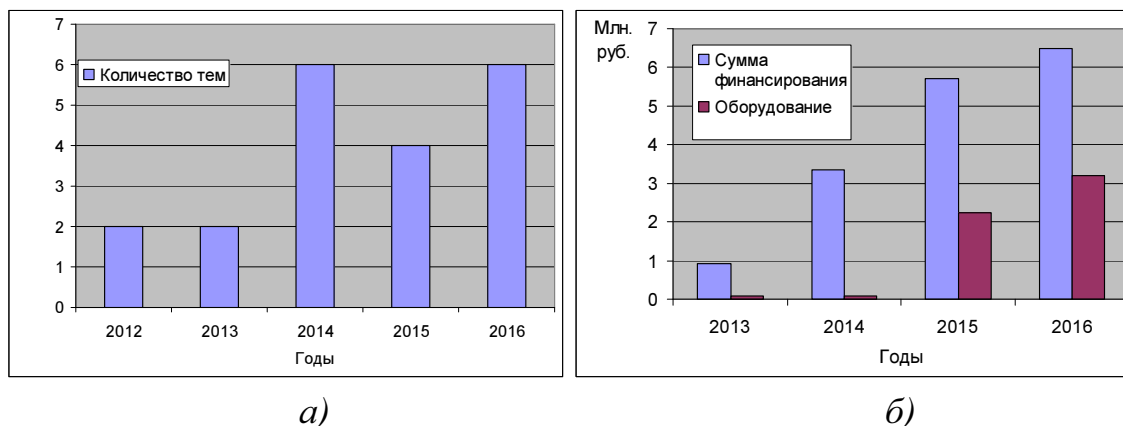


Рисунок 1

С 2016 года за Морским институтом закреплена единая тематика: "Судовождение, промышленное рыболовство и эксплуатация флота" (руководитель: д. т. н., профессор Юдин Ю. И.). Совокупность различных тем Морского института и их краткая характеристика представлены в таблице 1.

Подобная инициатива позволяет развивать научные тематики, необходимые для рыбохозяйственной отрасли, концентрировать научные усилия различных коллективов для решения оперативных и долгосрочных задач на предстоящие годы развития Морского института.

Количество инициативных и госбюджетных тем, выполняемых на кафедрах Морского института, представлено на рисунке 2.

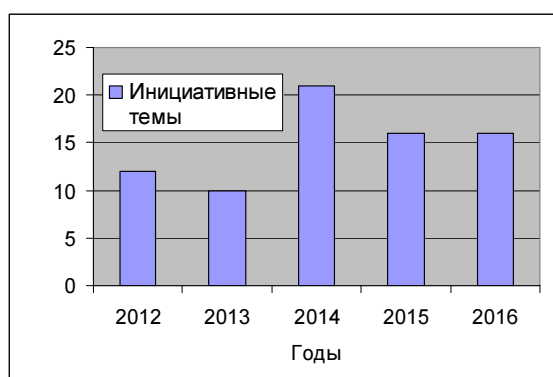


Рисунок 2

Профессорско-преподавательский состав Морского института активно участвует в научных мероприятиях по планам МГТУ, выполнении и обсуждении научных работ, в том числе, по ряду международных проектов:

- предотвращение чрезвычайных ситуаций на море и международное сотрудничество на Крайнем Севере (MARPART);
- коммуникационные и информационные технологии для повышения безопасности и эффективности транспортных потоков;
- проект с Норвежским университетом науки и технологий.

Общая цель проектов – улучшение понимания комплексности совместных операций, требуемых ресурсов, альтернативной организационной модели и инструментов управления для осуществления оперативного координирования и контроля морских операций на Крайнем Севере, установление научных и образовательных связей с партнерами в сфере устойчивого потребления энергии при производстве продуктов питания, исследовательская деятельность в области энергоэффективного производства.

Таблица 1 – Научные темы Морского института

Название темы	Руководитель	Общие задачи
Создание интеллектуальных систем управления судном в рамках разработки средств оснащения безэкипажного судна	Юдин Ю. И.	Разработка способов и методов управления безэкипажных судов
Исследование эксплуатационных показателей качества подшипников скольжения судовых ДВС	Баева Л. С.	Рекомендации по предотвращению происшествий, повышению надежности
Разработка системы оперативной диагностики оценки технического состояния электро- и энергетического оборудования	Власов А. Б.	Методы диагностики технического состояния оборудования, кабельных трасс, качества электрической энергии на судах
Совершенствование методов безразборной диагностики судовых энергетических установок	Сергеев К. О.	Методы безразборной диагностики, моделирование дефектов СЭУ, анализ диагностических параметров
Исследование работы радиолокационного комплекса "МИР" для обеспечения морской деятельности и безопасного мореплавания	Калитенков Н. В.	Совершенствование радиосвязи в бассейне Атлантики и Арктики
Разработка тренажера процесса стерилизации консервов для судовых автоклавов	Маслов А. А.	Создание системы управления процессом стерилизации 4-го поколения, имитационной модели

В течение года подразделениями Морского института осуществляется организация и участие в разнообразных научно-технических мероприятиях, в том числе: совещания, конференции, круглый стол "Научные, технологические и кадровые компоненты развития Арктического региона", конференция "Наука-производству", международная конференция "Освоение Арктического шельфа: шаг за шагом", рыбопромышленные выставки "Море, ресурсы, технологии", совещания в Регистре судоходства РФ, в Союзе Рыбопромышленников, с представителями производств, флотов, министерств и ведомств, межвузовские конференции Росрыболовства, Всероссийские научно-технические конференции и выставки и т. п.

Активную позицию занимают ученые Морского института при выполнении задач для функционирования НИРКС, к которым можно отнести:

- осуществление органического единства обучения и подготовки курсантов и студентов к творческому труду; повышение массовости и результативности участия курсантов и студентов в НИРКиС;
- воспитание, формирование, развитие у будущих специалистов умений вести научно-обоснованную профессиональную работу, способностей использовать научные знания в практической деятельности;

– обеспечение эффективного профессионального отбора молодежи для обучения курсантов и студентов в магистратуре и аспирантуре.

Основные показатели участия курсантов и студентов в НИРКС представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Участие курсантов и студентов Морского института в НИРКС

Показатели	2012	2013	2014	2015
ГБ, ХД и инициативные НИР	41	48	142	180
Доклады на СНТК	205	167	213	257
Участие в конференциях, олимпиадах, конкурсах	–	5	10	16
Публикации	26	22	3	6
Дипломные проекты (всего)	176	136	179	103
– с элементами НИР	4	14	42	55
– рекомендованы к внедрению в производство и в учебный процесс	38	30	37	44
– научные руководители НИРКС	28	37	60	31

В рамках данной деятельности осуществляется организация научно-технического общества курсантов и студентов при Морском институте как составная часть мероприятий Совета по развитию инженерного образования (Совет РИО) МГТУ, направленная на пропаганду научно-технического творчества среди молодежи.

Работа курсантов и студентов Морского института постоянно оценивается значительным количеством именных стипендий, разнообразными грамотами и премиями.

Ученые Морского института регулярно публикуются в научных журналах РФ и за рубежом, имеют высокие коэффициенты цитирования в различных рейтинговых системах, имеют большое количество патентов, программ для ЭВМ, учебников и научно-технических разработок, грамот и призов за научно-техническую деятельность.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Извещатель для непрерывного контроля теплового состояния электрического оборудования

Власов А. Б., Яценко А. А. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов*)

Аннотация. Предложена система непрерывного контроля теплового состояния электрического оборудования в замкнутых блоках (шкафах) с помощью извещателя на основе матрицы пирометрических датчиков.

Abstract. The offered system of the unceasing checking the heat condition of the electric equipment in blocks by means of the device on base of the matrix discrete piroelectrical sensor.

Ключевые слова: контроль, техническое состояние, оборудование, пирометрический датчик
Key words: heat condition, electric equipment, piroelectrical sensor.

Техническое обслуживание и технический осмотр электрического оборудования, например, ГРЩ морских судов, регламентируется соответствующими руководящими документами.

Развитие дефектов электрического оборудования, как правило, сопровождается аномальным повышением температуры отдельных элементов и узлов вплоть до критических значений, приводящих к аварийным ситуациям.

Активно внедряется практика использования тепловых методов оперативного контроля состояния электрического оборудования под нагрузкой с помощью пирометрических и тепловизионных приборов [1].

В ряде кампаний для текущего контроля оборудования на промысле уже используются пирометры, с помощью которых возможно оценить степень теплового перегрева проблемных участков. С учетом особенностей конструкции пирометра [2; 3] его применение эффективно, если изначально известна локализация дефекта, но оперативный контроль многочисленных и протяженных электрических или тепловых объектов с помощью пирометра затруднен.

Применение тепловизионной техники в процессе технического аудита возможно, как правило, силами сертифицированных специалистов или при высокой квалификации судового электромеханика [1; 3].

Метод тепловизионной диагностики, как показала практика, обладает уникальными особенностями, позволяющими проводить оперативный тепло-

вой контроль за счет сканирования расширенных зон поверхности и участков с последующей визуализацией теплового поля в виде термограмм [1; 3].

Дефекты электрического оборудования накапливаются временем с определенными закономерностями, и, как правило, появляются в периоды интенсивной нагрузки. Тепловизионный метод контроля позволяет оперативно оценить степень развития образовавшегося дефекта, дать рекомендации по времени его устранения.

Тем не менее, применение распространение тепловизионных систем на морских судах в настоящее время ограничено в силу объективных факторов, частности, значительной стоимостью тепловизионного оборудования, что не позволяет использовать его в повседневной практике электро-механика непосредственно в море, на промысле.

Тепловизионный контроль судового электрооборудования в настоящее время ограничен его использованием во время стоянки судна в порту, у причала, при питании от береговой электрической сети. В связи с этим значительная часть силового оборудования, технологических машин, кабельных трасс не в полной мере подвергается тепловизионному аудиту при активной нагрузке при обследовании оборудования в порту.

Применение пирометров и тепловизионной техники дополнительно затрудняется необходимостью открытия дверцы, снятия защитной стенки (ограждения) комплектных шкафов, стоек, что в ряде случаев затруднительно из-за наличия блокировок на оборудовании, работающем под напряжением.

Перечисленные факторы не позволяют использовать современные методы тепловой диагностики непосредственно в процессе эксплуатации оборудования на морских судах.

Для развития данного метода актуально создание устройства, с помощью которого возможна предварительная локализация дефектных участков непосредственно в процессе эксплуатации оборудования, в том числе, на промысле, движении судна, при работе технологического оборудования.

Тепловой метод контроля основан на дистанционном контроле ИК-излучения, которое характерно для всех реальных объектов. В качестве приемного устройства в пирометрах используются пиродатчики (пироэлементы), современных тепловизорах – специализированные матрицы на основе микроэлементов, работающие в определенном диапазоне ИК-спектра [2; 3].

В отличие от фотоматриц, дискретные пироэлементы относительно дешевы и широко распространены в таких конструкциях датчиков – извеща-

телей движения человека. Типичные свойства датчиков типа *IRA-E420S1*, *IRA-420QW1*, а также извещателей движения отражены в литературе [3–5].

Внешний вид и типичная схема применения собственно отдельного пироэлемента Π в конструкции, например, пассивного инфракрасного извещателя, приведена на рис. 1, а, б.

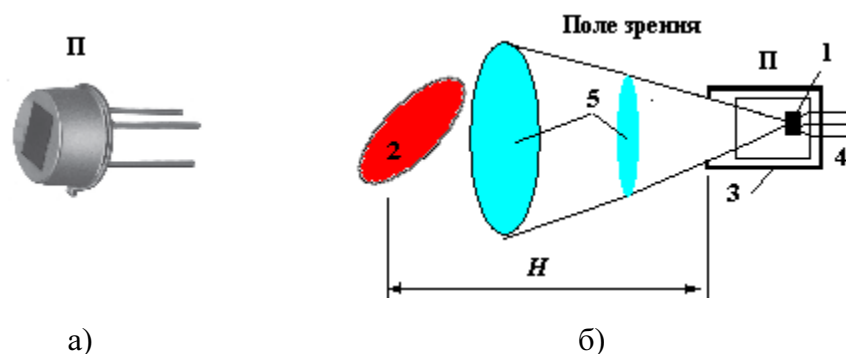


Рисунок 1 – Условная схема (а) и блок схема (б) элементов приемника извещателя

Кристалл пироэлемента (1) пиродатчика Π помещается в корпус (3) пирометра, находящегося на расстоянии H от объекта наблюдения. Оптическая система пирометра может содержать линзу, диафрагму и другие элементы, позволяющие регистрировать ИК-излучение. Питание и снятие импульсных сигналов от пироэлемента Π обеспечивается через контакты (4), к которым подключается схема управления (рис. 1, б).

В зависимости от удаления H от объекта оптическая система пироэлемента регистрирует ИК-излучение, находящееся в телесном угле, связанным с полем зрения (5). Электрическая схема устройств пирометров, позволяет оценивать величину температуры поверхности объекта наблюдения, а схемы датчиков движения – формирует сигнал о передвижении объекта в поле зрения прибора.

Нами разработана система наблюдения (рис. 2) извещателя непрерывного контроля теплового состояния электрооборудования, в котором приемник извещателя, в отличие от пирометра или датчика движения, имеет несколько пиродатчиков, объединенных в матрицу (1).

Количество элементов в матрице зависит от объекта наблюдения и требуемой точности испытаний.

Например, на рис. 2 представлен приемник извещателя (I), матрица которого состоит из шести пиродатчиков $\Pi 1 \dots \Pi 6$.

Посредством шлейфа проводников (II) на матрицу пиродатчиков подается питающее напряжение от системы управления (III) и с каждого датчика снимается сигнал, характеризующий ИК-излучение, попадающее в поле зре-

ния отдельного датчика. В системе управления формируются сигналы, которые через дистанционный или проводной канал связи (IY) поступают в систему контроля (Y), регистрирующую состояние отдельных датчиков, записывающую информацию и отображающую их состояние на мониторах.

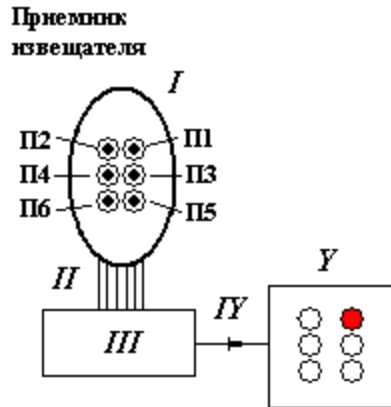


Рисунок 2 – Блок-схема извещателя теплового состояния электрооборудования

Тепловое состояние оборудования, заключенного в отдельном комплектном блоке (шкафу, стойке), регистрируется следующим образом (рис. 3).

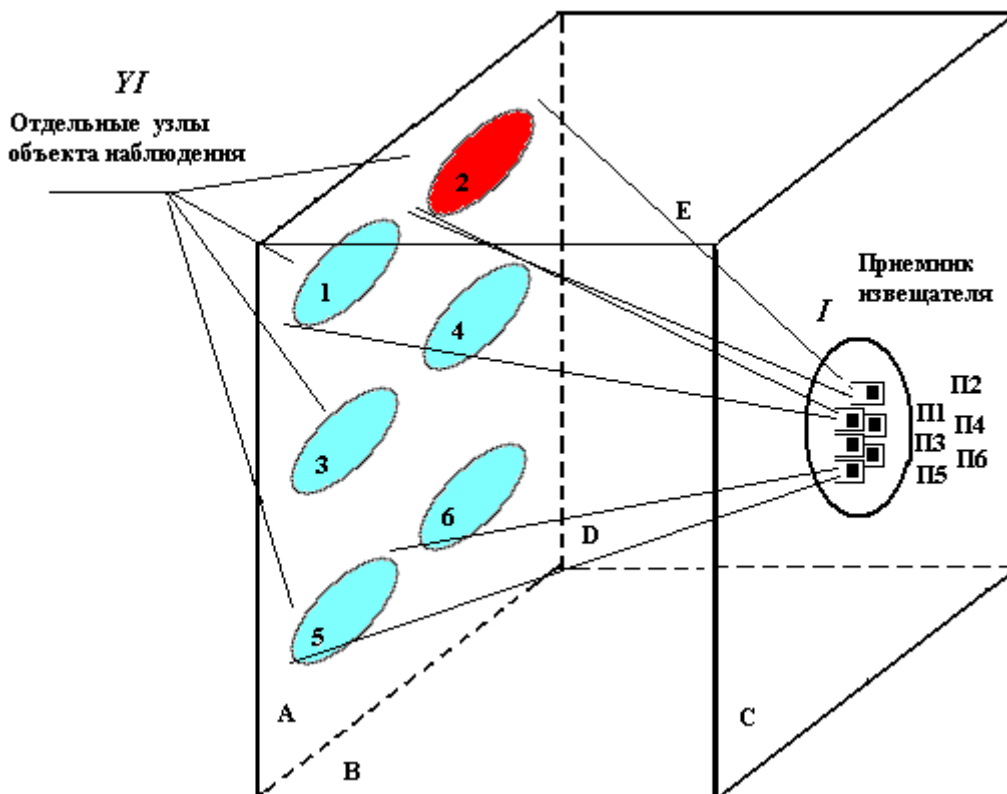


Рисунок 3 – Расположение приемника извещателя при непрерывном тепловом контроле оборудования в комплектном шкафу

Допустим, что совокупность электрических элементов шкафа расположена в области стенки А. На противоположную стенку С крепится прием-

ник извещателя (I), так что отдельные элементы оборудования YI (1, ...6) попадают в соответствующие поля зрения датчиков матрицы приемника I.

Размеры поля зрения могут быть отрегулированы диафрагмой, стоящей перед конкретным датчиком. Количество датчиков в матрице приемника извещателя определяется структурой конкретного блока.

Система теплового контроля оборудования работает в непрерывном режиме. Настойка блока управления (III) позволяет выставить уставки на превышение температуры отдельных узлов оборудования, так что при превышении температуры выше критического значения уставки, на мониторе блока системы контроля (Y) появляются визуальные, звуковые или другие сигнал, свидетельствующие о нарушении работоспособности оборудования, попадающее в поле зрения отдельного датчика извещателя.

Например, при перегреве элементов оборудования, попадающих в поле зрения датчика П2, на мониторе (Y) появится информация о появлении дефекта в соответствующей активной зоне.

Подобный метод позволяет оперативно реагировать на образовавшиеся и накапливаемые дефекты, например, контактных соединений, и позволит в дальнейшем специалисту (электромеханику) детализировать локализацию дефекта и своевременно устранить неисправность.

Библиографический список

1. Власов, А. Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики : учеб. пособие / А. Б. Власов. – Москва : Колос, 2006. – 279 с.
2. Пат. 2215269 Российская Федерация, МПК7 G 01 J 5/00. Пирометр / Семенов А. Н., Тюрин В. Н., Орлов И. Я., Афанасьев А. В., Хрулев А. Е., Черемных Г. С., Блинов А. М. ; заявитель и патентообладатель ФГУП Науч.-исслед. и конструктор. ин-т энерготехники им. Н. А. Доллежала. – № 2002111904 / 28 ; заявл. 06.05.2002 ; опубл.27.10.2003, Бюл. № 30.
3. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – 2-е изд. – Москва : Спектр, 2013. – 542 с.
4. Инструкция по эксплуатации извещателей LRP 3020 / 4010 /404. / СТАплюс. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://optex.com.ua/files/instructions/lrp4010_3020_404.pdf
5. Пат. 2394401 Российская Федерация, МПК Н 05 В 37 /02. Устройство управления освещением / Малютин Н. В, Булкин Ю. Л., Ткачев С. А. ; заявитель и патентообладатель ОАО Науч.-произв. предприятие "Волна". – № 2008144833 / 28 ; заявл. 14.11.2008 ; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.

Проблемы 3D-печати при мелкосерийном производстве продукции

Власов А. В., Власова А. Р. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: vlasovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описываются проблемы, возникающие в ходе применения 3D-печати для производства мелкосерийной продукции. Даются рекомендации по их устранению.

Abstract. The article describes issues with 3D-printing of the small batches of objects. The recommendations for the eliminations of problems are being offered.

Ключевые слова: 3D-печать, проблемы, филамент, настройка, поддержки.

Key words: 3D-printing, issues, filament, tuning, supports.

Последние несколько лет сфера аддитивных технологий переживает всплеск интереса, причем не столько со стороны профессионального сообщества, сколько от рядовых потребителей. Причиной тому является относительно невысокая стоимость 3D-принтеров, работающих по технологии FDM/FFF (Fused deposition modeling/Fused filament fabrication, печать методом послойного направления), сделавшая их доступными для использования в быту. Эта доступность позволяет малым предприятиям, имеющим весьма ограниченный бюджет, пользоваться благами 3D-печати, не только для быстрого прототипирования разрабатываемых изделий, но и для производства малых партий узкоспециализированных деталей, которые требуются для продолжения работ в настоящий момент, отсутствуют в свободной продаже и не могут быть оперативно приобретены и поставлены.

В качестве примера можно привести пластиковые крепежные изделия (пистоны, пряжки, хомуты) для современных автомобилей. Хотя большинство подобных деталей продается в розничных магазинах, некоторые весьма специфичные крепежные элементы (например, хомуты крепления электропроводки для некоторых марок машин) в свободной продаже не встречаются, так как производитель не предполагает ремонта или сервисных операций с подобными узлами. Приобретение таких изделий у дилеров практически всегда влечет за собой существенные временные затраты, вызванные доставкой неходового товара. В данном случае можно рекомендовать применение современных средств 3D-печати. Обычно такие изделия моделируются достаточно просто и в сравнительно короткие сроки, а время их изготовления и конечная стоимость невелики.

Вместе с тем, использование современных 3D-принтеров FDM/FFF влечет за собой ряд проблем, вызванных их конструкцией и особенностями технологического процесса. Несмотря на несколько отличающиеся кинематические схемы различных устройств, создание объектов с использованием аддитивных технологий FDM/FFF в общем виде базируется на послойном нанесении расплавленной пластиковой нити (ABS, PLA, нейлон и т. д.) на перемещающуюся по аппликату платформу при помощи печатающей головки (экструдера) с двумя степенями свободы (абсцисса и ордината).

Основным источником проблем с печатью является материал (в различных источниках он называется прутком, пластиковой нитью или филаментом). Основной параметр – температуры плавления и стеклования, т. е. граничные значения между твердой и жидкой фазами. Некоторые производители не указывают рекомендуемую температуру печати, и ее приходится подбирать опытным путем. При печати на низких температурах пластик в экструдере более вязкий, и на высоких скоростях он не успевает в полной мере расплавиться. Это приводит к плохой адгезии между слоями модели, появлению пропусков, а в худшем случае – к забиванию сопла и срыву печати. При высоких температурах пластик становится слишком жидким, что проявляется в подтекании его из сопла при перемещениях печатающей головки (образуются паразитные "паутинки" в модели) и оседанию стенок вследствие того, что материал не успевает затвердевать. При чрезмерном превышении температуры пластик в экструдере спекается и забивает сопло, срывая процесс печати, который может продолжаться до 10 часов и более для габаритных объектов.

При производстве филамента изготовитель должен четко соблюдать требования технологического процесса, в противном случае сторонние примеси в нити приводят к закупорке сопла (стандартный диаметр 0,3 мм) с последующим срывом процесса печати.

Типовые диаметры филамента на Российском рынке составляет 1,75 и 2,85 мм. Так как в конструкциях современных принтеров отсутствуют датчики, позволяющие определять диаметр прутка, то при сравнительно небольших отклонениях в диаметре происходит недоэкструзия или переэкструзия пластика. В первом случае в модели появляются пропуски, снижается ее прочность. Во втором случае излишки пластика могут зацепиться за сопло, образуя инородные включения в модель, а в самом худшем случае – отрывая печатаемую деталь от платформы.

Филамент гигроскопичен, причем одни виды пластика в большей, а другие в меньшей степени способны впитывать влагу из воздуха. В любом случае, распечатанная катушка пластика со временем начинает издавать щелчки в процессе печати – это в экструдере под воздействием высокой температуры (около 250 °С) испаряются пузырьки воды. В модели данный эффект проявляется в виде каверн малого размера.

Часто встречающейся проблемой при 3D-печати является неправильная калибровка платформы. В случае, если платформа в характерных точках имеет слишком большое расстояние от сопла, первый слой модели (самый важный для последующей печати) будет иметь плохую адгезию к платформе. Это приведет к отрыву детали в ходе печати вследствие воздействия внутренних напряжений, возникающих при усадке пластика в процессе остывания. Если же платформа располагается слишком близко к соплу, возрастает сопротивление на выходе из сопла, при этом велика вероятность того, что экструдер не сможет "продавить" пластик и сопло забьется.

Плохая адгезия первого слоя модели к платформе и усадка пластика являются частой причиной брака продукции. В настоящее время не существует типового решения данной проблемы. Одни пользователи используют самоклеящиеся каптоновые пленки, другие наносят на стекло платформы различные виды адгезивов (специальные клеи, растворы ABS в ацетоне, лаки для волос и т. д.), третьи модифицируют модели добавлением различных поверхностей, увеличивающих площадь контакта детали и платформы, к основанию печатаемой детали, четвертые по периметру модели добавляют стенки (термобарьеры), препятствующие интенсивному охлаждению.

Большинство проблем, возникающих при 3D-печати, можно устранить снижением скорости работы устройства (это также даст выигрыш в качестве модели) или коррекцией температуры экструдера в пределах 5...10 °С в ту или иную сторону в зависимости от наблюдаемой симптоматики.

Остальные проблемы в ходе 3D-печати возникают в механической и электрической составляющих печатающего устройства. В основном, они не свойственны промышленно произведенному оборудованию и наблюдаются сравнительно редко.

С целью повышения скорости перемещения печатающей головки, в конструкциях 3D-принтеров применяют ременные передачи, которые со временем растягиваются и требуют регулировки. Периодически необходимо смазывать направляющие, в противном случае излишнее трение в ходе пе-

ремещения может привести к пропуску шагов приводными шаговыми двигателями на высоких скоростях, что приведет к сдвигу слоев модели.

Если силовая часть электронной начинки 3D-принтера выполнена в едином корпусе с остальным устройством, могут возникать проблемы с теплоотводом от драйверов шаговых двигателей при работе в предельных режимах на высоких скоростях. При этом тепловая защита на определенный период отключает драйверы с целью охлаждения. В большинстве конструкций не предусмотрена передача сигнала о перегреве в контроллер. Соответственно, печатающий узел стоит (драйверы остывают), а контроллер продолжает выдавать управляющие сигналы. Это также является источником сдвига слоев модели.

Еще одной причиной брака при 3D-печати является малоопытность пользователя. Не всякая трехмерная модель может быть беспроблемно распечатана на 3D-принтере.

Во-первых, в модели не должно быть "висящих в воздухе" участков. В ходе попытки создать периметр на участке модели, под которым отсутствует опора, горячий филамент будет экструдирован через сопло и, не успев отвердеть, просядет, формируя расслоение на данном участке модели. Через несколько слоев обычно ситуация исправляется (данный дефектный слой становится частичной опорой для последующих), но брак в модели остается.

Для борьбы с этим эффектом применяются так называемые "поддержки" – опорные конструкции, служащие основой для печати нависающих элементов, удаляемые механически по завершении процесса. Как правило, стенки с отклонением более 20° от вертикали должны иметь поддержки. Предельное значение, при котором еще возможна печать стенок без существенной деформации модели – 45°.

Поддержки могут генерироваться в автоматическом режиме программой-слайсером, которая рассчитывает G-код для принтера по полученному файлу модели. В то же время, если в качестве примера взять используемое на кафедре АиВТ ФГБОУ ВПО "МГТУ" программное средство Polygon 2.0 (с встроенным слайсером Slic3r) для принтера PICASO 3D Designer, то генерируемые им автоматические поддержки достаточно объемны, расходуют много пластика и тяжело отделяются от модели механическим путем [1].

Лучшего результата можно достичь созданием поддержек вручную, в среде твердотельного моделирования, в виде тонких (со стороной в основании 0,7 мм) вертикальных параллелепипедов с шагом около 2 мм, как показано на рисунке 1. Такие поддержки расходуют меньше пластика по срав-

нению с автоматически генерируемыми, легко удаляются механически. К недостаткам можно отнести более продолжительный процесс обсчета модели с большим числом поддержек в слайсере.

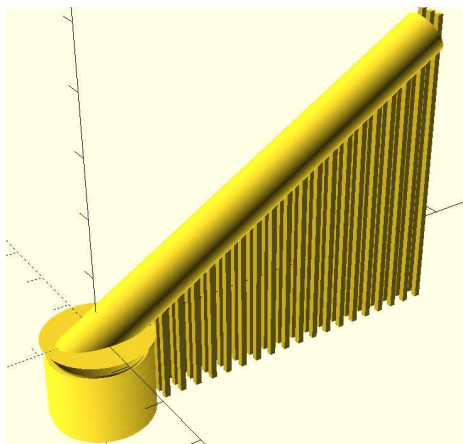


Рисунок 1 – Поддержки, сгенерированные вручную в OpenSCAD

В некоторых средах твердотельного моделирования реализованы алгоритмы автоматического создания поддержек, причем более эффективно, чем в слайсерах. Например, в Autodesk Meshmixer поддержки создаются в виде древовидной структуры, которая легко отделяется от модели после печати, но при этом обеспечивает корректное построение нависающих участков модели (рисунок 2).

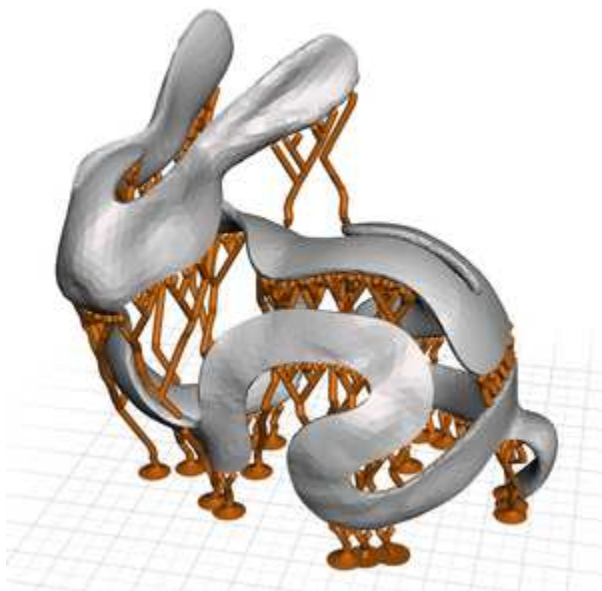


Рисунок 2 – Поддержки, реализованные автоматически в MeshMixer [2]

Иногда необходимо выбрать более выгодную ориентацию при печати модели. Это позволяет обойтись без поддержек вообще. В случае, когда можно разбить модели на части и распечатать без поддержек, следует вы-

бирать этот вариант. Для склеивания пластиков используются соответствующие растворители. Например, для ABS это ацетон или дихлорэтан.

Напечатанная модель обычно подвергается постобработке. Механическая постобработка (ножом, напильником или наждачной бумагой) призвана обеспечить требуемый внешний вид и удалить возможные дефекты с поверхности модели. Детали, которые не планируются к применению "на виду", этому виду обработки можно не подвергать.

Иначе обстоит дело с таким видом постобработки, как "глянцевание" – это процесс пропитки наружных слоев модели растворителем. Глянцевание ацетоном осуществляется вручную (нанесение растворителя кистью или тампоном), а также в виде холодной или горячей ацетоновой бани. За счет глянцевого эффекта компенсируется эффект слоистой неоднородной структуры модели, при котором ее прочность на разрыв по аппликате существенно ниже по сравнению с прочностью по абсциссе или ординате. Также гляцевание сглаживает ступенчатые переходы на кривых поверхностях модели.

Следование приведенным выше рекомендациям позволит пользователям избежать большинства типовых проблем, возникающих при трехмерной печати, а значит, сэкономить время и ресурсы при мелкосерийном производстве специфичной продукции.

Библиографический список

1. PICASO 3D Designer : инструкция пользователя [Электронный ресурс] // PICASO 3D : сайт компании . – Режим доступа: <http://picaso-3d.com/files/инструкция.pdf>. – Загл. с экрана.

2. 3D печать – Генерирование поддержек в Meshmixer [Электронный ресурс] // LugRap : сайт компании. – Режим доступа: <http://www.lugrap.com/2013/11/supports-in-meshmixer.html>. – Загл. с экрана.

Исследование характеристик излучения лазерных диодов

Власова С. В.¹, Петров В. В.², Шапочкин П. Ю.²

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasov@mstu.edu.ru),

²(г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет, ресурсный центр "Нанофотоника", e-mail: vladimir.petrov@spbu.ru)

Аннотация. В работе изучается влияние температуры на характеристики спектра излучения полупроводниковых лазерных диодов. Экспериментально показано, что при определённых условиях такие устройства могут работать в одночастотном режиме. Была выполнена оценка величины температурного коэффициента изменения ширины запрещённой зоны для исследуемых лазерных диодов.

Abstract. The effect of temperature on the characteristics of the emission spectrum of semiconductor laser diodes is studied in the work. It was shown experimentally that under certain conditions, such devices can operate in single-frequency mode. Estimate of the value of the temperature coefficient change the width of band gap was performed for investigated laser diodes.

Ключевые слова: полупроводниковые лазерные диоды, спектры излучения, влияние температуры, одночастотный режим, температурный коэффициент изменения ширины запрещённой зоны.

Key words: semiconductor laser diodes, the emission spectra, the effect of temperature, single-frequency mode, the temperature coefficient of change in the width of band gap.

Полупроводниковые (п/п) лазерные диоды широко используются в различных областях науки и техники. Одна из важнейших характеристик лазерного диода – длина волны излучения. Спектральные характеристики лазерных диодов важны не только с точки зрения их практического использования, но также и для разработки новых приборов. Если лазерный диод используется в качестве инструмента научного исследования, важно знать, от каких факторов зависит длина волны его излучения. Эти знания могли бы дать возможность стабилизировать длину волны излучения в необходимых пределах. Также можно было бы применить эти знания для расширения спектра использования лазерных диодов, например, в качестве датчика измерителя низких температур [1].

Известно, что в п/п лазерах генерация излучения осуществляется, как правило, за счет вынужденного излучения фотонов при межзонных пере-

ходах электронов в условиях высокой концентрации носителей в зоне проводимости. В работе [2] приведены экспериментальные оценки температурного коэффициента изменения ширины запрещённой зоны β , взятые из различных литературных источников, для ряда полупроводников, где

$$\beta = \frac{E_{g2} - E_{g1}}{T_2 - T_1}, \quad (1)$$

E_{g1} и E_{g2} – ширина запрещённой зоны полупроводника при температуре T_1 и T_2 , соответственно. Материалы, широко используемые для изготовления п/п лазерных диодов, имеют величину $\beta = (-5,00 \cdot 10^{-4})$ эВ/К (*GaAs*) и $\beta = (-5,5 \cdot 10^{-4})$ эВ/К (*AlSb*). Результаты математического моделирования процессов межзонного перехода электронов (с учётом влияния энергетических состояний зоны проводимости и валентной зоны на энергетический спектр поверхности полупроводника) показали, что для большинства полупроводников величина β имеет такой же порядок, как и экспериментально определённые значения [2].

В описаниях, прилагаемых к серийно выпускаемым п/п лазерным диодам, как правило, указывается интервал изменения длины волны излучения от максимальной до минимальной. Также там указывается интервал температур, в которых рекомендовано использовать данное устройство. Поскольку длина волны излучения п/п лазерных диодов напрямую связана с шириной межзонного перехода, то используя паспортные данные лазерного п/п диода, можно оценить величину коэффициента β :

$$\beta = \frac{hc(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1})}{T_2 - T_1}, \quad (2)$$

где λ_1 – длина волны излучения лазера (указана в паспортных данных как минимальная длина волны лазера), соответствующая температуре T_1 (указана в качестве нижней границы температуры эксплуатации), λ_2 – максимальная длина волны излучения лазера, соответствующая максимальной температуре эксплуатации T_2 , h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме. В табл. 1 приведены значения вышеназванных параметров для серийно выпускаемых лазерных диодов марок ADL-63058TL и ADL-63058KA2 (значения взяты из паспортных данных). Расчёты, выполненные по формуле (2), показали, что температурный коэффициент изменения ширины запрещённой зоны β для этих диодов равен $(-6,14 \cdot 10^{-4})$ эВ/К. Т. о., рассчитанное по формуле (2) значение параметра β для названных лазерных диодов имеет такой же порядок величины, что и значения, приведённые в работе [2].

Таблица 1 – Некоторые паспортные данные серийно выпускаемых диодов марок ADL-63058TL и ADL-63058KA2

Длина волны мин., нм	Длина волны макс., нм	Температура эксплуатации мин. °С	Температура эксплуатации макс., °С
630	640	-10	+40

Всё вышесказанное подтверждает представление о том, что уменьшение длины волны излучения серийно выпускаемых п/п лазерных диодов, которое наблюдается с уменьшением его температуры (см. [4]), может быть обусловлено изменением ширины запрещённой зоны полупроводника, формирующего *p-n* переход. Но с другой стороны, можно предположить, что эффект влияния температуры на длину волны излучения п/п лазера может быть обусловлено не только изменением ширины запрещённой зоны, но также может быть связан с изменением спектрального состава излучения лазера. Отмечается, что спектральный состав излучения промышленных п/п лазеров может зависеть от ряда параметров. В работе [3] исследовали влияние тока п/п диода на режим его излучения. Влияние температуры на спектральный состав излучения лазерного п/п остаётся неисследованным.

В связи с вышесказанным, в данной работе мы ставим цель: проверить, изменяется ли спектральный состав излучения промышленного полупроводникового лазерного диода с изменением его температуры. Объектом исследования являлся промышленный п/п лазерный диод ADL-63058KA мощностью 5 мВт, имеющий красную линию излучения 635 нм, работающий в интервале температур от -10 до +40 °С, рабочее напряжение составляло 3 В.

Спектр излучения лазерного диода исследовался при помощи монохроматора МДР-23 с установленным CCD-детектором¹ при трёх различных температурах: 31 °С, (-12) °С, (- 81) °С. Термопара была укреплена непосредственно на корпусе диода.

На рис. 1 представлена зависимость интенсивности излучения диода (в относительных единицах) как функция длины волны при трёх различных температурах. Из рис. 1 видно, что спектральный состав излучения существенным образом изменяется при изменении температуры лазерного диода. Можно отметить следующие особенности:

- При температуре (-12) °С лазер генерирует практически одну частоту (одночастотный режим);

¹ Измерения выполнены в ресурсном центре СПГУ «Нанофотоника».

– При температуре $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ генерируется основная мода, но спектр представляет собой группу компонент, соответствующих, по-видимому, продольным модам лазера;

– При температуре $(-81)\text{ }^{\circ}\text{C}$ лазер работает в режиме главной моды (генерирует широкую нулевую моду, смещённую в область более коротких длин волн). При этом компоненты, соответствующие различным продольным модам лазера, не сформированы окончательно, а лишь намечаются;

– Чётко прослеживается тенденция, отмеченная также в работе [4]: с ростом температуры длина волны, соответствующая максимуму спектра излучения диода, смещается в сторону бóльших длин волн.

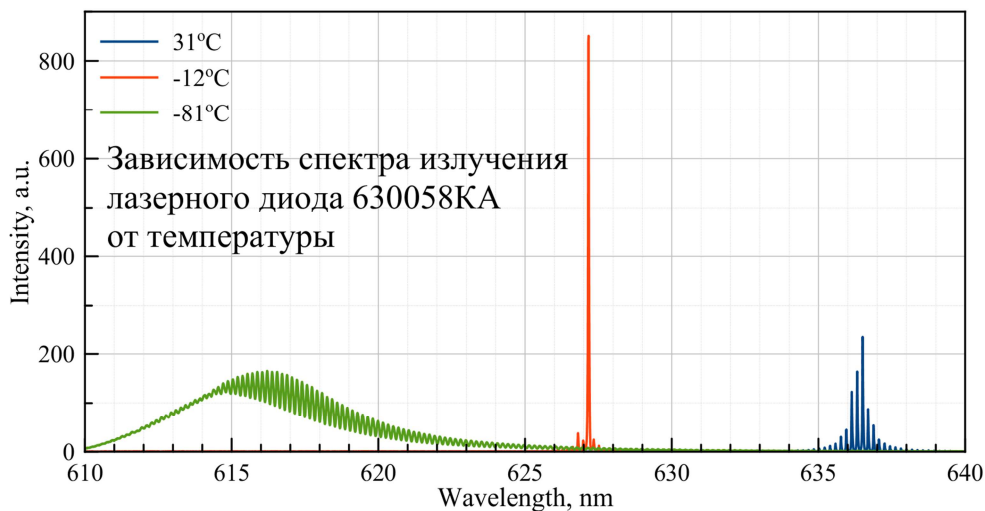


Рисунок 1 – Влияние температуры на спектральный состав излучения промышленного полупроводникового диода ADL-63058KA

Коэффициент β , соответствующий температурам $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $(-81)\text{ }^{\circ}\text{C}$, рассчитанный по формуле (2), оказался равным $5,5 \cdot 10^{-4}\text{ эВ/К}$, что хорошо согласуется с литературными данными [2]². Это совпадение позволяет, с нашей точки зрения, сделать вывод, что зависимость длины волны излучения п/п лазерного диода от температуры определяется, в основном, изменением ширины запрещённой зоны, другие факторы не оказывают заметного влияния на этот параметр.

Наблюдаемые в эксперименте особенности спектра излучения лазерного диода, по нашему мнению, можно объяснить изменением длины резонатора с изменением температуры. Как известно, спектр излучения любого лазера определяется двумя параметрами: спектром излучения рабочего вещества и резонансными явлениями в оптическом резонаторе лазера. Как говорилось выше, спектр п/п лазерных диодов определяется шириной запрещён-

² См. значения коэффициента β , приведённые выше.

ной зоны материала. Две боковые грани (торцы) кристалла, в котором создан *p-n* переход, делаются параллельными и полируются с высокой степенью точности. Они и образуют зеркала оптического резонатора. Условие образования стоячих волн заключается в том, что расстояние между зеркалами должно быть равно целому числу длин полуволн:

$$L = n \frac{\lambda}{2}, \quad (3)$$

где n – целое число, λ – длина волны излучения, L – расстояние между зеркалами резонатора. Именно излучение, удовлетворяющее условию (3), будет многократно отражаться от зеркал и усиливаться. Очевидно, что с ростом температуры, длина резонатора будет увеличиваться, также будут увеличиваться длины волн, удовлетворяющих условию (3). Наконец, могут реализоваться такие условия, что лишь одна длина волны удовлетворяет формуле (3).

Таким образом, анализ изменения спектрального состава излучения промышленных п/п лазерных диодов при изменении температуры позволяет сделать следующие выводы:

– Существуют такие температурные режимы (в рассматриваемом случае это температура порядка $(-12)^\circ\text{C}$), которые позволяют использовать лазерный диод как инструмент с очень узкой спектральной линией излучения достаточно большой интенсивности;

– Наблюдаемое экспериментально уменьшение длины волны излучения п/п лазерного диода с уменьшением температуры, которое отмечено в работе [4] определяется, главным образом, изменением ширины запрещённой зоны.

Библиографический список

1. Пат. 2534452 Российская Федерация, МПК G 01 K 11/00 (2006.01). Способ дистанционного измерения температуры среды / Власов А. Б., Деревянкин П. Г. ; заявитель и патентообладатель Мурманский гос. техн. ун-т. – № 2013129258/28 ; заявл. 25.06.2013 ; опубл. 27.11.2014, Бюл. № 33. – 6 с.
2. Гулямов, Г., Влияние температуры на ширину запрещённой зоны полупроводника / Г. Гулямов, Н. Ю. Шарипбаев // Журнал физики и инженерии поверхности. – 2011. – Т. 9, № 1. – С. 40–43.
3. Дворцов, Д. В. Одночастотный режим работы лазерных диодов / Д. В. Дворцов, В. А. Парфёнов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2013. – № 2 (170) – С. 89–96.
4. Власов, А. Б. Исследование свойств лазерных диодов при криогенных температурах / А. Б. Власов // Вестник МГТУ. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 134–136.

Импортозамещение в вычислительных сетях

Вотинов М. В., Кутырева А. Н., Скосарев Е. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике и вычислительной техники, e-mail: votinovmv@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам импортозамещения в области сетевого оборудования.

Abstract. The article is devoted to questions of import substitution in the field of network equipment.

Ключевые слова: импортозамещение, сетевое оборудование, отечественные аналоги, альтернатива.

Key words: import substitution, network equipment, domestic counterparts, alternative.

На Международном форуме Broadband Russia Forum "Развитие широкополосных сетей нового поколения в России" заместитель министра связи и массовых коммуникаций Д. М. Алхазов озвучил, что Минкомсвязи России будет стимулировать импортозамещение в телекоммуникационной отрасли.

Действительно, поддержание и развитие плана импортозамещения необходимо, поскольку в условиях жестких санкционных ограничений со стороны ряда западных стран, значительно возросли риски в области непрерывности бизнеса сотен крупнейших российских предприятий и организаций. Так, о прекращении продаж и поддержки своих решений для российских потребителей в последнее время объявили крупнейшие, прежде всего американские, ИТ-производители. В силу критичной зависимости многих российских предприятий от импортируемых ИТ-продуктов, прекращение такой поддержки ставит под угрозу работоспособность всей информационной системы России.[1]

Противоположной стороной являются вопросы надёжности в плане информационной безопасности самого используемого иностранного оборудования. Зачастую вопросы передачи информации, защищённости каналов связи зависят от грамотности и компетентности обслуживающего персонала.

Таким образом, перед отечественными компаниями стоит ответственная задача – разработка комплекса мероприятий, нацеленных на реализацию стратегии импортозамещения, в том числе в плане сетевого оборудования вычислительных сетей.

Исторически сложилось так, что в этой нише есть протекторат со стороны государства, требующего как минимум сертификации (ФСБ, ФСТЭК), а иногда и прямо предписывающего использовать только отечественные системы. И в течение нескольких лет отечественные компании успешно конкурируют с зарубежными не только в госсегменте, но и на корпоративном, не государственном, рынке, а иногда и в массовом секторе.

Мониторинг отечественного сетевого оборудования [2] показал, что в России сформировался довольно-таки обширный кластер организаций-производителей. В таблице 1 представлены только некоторые из них [3].

Рассмотрим в качестве примера несколько успешных российских компаний, поставляющих сетевое оборудование.

ОАО Научно-производственное предприятие "Полигон" – производит высокотехнологичное радиоэлектронное и телекоммуникационное оборудование для нужд операторов связи, ведомственных структур, органов государственной власти и других заказчиков. Оборудование обладает статусом "Телекоммуникационного оборудования российского происхождения" [4].

Основные виды деятельности компании "Полигон":

- разработка, производство и внедрение телекоммуникационного оборудования, систем передачи данных и видеоинформации;
- разработка специального программного обеспечения;
- собственное производство и организация промышленной кооперации с российскими и зарубежными компаниями;
- ремонт и послепродажное обслуживание;
- выполнение заказов на разработку средств связи и систем управления.

Таблица 1 – Организации-производители сетевого оборудования

Фирма	Продукт
"Бастион"	Системы безопасности
"Бестер"	Антенно-фидерные устройства и оборудование
"Код Безопасности"	Программное обеспечение сетевой безопасности и криптозащиты
"Конструктив"	Оптоволоконное оборудование, пассивное сетевое оборудование
"Первая Российская Телефонная Компания"	Оптические мультиплексоры, Ethernet-коммутаторы
"Полигон"	Коммутаторы, маршрутизаторы
"NSG"	Маршрутизаторы, шлюзы, модемы
"QTech"	Коммутаторы, маршрутизаторы

"Конструктив" – компания, основанная в 1991 году. Производит и поставляет такое телекоммуникационное оборудование как:

- телекоммуникационные шкафы, indoor типа;
- предсобранное кроссовое оборудование;
- различные виды всепогодных решений и т. д.

На сегодняшний день предприятие производит более 2000 наименований продукции, и список стандартной продукции пополняется новинками ежемесячно.

НАТЕКС – ведущий производитель и поставщик современного оборудования связи. В настоящее время в коллективе компании работает порядка 300 сотрудников. Система менеджмента качества фирмы соответствует требованиям ГОСТ ISO 9001-2011 в области связи. ГК НАТЕКС осуществляет поставки через сеть партнеров в России и в более чем 20 странах ближнего и дальнего зарубежья.[5]

Все многообразие систем связи, производимых НАТЕКС, можно условно разбить на три группы в зависимости от сферы применения:

1) Оборудование для сетей доступа

- Оборудование xDSL (DSLAM + CPE);
- Оборудование для доступа по ВОЛС;
- Мультиплексоры TDM (для узлов и корпоративного доступа);
- Управляемые коммутаторы Ethernet 10/100/1000 уровня 2.

2) Оборудование для зонowych и местных сетей связи

- Профессиональные системы передачи для медных линий (SHDSL);
- Системы передачи для линий большой протяженности (MEGATRANS);
- Системы передачи для ВОЛС (SDH уровней STM-1/16/64, PDH);
- Высокоскоростные оптические xWDM-системы.

3) Оборудование для сетей ведомственной и технологической связи;

- Мультиплексоры для сетей технологической связи;
- Цифровые системы передачи для медных и оптических линий, объединенные с системами диспетчерской связи и сбора данных;
- Специализированные системы для предприятий железнодорожного транспорта, нефте- и газотранспортных предприятий.

Таким образом, в России существует немало разработчиков сетевого оборудования, изготовителей, имеющих собственные заводы, лаборатории, научные технические кадры.

Рынок отечественного сетевого оборудования представлен достаточным количеством оборудования российского производителя, не уступающим по качеству иностранным, проверенному и сертифицированному ФСБ России.

Продукция под грифом "сделано у нас" не уступает по функциональности изделиям именитых мировых участников рынка. Более того, работая с локальными изготовителями, их клиенты получают возможность тонкой подстройки оборудования в соответствии со своими требованиями и прямого доступа к инженерным компетенциям изготовителей.

Библиографический список

1. Импортозамещение: цель или средство? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2015/01/13045325/>. – Загл. с экрана.

2. Импортозамещение: сетевые технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pcmag.ru/reviews/detail.php?ID=50114>. – Загл. с экрана;

3. ГК АйТи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://it.ru> – Загл. с экрана.

4. Полигон компания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.polygon.com/> – Загл. с экрана.

5. НТЦ ЛОГИС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://logis.ru> – Загл. с экрана.

Автоматизированное проектирование опытного образца промышленного робота с применением современных САПР

Дибров М. Г.¹, Бесько А. В.²

¹ (г. Воронеж, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", кафедра компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, e-mail: mihail.dibrow@yandex.ru)

² (г. Воронеж, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", кафедра ГКПД.)

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы автоматизации проектирования опытного образца промышленного робота. Описан подход, который, в отличие от существующих, позволит учесть при проектировании все необходимые требования для каждой конкретной производственной задачи.

Abstract. This article discusses the issues of design automation experience-th sample of an industrial robot. Describes an approach which, unlike existing, allows to take into account when designing all the necessary requirements for each specific production goals.

Ключевые слова: автоматизация, система автоматизированного проектирования (САПР), промышленный робот, ЭВМ, проектирование, манипулятор.

Key words: automation, computer-aided design (CAD), industrial robot, computer, design, manipulator.

Проектирование промышленных роботов представляет собой весьма обширную проблему. Прежде всего, необходимо учитывать перечень требований применения проектируемого робота к определенному классу технологических операций. Отсюда вытекают различные требования к количеству и характеру степеней подвижности робота. Должны быть выбраны тип приводов, кинематическая схема манипулятора проектируемого робота и его общая конструктивная компоновка – по условиям и требованиям эксплуатации.

Так же должен быть решен вопрос о принципах управления движением манипулятора, составе системы управления, необходимости ЭВМ в контуре управления, типе операционной системы и программного обеспечения, наличии или отсутствии различных датчиков, общей компоновке схем и блоков системы управления.

С этой точки зрения надо задать определенный тип технологического процесса, для которого предназначен данный робот.

Отсюда следует, что проектирование опытного образца промышленного робота требует системного подхода. В самом деле, здесь имеется система, состоящая из многих конкретных подсистем и компонентов. С одной стороны, робототехническая система подразделяется на компоненты, каждая из которых подлежит конкретному проектированию, имеет свои принципы функционирования как законченное самостоятельное техническое устройство.

В основу проектирования робота закладываются соответствующие математические модели процессов и устройств и алгоритмы их функционирования. Математические модели дополняются эвристическими описаниями функционирования техпроцессов, для которых не удастся составить достаточно полной математической модели. Ставятся цели проектирования и формируются системные и прикладные программы проектирования.

Последовательность автоматизированного проектирования представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема последовательности автоматизированного проектирования

ЭВМ в САПР играет ключевую роль. Там сосредоточена база описаний и моделей процессов и устройств, необходимых технических данных и процедур. Проектировщик в ходе работы может вызвать каждый элемент базы на экран дисплея, внести корректировку и изменения.

ЭВМ освобождает проектировщика от рутинных видов работ и предоставляет возможности творческой работы в интерактивном режиме, освобождает его от большого объема различной документации, проведения громоздких вычислений, дает возможность просмотра большого количества вариантов в процессе проектирования. Все это значительно улучшает

качество разработки проектов, облегчает системный анализ и оптимизацию процессов и технологических устройств во всех их взаимосвязях.

В процесс автоматизированного проектирования и в исходную базу данных вводится коллективный опыт проектных и конструкторских организаций с использованием многих вариантов типовых решений с возможностью их модернизации. При этом по сравнению с традиционными методами проектирования устраняется субъективизм оценки различных вариантов, недостаточность учета взаимосвязей, невозможность многоплановой оптимизации.

Однако при всем при этом главная роль в принятии решений и окончательном завершении результатов проектирования остается за человеком. ЭВМ и вся техника САПР эффективно помогают ему. Человек, используя ЭВМ, сам ведет задачу проектирования к поставленной цели.

Система автоматизированного проектирования – организационно-техническая система. Она включает в себя средства методического, организационного, информационного, программного и технического обеспечения. Принцип построения системы блочно-модульный (например, блок кинематического анализа, модуль прочностного расчета, блок построения и анализ динамических характеристик и т. п.). При решении этих задач важно соблюсти единую основу информационного обеспечения по языку описания и по технике пользования. Организационно система строится по иерархическому принципу.

Процесс проектирования ведется путем последовательных приближений с целью постепенной отработки всех схемных и конструктивных решений и характеристик проектируемых объектов.

После уточнения цели проектирования опытного образца промышленного робота начинается формирование технических требований, предъявляемых к нему со стороны автоматизируемого производственного участка. Эти требования разнообразны и обуславливаются видом производства, характером автоматизируемых технологических процессов и объектов манипулирования, существующей организацией производства, требуемой производительностью и т. д. Разная роль требований позволяет разбить весь процесс проектирования на соответствующие этапы, что существенно облегчает процедуру проектирования [1].

При разработке технического предложения достаточно иметь требования, к размерам и формам рабочей зоны, количество точек, точность по-

позиционирования, грузоподъемность, перемещения и скорости, типы приводов и системы управления. В соответствии с этими условиями выбирают принципиальную схему манипулятора, определяют его вид, взаимную ориентацию, число и последовательность расположения степеней подвижности суставов; выбирают тип привода и системы управления, способ позиционирования робота, уточняют несущие конструкции манипулятора.

Рассмотрим коротко процесс автоматизированного проектирования кинематической схемы опытного образца промышленного робота, его функциональную возможность в рабочем пространстве. Рабочее пространство представляет собой множество точек, с которыми может совпадать хотя бы одна точка робота при его функционировании. Рабочее пространство опытного образца представлено на рисунке 2.

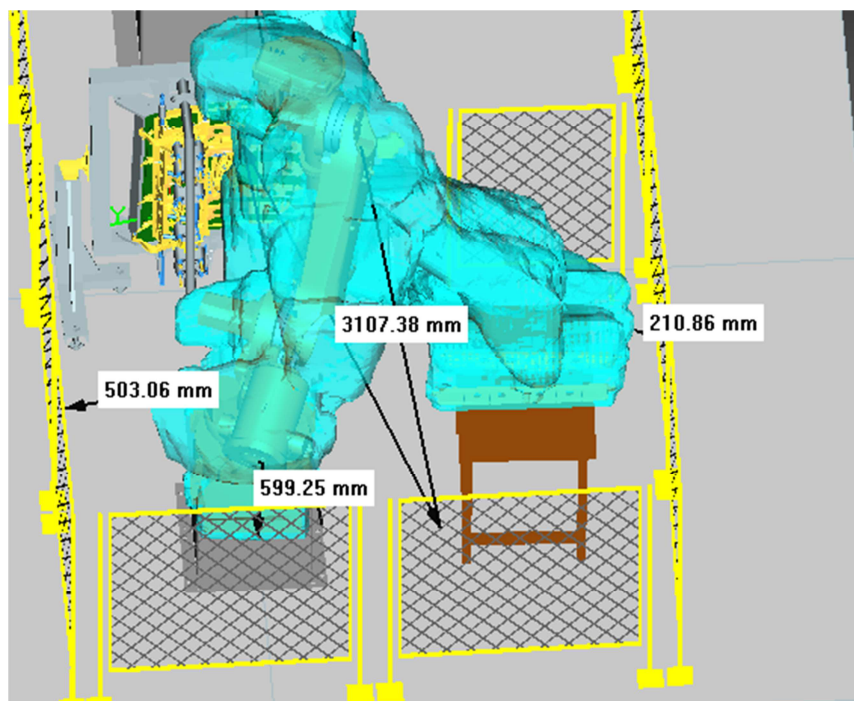


Рисунок 2 – Рабочее пространство робота

Возникают задачи, во-первых, анализ функциональных возможностей манипулятора при различных условиях его размещения среди технологического оборудования с учетом применения данного образца для выполнения различных технологических операций, а во-вторых, синтез новых кинематических схем манипулятора и формирования допустимых компоновок оборудования для получения желаемого рабочего пространства.

В ЭВМ САПР должны быть математически смоделированы возможные типовые схемы и геометрия функциональных возможностей манипу-

ляторов, введены различные типы ограничений и препятствий, просчитаны варианты кинематических схем, размеров длин звеньев и характеристик их взаимных перемещений в различных системах координат.

В основу моделирования функциональных возможностей манипуляторов закладывается решение так называемой обратной кинематической задачи. Под этим понимается отыскание обобщенных координат звеньев манипулятора по заданным координатам его концевого звена.

Процесс решения задачи следующий, назначаются совокупность точек в предполагаемом рабочем пространстве и совокупность угловых положений концевого звена в каждой точке. Для каждой совокупности таких данных решается обратная кинематическая задача и определяются все конфигурации звеньев манипулятора. Для всех конфигураций ищутся точки пересечения звеньев манипулятора с препятствиями. Выделяется совокупность конфигураций, не имеющих таких точек пересечения. При этом достаточно сложным является наглядное графическое пространственное изображение результатов для проектировщика, особенно совокупность угловых положений концевого звена в каждой точке рабочего пространства.

Для решения задачи синтеза необходим поиск элементов множества кинематических схем, удовлетворяющих геометрическим условиям задачи обслуживания РТК без соприкосновения с препятствиями. ЭВМ, синтезируя множество схем, выбирает из них и представляет на экране дисплея те, которые удовлетворяют заданным оператором-проектировщиком критериям.

В настоящее время разработан формализованный метод и прикладное программное обеспечение автоматизированного проектирования в таких задачах синтеза. Работа ведется в режиме диалога, и окончательное решение принимается человеком после поэтапной интерактивной работы с ЭВМ.

С решением этой задачи сочетаются в той же САПР задача построения зоны возможной установки манипулятора среди технологического оборудования с учетом конструктивных ограничений на допустимые движения в сочленениях звеньев манипулятора. Все препятствия, которые манипулятор должен огибать в процессе работы, моделируются в виде простых геометрических объемных тел или плоских фигур.

Для синтеза схем избыточных манипуляторов изложенный выше метод непосредственно применен быть не может, так как некоторому фиксированному положению манипулятора может соответствовать множество

конфигураций расположения его звеньев, как показано, например, для плоского случая представлен на рисунке 3.

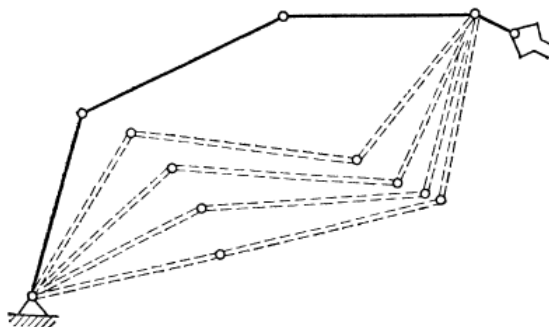


Рисунок 3 – Множество конфигураций манипулятора на плоскости

В связи с этим применяется так называемый *метод декомпозиции*, когда рассматривается не весь манипулятор в целом, а последовательно его части, не обладающие избыточностью относительно точек сопряжения их с предыдущими частями. Разработан метод для однотипного решения задач для всех частей манипулятора последовательно, начиная с его концевого звена. Поэтому объем вычислений значительно возрастает с увеличением числа степеней подвижности манипулятора.

Выявленные манипуляционные возможности концевой части манипулятора относительно точки сопряжения с предыдущим звеном дополняются затем возможностями движений этой точки вместе с предыдущим звеном и т. д. В результате оказывается возможным спроектировать необходимые для данной технологической задачи произвольные сложные конфигурации состояний многозвенной манипуляционной системы робота с любым числом избыточных степеней подвижности. Реализация таких сложных конфигураций и движений должна осуществляться в спроектированном роботе соответствующей двигательной системой и программным обеспечением управляющей ЭВМ робота.

После выполнения всех задач проектирования опытного образца промышленного робота, описанных выше, наступает процесс конструкторской разработки отдельных его устройств. Для каждого из этих устройств создается своя система автоматизации разработки конструкции с базой данных, содержащей типовые детали и узлы, уже имеющиеся в отрасли. Исходные данные для разработки механических конструкций, электрических и электронных схем, входящих в подсистемы создаваемого робота, основываются на результатах автоматизированного проектирования робота,

описанного выше. Общий проект работа обуславливает все взаимосвязи и характеристики входящих в него подсистем, узлов и деталей. Последние должны конструироваться в соответствии с этим так, чтобы полученный в результате комплекс обладал заданными свойствами функционирования как единой сложной динамической, программно-управляемой, быстро переналаживаемой системы, хорошо сочетающейся с оборудованием, с которым она взаимодействует, и с верхними уровнями контроля и управления [2].

Процесс автоматизированного проектирования сочетается с математическим моделированием функционирования создаваемого объекта, что обуславливает выявление и исправление основных ее свойств и характеристик еще на этапе проектирования, и является весьма важным для практики.

Библиографический список

1. Попов Е. П. Робототехника и гибкие производственные системы. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987. – 192 с.
2. С. Ф. Бурдаков. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: Учеб. пособие для студ. Вузов, обучающихся по спец. "Робототехнические системы" / С. Ф. Бурдаков, В. А Дьяченко, А. Н. Тимофеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.

Разработка климатической камеры для малогабаритной сушильной установки УПОР-М

Ерещенко В. В.¹, Столянов А. В.¹, Ершов М. А.², Жук А. А.¹

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники)

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Статья посвящена разработке климатической камеры, позволяющей создавать приточный сушильный агент с заданными параметрами температуры и влажности.

Abstract. The article describes development of climate chamber for creation of incoming drying agent with specified parameters of temperature and humidity.

Ключевые слова: малогабаритная установка, сушка сырья.

Key words: small unit, raw material drying.

Введение. В рамках совместной научно-исследовательской работы кафедры "ТПП" и "АиВТ" Мурманского государственного технического университета (МГТУ) разработана малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья, представленная на рисунке 1.

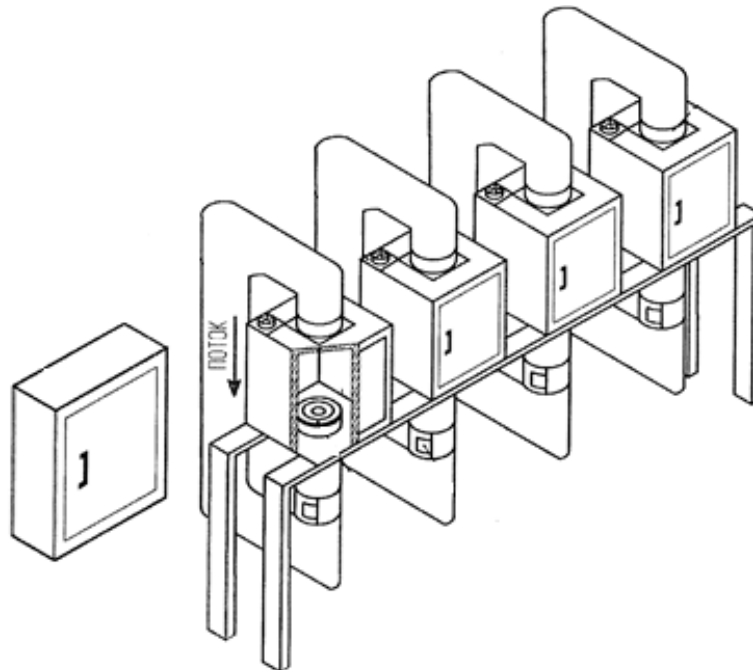


Рисунок 1 – Малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья

Описание установки.

Установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья обладает следующими преимуществами:

- реализация четырех независимых технологических процессов, различных по: влажности, температуре, воздушному потоку в камерах;
- обеспечение одинаковых условий проведения технологических процессов (температура и влажность цехового воздуха в равной степени влияют на все четыре камеры);
- потребление значительно меньшего количества электроэнергии по сравнению с промышленными установками;
- повышение энергоэффективности установки с помощью оптимальной системы управления процессом.
- сокращение времени поиска оптимальных технологических режимов обезвоживания продукции [1].

Модернизация малогабаритной сушильной установки УПОР-М

Основной задачей модернизации данной установки является создание климатической камеры, позволяющей создавать приточный сушильный агент с заданными параметрами температуры и влажности. Таким образом, появится возможность найти оптимальный режим обезвоживания для любого климатического региона и времени года.

Подготовка воздуха перед подачей в малогабаритную сушильную установку представляет собой тепло-влажностную обработку. Технология тепло-влажностной обработки воздуха определяется начальными параметрами воздуха, подаваемого на вход климатической камеры, и требуемыми (задаваемыми) параметрами воздуха для малогабаритной установки.

Технологический процесс подготовки представляет собой ряд основных операций: подогрев или охлаждение наружного воздуха, увлажнение, подогрев приточного воздуха после увлажнения.

Разрабатываемая климатическая камера состоит из следующих основных функциональных блоков: камера предварительной подготовки воздуха, камера орошения, теплообменный нагреватель.

Регулирование температуры приточного воздуха осуществляется по показаниям датчика температуры, установленного на выходе климатической камеры. Влажность приточного воздуха регулируется прямым методом. Регулятор влажности, расположенный непосредственно в объекте, воздей-

ствуует на регулирующие органы элементов установки, влияющих на величину относительной влажности в объекте. В этом случае температура и относительная влажность воздуха поддерживаются постоянными.

По показаниям датчика влажности регулируется предварительный нагрев или охлаждение воздуха в камере предварительной подготовки и его увлажнение с помощью ультразвуковых увлажнителей. Благодаря этому достигается требуемое влагосодержание приточного воздуха. По показаниям датчика температуры регулируется мощность воздухонагревателя дополнительного подогрева приточного воздуха. Это позволяет довести температуру до необходимой.

Для оптимальной настройки системы регулирования температуры и относительной влажности приточного воздуха были экспериментально получены передаточные функции основных функциональных блоков. На основе этого была построена математическая модель климатической камеры, представленная на рисунке 2.

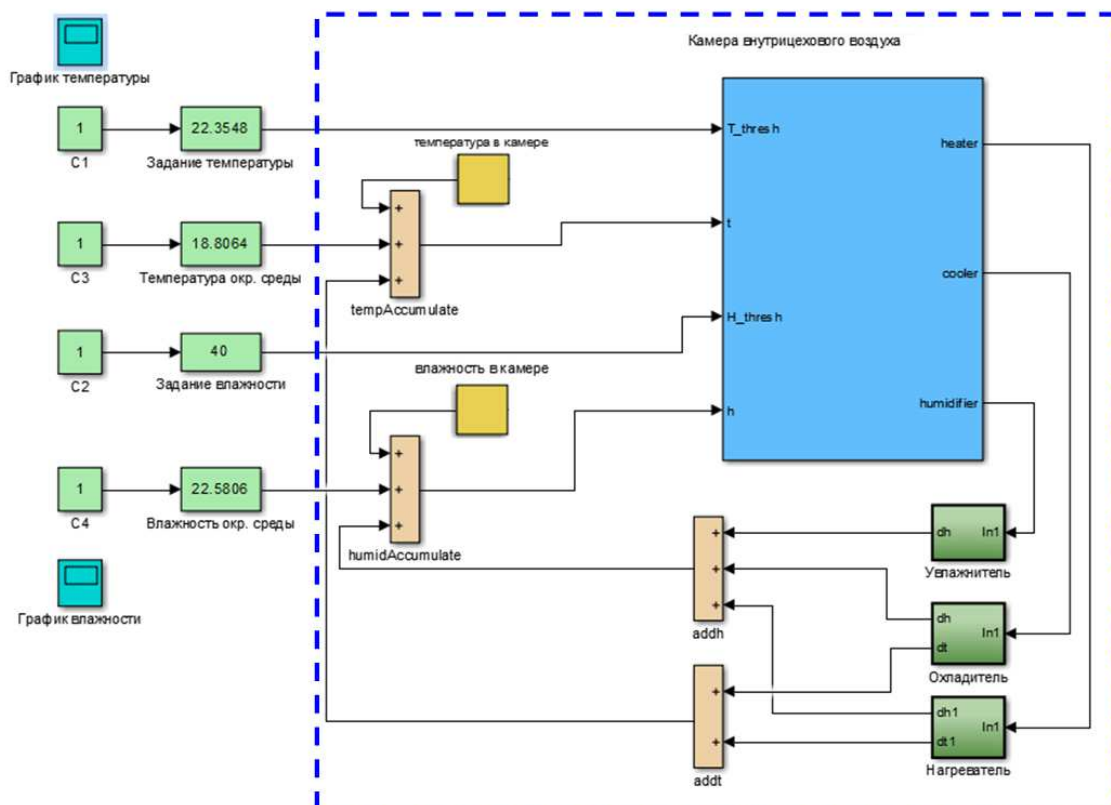


Рисунок 2 – Модель климатической камеры

Структурная схема установки создания микроклимата, представлена на рисунке 3. Для получения необходимой температуры воздуха в установке

используется конденсатор и испаритель кондиционера БК-2000, а для создания необходимой влажности – ультразвуковые увлажнители Sb22146.

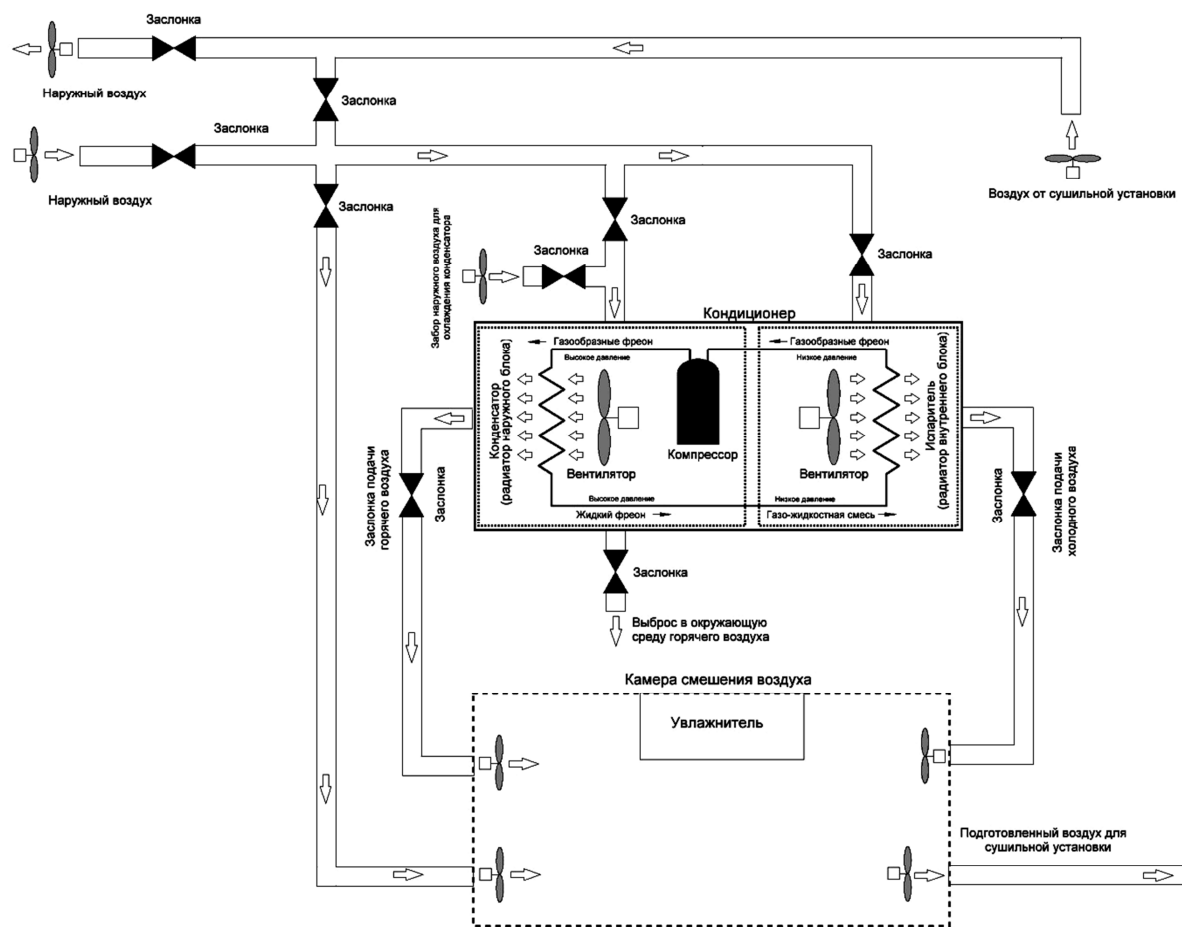


Рисунок 3 – Установка создания микроклимата

В камере смешения климатической камеры непрерывно контролируется величина открытия заслонок подачи горячего, холодного и рециркуляционного воздуха. Для перемешивания холодного и горячего воздуха в камере смешения установки предусмотрены вентиляторы.

Для того, чтобы воздух на этапе пуска не проходил в камеру малогабаритной сушильной установки без предварительной подготовки, в климатической камере предусмотрены заслонки воздухопроводов. Они связывают камеру смешения установки и малогабаритную сушильную установку, а также закрываются в режиме предварительной подготовки воздушной смеси. После получения воздуха с заданными параметрами, заслонки открываются, и с помощью вентиляторов воздушная смесь рециркулирует между малогабаритной установкой и установкой создания микроклимата.

В настоящее время завершается создание опытного образца климатической камеры для малогабаритной установки. После этого будет произве-

дена разработка режимов обезвоживания на установке УПОР-М с заданными параметрами сушильного агента[1].

Заключение. Модернизированная малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья позволит задавать условия протекания процессов (скорость движения теплоносителя, относительную влажность и температуру). Таким образом, будет обеспечена возможность разработки режимов обезвоживания с заданными параметрами сушильного агента и обеспечить их. Установка позволит минимизировать экспериментальный поиск оптимальных режимов обезвоживания по временным и энергетическим показателям.

Библиографический список

1. Маслов, А. А. Малогабаритная сушильная установка для поиска оптимальных технологических режимов / А. А. Маслов, М. А. Ершов, И. Ю. Селяков, А. В. Кайченев, В. А. Аминов // Наука и образование – 2012 : материалы международной научной, конференции (2–6 апреля 2012) [Электронный ресурс] / МГТУ. Электронные текстовые Данные (139 Мб) Мурманск : МГТУ, 2012.

Схема реляционной базы данных для представления изделий с взаимозаменяемыми элементами

Ерохина И. Н., Мокрозуб А. В. (г. Тамбов, ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет", кафедра компьютерно-интегрированных систем в машиностроении, e-mail: inerohina@yandex.ru; mokrozubv@yandex.ru)

Аннотация. Приведена структура реляционной базы данных для хранения спецификаций изделий с взаимозаменяемыми элементами. Взаимозаменяемость элементов определяется производственными правилами. Производственные правила хранятся в базе данных.

Abstract. The structure of a relational database for storing product specifications with interchangeable elements. Interchangeability of elements defined production rules. Production rules are stored in a database.

Ключевые слова: спецификация изделия, реляционная база данных, взаимозаменяемые элементы.

Key words: product specification, a relational database, interchangeable elements.

Под изделиями с взаимозаменяемыми элементами (детальями, сборочными единицами) понимается изделие, в котором некоторые элементы могут быть заменены на другие аналогичные (и это предусмотрено конструкцией). Например, в широко используемых на предприятиях АПК редукторах различного назначения могут использоваться литые или сварные крышки. При этом может быть как полное, так и частичное совпадение конструктивных свойств заменяемых элементов. Последнее может оказать влияние на другие элементы изделия. Например, если у взаимозаменяемых элементов разное число отверстий для крепежных болтов, то необходимо предусмотреть разное число отверстий у сопрягаемых с ними элементов, т. е. эти элементы тоже будут заменяемы и т. д. Таким образом, могут получаться взаимозаменяемые цепочки элементов, при этом первый элемент должен задаваться.

Описанию структур технических объектов (ТО) посвящено большое количество публикаций. В [1] предлагается использовать полихроматические множества для описания состава и свойств изделий, в [2,3] представлены способы представления структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями. В [4,5] описано

применение гиперграфов и реляционных баз данных для описания и хранения структуры ТО. В [6] описано представление структуры ТО с взаимозаменяемыми элементами в виртуальных моделях.

Рассмотрим изделие a1, которое состоит из деталей a2, a5 и трех сборочных единиц a3 или a4, a5 или a6, a7. Ниже представлены спецификации всех сборочных единиц.

Спецификация a1

Позиция	Обозначение	Количество
1	a2	1
2	a3 или a4	2
3	a5	3
4	a6 или a7	1

Спецификация a3

Позиция	Обозначение	Количество
1	a8	2
2	a9	2

Спецификация a4

Позиция	Обозначение	Количество
1	a10	2
2	a11	1

Спецификация a6

Позиция	Обозначение	Количество
1	a12 или a13	1
2	a14	2

Спецификация a7

Позиция	Обозначение	Количество
1	a15	2
2	a16	1

Спецификация a9

Позиция	Обозначение	Количество
1	a17 или a18	2
2	a19	1

На рисунке 1 приведено дерево изделия a1, составленное из представленных спецификаций.

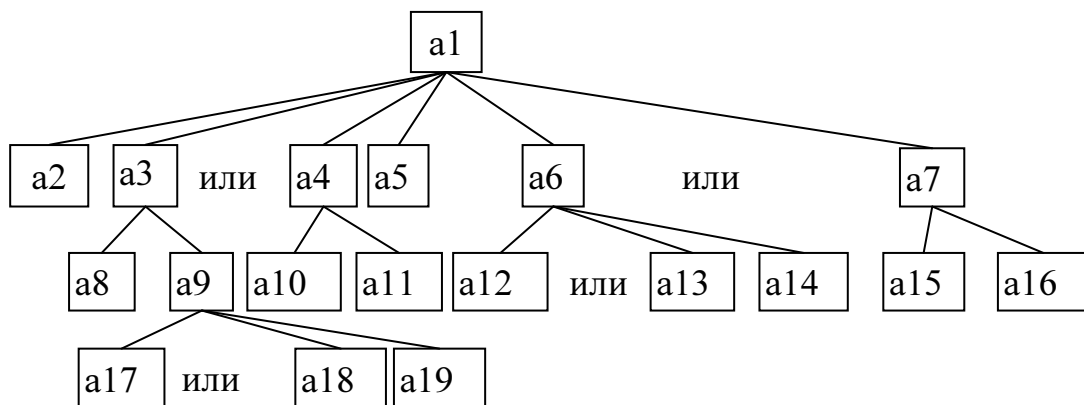


Рисунок 1 – Дерево изделия a1.

Взаимозаменяемость элементов определяется следующими правилами:

Правило 1. Если a_3 то a_6 .

Правило 2. Если a_4 то a_7 .

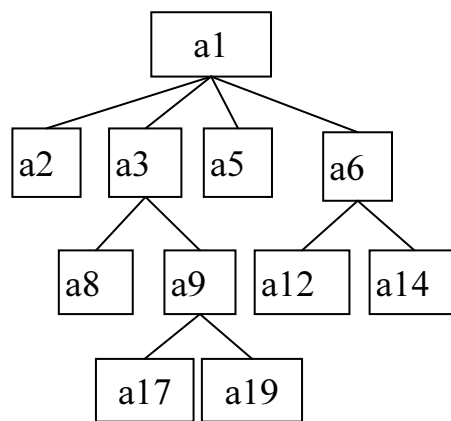
Правило 3. Если a_{17} то a_{12} .

Правило 4. Если a_{18} то a_{13} .

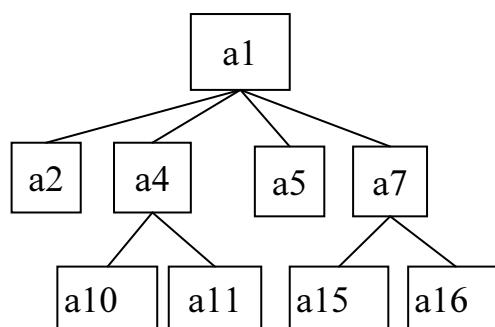
При изготовлении изделия a_1 необходимо однозначно задать позиции с взаимозаменяемыми элементами. Исходными данными для составления такой спецификации является наличие или отсутствие элементов a_3 , a_4 , a_{17} , a_{18} в конечном изделии. При этом возможны разные варианты. На рисунке 2. представлены деревья, полученные после применения правил 1–4 для следующих исходных данных:

– a_3 , a_{17} присутствуют в изделии a_1 , (рисунок 2,*а*);

– a_4 присутствует в изделии a_1 (рисунок 2,*б*).



а)



б)

Рисунок 2 – Возможные варианты изделия a_1

Структура базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Структура базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами

В таблице "Спецификации" поле "ID_Изделия_родителя" представляет изделие, для которого составлена спецификация (куда входит изделие потомок). Для альтернативных позиций "ID_Изделия_потомка" будет равно нулю. В этом случае потомки определяет таблица "ИЛИ_позиции", в которой для одной позиции спецификации задается несколько изделий потомков. В таблице "Правила" для альтернативных позиций спецификаций в поле "Текст_на_SQL" задается правило взаимозаменяемости элементов в формате SQL. Позиция спецификации, для которой применяется правило, определена полем "ID_Спецификации". Поле "Текст_на_ЕЯ" содержит правило на естественном языке, например "Если a17, то a12". В таблице "Исх_данные" задаются корневые элементы взаимозаменяемых цепочек, например a3 или a4 для изделия на рис. 1.

Описанный способ может быть использован в системах автоматизированной подготовки конструкторско-технологической документации и нормирования [7,8].

Работа выполнена под руководством профессора кафедры КИСМ ТГТУ Мокрозуба В. Г.

Библиографический список

1. Павлов, В. В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. Ин-т конструкторско-технологической информатики РАН. – М. : Наука, 2006. – 307 с.
2. Мокрозуб, В. Г. Представление структуры изделий в реляционной базе данных // Информационные технологии. – 2008. – №11(147). – С. 11–13.
3. Мокрозуб, В. Г. Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 10(64). – С. 30–34.
4. Мокрозуб, В. Г., Немтинов В. А., Егоров С. Я., Морозов С. В. Применение гиперграфов и реляционной базы данных для описания структуры радиотехнических // Успехи современной радиоэлектроники. – 2009. – № 11. – С. 37–41.
5. Мокрозуб, В. Г. Графовые структуры и реляционные базы данных в автоматизированных интеллектуальных информационных системах. – М. : Спектр, 2011. 108 с.
6. Мокрозуб, В. Г., Сердюк А. И., Каменев С. В., Шамаев С. Ю. Представление структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами в виртуальных моделях // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Том 17. – № 2. – С. 467–470.
7. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем / В. А. Немтинов, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб и др. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г. Р. Державина, 2011. – 282 с.
8. Мокрозуб В. Г., Немтинов В. А., Егоров С. Я. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68–73.

Разработка цифрового устройства контроля микроклимата помещения на базе микроконтроллера

Жук А. А., Маслов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике и вычислительной техники, e-mail: zhukaa@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье представлена разработка цифрового устройства контроля микроклимата помещения на базе микроконтроллера. Приведены структура, функциональные возможности и области применения устройства.

Abstract. The article offers the digital device development, which based on the microcontroller, for controlling microclimate of a room. The article also describes the unit structure, functional features and application.

Ключевые слова: микроклимат помещения, контроль, измерение, цифровое устройство, микроконтроллер, датчик, температура, влажность, атмосферное давление, концентрация углекислого газа.

Key words: room's microclimate, control, measurement, digital device, microcontroller, sensor, temperature, humidity, atmosphere pressure, carbon dioxide concentration.

Микроклиматом называют состояние внутренней среды помещения, характеризующее комплекс метеорологических условий: температурой, влажностью, скоростью движения воздуха и другими.

Метеоусловия оказывают непосредственное влияние на тепломассообменные процессы с окружающей средой и в значительной мере воздействуют на физиологическое состояние человека, животных и растений. При производстве и хранении различной продукции параметры микроклимата принципиально определяют её качество и свойства. Также от микроклимата зависят эксплуатационные характеристики оборудования и техники. Поэтому контроль микроклимата имеет большое практическое значение для социальной, бытовой сферы, технологических процессов и производств.

Одним из способов повышения качества и эффективности производства является применение средств автоматизации, которые позволяют контролировать метеоусловия и управлять микроклиматом.

Под термином "контроль" понимается измерение физической величины и её оценка. Контроль микроклимата может осуществляться в жилых зданиях, производственных цехах, общественных и рабочих помещениях, в образо-

вательных, медицинских учреждениях и на других объектах. Главной задачей контроля и управления микроклиматом является обеспечение оптимальных или допустимых метеоусловий в обслуживаемой зоне.

Для общественных помещений, в которых люди заняты умственным трудом, государственным стандартом установлены оптимальные и допустимые нормы температуры и относительной влажности воздуха. Оптимальная температура: от 19 до 21 °С, допустимая: от 18 до 23 °С. Оптимальная влажность: от 30 до 45 %, допустимая: не более 60 % [1].

Важной характеристикой микроклимата является концентрация углекислого газа. В зависимости от содержания CO₂, согласно ГОСТу, приводится следующая классификация воздуха в помещениях. Высокое качество воздуха – концентрация углекислого газа не более 400 ppm (parts per million, т. е. 0,04 %). Среднее качество воздуха – от 400 до 600 ppm. Допустимое качество – от 600 до 1000 ppm. Низкое качество воздуха – свыше 1000 ppm (0,1 %) [1].

При низком качестве воздуха у людей наблюдаются плохое самочувствие и высокая утомляемость, снижается производительность труда, возрастает количество ошибок в работе.

Оптимальный микроклимат способствует улучшению условий труда, снижает общую заболеваемость, а также повышает производительность труда. Поэтому на кафедре "Автоматики и вычислительной техники (АиВТ)" МГТУ было принято решение разработать устройство контроля микроклимата учебных и рабочих помещений.

Разработанное устройство выполняет комплексное измерение и регистрацию параметров, таких как температура, относительная влажность, атмосферное давление и концентрация углекислого газа, которые существенно влияют на самочувствие и здоровье человека.

Структурная схема разработанного устройства представлена на рисунке 1.

Главным элементом устройства является модуль управления (4), выполненный на базе микроконтроллера PIC18F2520 компании Microchip.

К модулю управления подключаются три внешних климатических датчика: термогигрометр (5), анализатор качества воздуха (6) и метеодатчик (7).

Вывод информации осуществляется при помощи жидкокристаллического дисплея LCD1602 (2), установленного в модуле управления. Для взаи-

модействия с оператором предусмотрен блок кнопочного управления (1): кнопки "Вперёд", "Назад", "Меню", "Сброс".

Преобразователь интерфейсов USB – UART TTL (3) позволяет передавать данные на компьютер по протоколу RS-232.

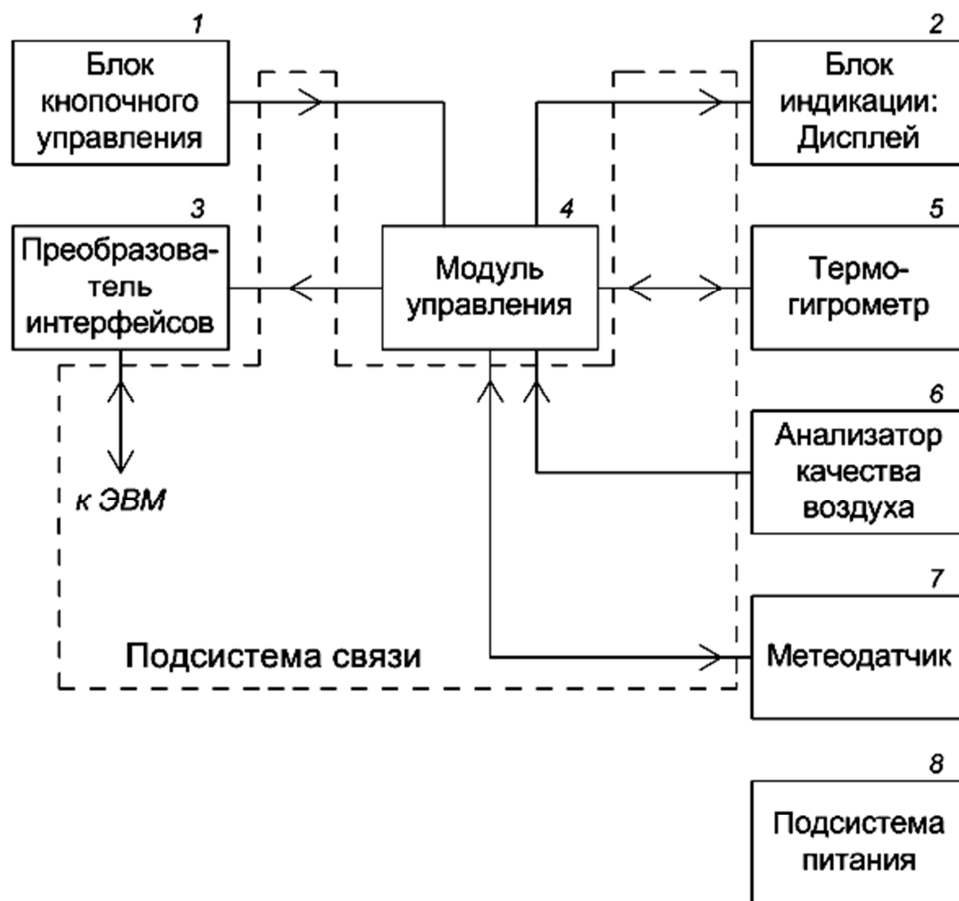


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Термогигрометр представляет собой цифровой модуль температуры и влажности AM2302, который связан с микроконтроллером при помощи двунаправленной шины 1-wire. Диапазон измерения температуры: от минус 40 до плюс 80 °С, погрешность: от 0,5 до 1 °С. Диапазон измерения влажности: от 0 до 99 %, погрешность: ± 2 %.

Анализатор качества воздуха состоит из аналогового датчика углекислого газа MG-811. Диапазон измерения концентрации CO₂: от 400 до 10000 см³/м³ (ppm) или от 0,04 до 1 %. Выходное напряжение датчика подаётся на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) микроконтроллера через нормирующий преобразователь, для которого разработана специальная схема. Она позволяет расширить динамический диапазон выходного

напряжения датчика и за счёт этого повысить точность получаемых значений при их оцифровке.

Метеодатчик включает в себя модуль температуры и влажности AM2320, а также модуль высокоточного цифрового барометра BMP180, которые подключены к последовательной шине Inter-Integrated Circuit (I2C) для связи с микроконтроллером. Чтобы согласовать напряжения модуля BMP180 (3,3 В) и микроконтроллера (5 В) используется схема преобразователя логических уровней шины I2C, выполненная на полевом транзисторе с индуцированным каналом n-типа.

Диапазоны температуры и влажности модуля AM2320 аналогичны диапазонам модуля AM2302, а диапазон измерения атмосферного давления модуля BMP180 находится в пределах от 225 до 825 мм. рт. ст., погрешность: от минус 4,5 до 3,4 мм. рт. ст.

В результате разработки изготовлен опытный образец устройства, внешний вид которого представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид сконструированного устройства

В интегрированной среде разработки "MPLAB" на языке ассемблер разработано программное обеспечение нижнего уровня, которое управляет процессом опроса датчиков, первичной обработкой, выводом и передачей данных, а также осуществляет взаимодействие с пользователем.

При помощи интегрированной среды разработки "Lazarus" на языке "Object Pascal" разработано программное обеспечение ЭВМ верхнего уровня, которое в интерактивной форме отображает параметры микроклимата и позволяет оператору осуществлять визуальный контроль, а также выполняет построение графиков и архивирует данные.

Для опытного образца устройства проведена тестовая эксплуатация в жилых, рабочих и учебных помещениях, а также в общественном транс-

порте. Результаты тестирования показали отсутствие сбоев и критических ошибок, что говорит о надёжности аппаратной и программной части устройства. Показания параметров микроклимата достоверны с учётом погрешностей первичных преобразователей.

В результате эксперимента, проведённого 19 февраля 2016 года, получены график изменения концентрации углекислого газа, представленный на рисунке 3, и кинетика изменения температуры воздуха, изображённая на рисунке 4. Эксперимент проводился в закрытой аудитории на кафедре "АиВТ" во время проведения учебного занятия в течение одного академического часа. Через 20 минут, после начала эксперимента, были открыты окна для проветривания.



Рисунок 3 – График изменения концентрации углекислого газа

График, изображённый на рисунке 3, показывает интенсивное ухудшение качества воздуха в закрытом помещении: концентрация углекислого газа увеличилась на 182 ppm за 20 минут. В проветренном помещении концентрация CO₂ уменьшилась на 242 ppm за 20 минут и достигла нижнего предела измерения – 400 ppm, что соответствует высокому качеству воздуха.

Кинетика изменения температуры, представленная на рисунке 4, показывает, что начальная температура воздуха превышает допустимую (23 °С)

и продолжает увеличиваться в закрытом помещении. В проветренном помещении температура уменьшилась на 1,8 °С за 23 мин.

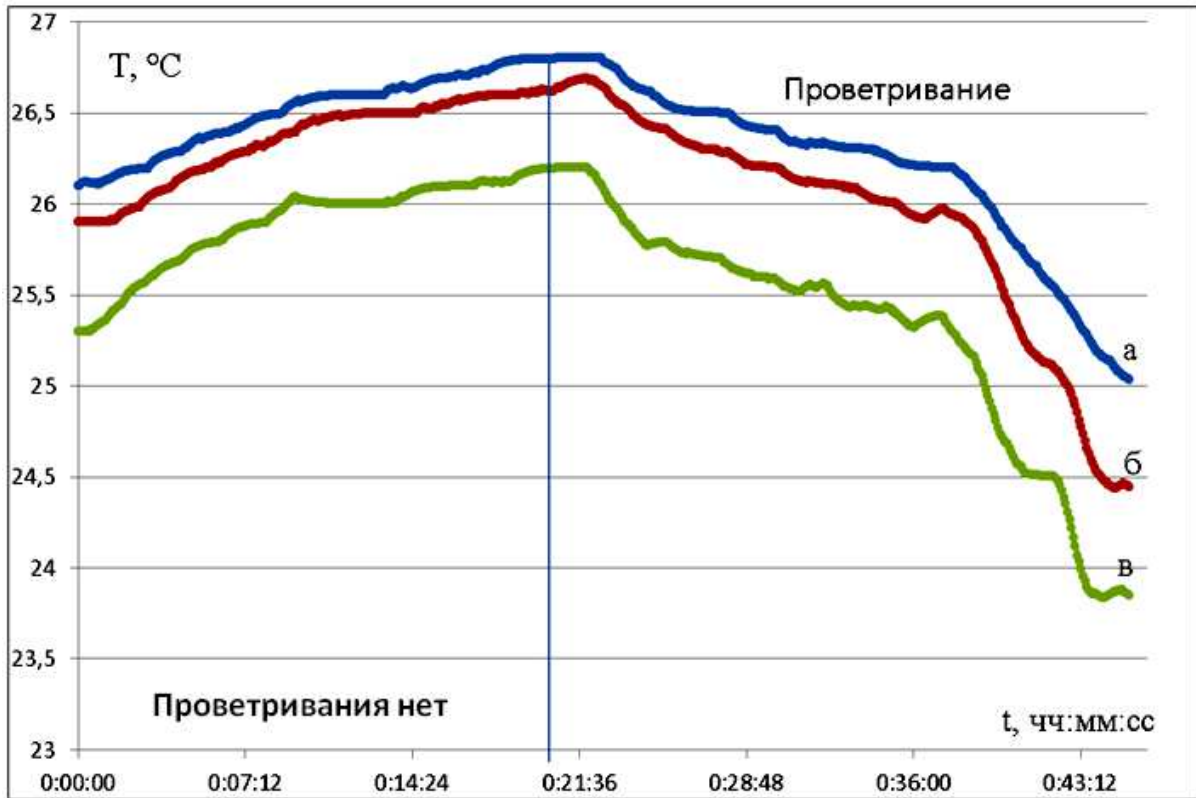


Рисунок 4 – Кинетика изменения температуры
Датчики: а – AM2302; б – AM2320; в – VMP180

Различие в показаниях температурных датчиков AM2302, AM2320, VMP180 объясняется индивидуальной погрешностью измерительных преобразователей, максимальное значение которой не превышает 1 °С.

На графиках, представленных на рисунке 4, наблюдается значительная корреляция между показаниями температурных датчиков. Поэтому погрешность первичных преобразователей легко может быть уменьшена путём введения поправочных коэффициентов при их тарировке.

Таким образом, разработано современное портативное и компактное устройство контроля микроклимата помещения, которое в процессе опытной эксплуатации продемонстрировало устойчивую работоспособность, достоверность и точность измерения метеопараметров. На основе представленного устройства может быть реализована компьютерная система управления микроклиматом.

В рамках дальнейшей модернизации устройства планируется:

- использовать датчик углекислого газа, энергопотребление которого в 10 раз меньше, чем у датчика MG-811;

- разработать интеллектуальный портативный источник питания, универсального назначения, который оснащён микроконтроллерной системой управления зарядом литий-ионных аккумуляторных батарей;
- реализовать возможность подключения климатических датчиков по интерфейсу Wi-Fi;
- уменьшить габариты устройства.

Библиографический список

1. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс] : Бесплатная информационно-справочная система. – Электрон., текстовые, граф. дан. – 2016. – URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4293788/4293788520.pdf>

Разработка системы автоматического управления для тренажера процесса стерилизации пищевых продуктов на базе технических средств автоматизации "ОВЕН"

Кайченев А. В., Селяков И. Ю., Маслов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Аннотация. В статье описывается система автоматического управления процессом стерилизации пищевых продуктов, разработанная на базе технических и программных средств автоматизации "ОВЕН".

Abstract. This article describes the automatic control system of the sterilization process of foods. The system based on the "OWEN" equipment.

Ключевые слова: система автоматического управления, процесс стерилизации, оборудование "ОВЕН"

Key words: automatic control system, sterilization process, "OWEN" equipment

Продовольственная безопасность страны в современных условиях, когда изменились условия поставки зарубежной рыбной продукции, должна быть обеспечена на высшем уровне. Одним из важнейших технологических процессов, от качественного проведения которого зависит здоровье потребителей рыбной продукции является стерилизация консервов. Исследования в области стерилизации пищевых продуктов является одним из передовых направлений научной группы кафедры АиВТ.

На данный момент по стерилизации консервной продукции исследована работа автоклава для процессов, проходящих в паровой или водной средах. Разработаны энергоэффективные и ступенчатые режимы стерилизации рыбоконсервной продукции в паровой и водной средах. Построено математическое описание автоклава и исследована прогреваемость различных видов рыбной продукции в популярных типоразмерах консервной тары. Разработан способ стерилизации по F-эффекту, позволяющий сократить временные и энергетические затраты на процесс, а также сохранить в продукте максимальное количество питательных веществ.

По результатам этих работ был разработан комплекс МИСТ (Модернизация и Инновации в СТерилизации) для повышения эффективности процесса стерилизации консервов в автоклавах. В состав комплекса входит система автоматического управления процессом стерилизации, построенная на базе современного оборудования отечественного производства. Также

были разработаны программы для настройки системы управления на конкретный вид продукции, позволяющих сократить затраты ресурсов на процесс и облегчить труд разработчика режимов стерилизации [1]. Комплекс МИСТ реализован в составе стерилизационной установки АВК-30М, которая с 2010 года функционирует в близких к промышленным условиям Учебно-экспериментального цеха МГТУ.

Проведенное всестороннее изучение процесса стерилизации позволило приступить к разработке в 2015 году тренажера процесса стерилизации пищевых продуктов. Потребность в данном тренажере, обеспечивающем повышение уровня выпускников по направлениям "Автоматизация технологических процессов и производств", "Технологические машины и оборудование" и "Высокопродуктивные технологии обработки водных биологических ресурсов", в последнее время ощущается достаточно сильно. Имеется заинтересованность предприятий рыбоперерабатывающей промышленности города Мурманска в повышении уровня выпускников направлений "Продукты питания животного происхождения" и "Технология продукции и организация общественного питания" Мурманского государственного технического университета.

Тренажер процесса стерилизации состоит из трех частей:

- физической модели автоклава, выполненной посредством 3D-печати из пластика;
- математической модели автоклава на базе микроконтроллера;
- системы управления технологическим процессом на базе панельного программируемого логического контроллера ОВЕН СПК207.

Физическая модель имеет вид уменьшенной в размерах версии промышленного вертикального автоклава, изготовленной методом послойного наплавления с использованием 3D принтера. Внешний вид 3D модели автоклава, разработанная в среде проектирования SolidWorks представлен на рис. 1.

В физической модели представлены основные магистрали подачи (вода, воздух, пар) и отвода (слив, спуск) сред стерилизатора, а также электромагнитные клапаны, изменяющие потоки этих сред. Также в модели стерилизационной установки имеются средства измерения (датчики температуры и давления) и отображения физических величин (манометр и термометр). Дополнительно для улучшения наглядности протекания процесса стерилизации добавлены измерительная колонка для отображения текущего уровня воды в автоклаве, а также конечный выключатель закрытия крышки аппарата. В физическую модель стерилизатора также входит также уменьшен-

ный вариант корзин со стерилизуемыми банками. Причем от вида стерилизуемой продукции меняются моделируемые динамические характеристики прогрева консервов.

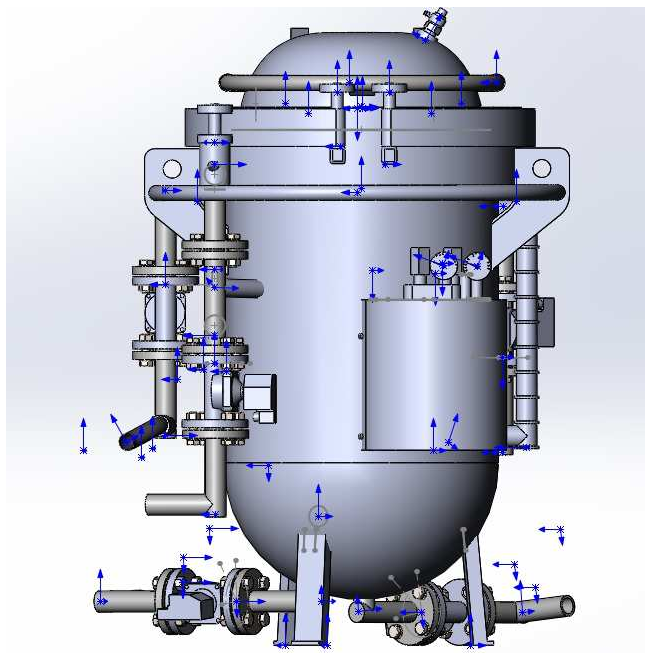


Рисунок 1 – Вид спереди 3D модели автоклава

Математическая модель автоклава реализована на микроконтроллере фирмы Microchip и позволяет производить расчет температуры и давления в аппарате, в зависимости от загруженных в автоклав банок с продуктом, а также адекватно воспроизводить реакцию стерилизатора на действия системы управления и оператора стерилизационной установки. Также математическая модель осуществляет расчет температуры наименее прогреваемой точки банок с продуктом во время протекания процесса и значения фактического стерилизующего эффекта (F-эффекта).

Система автоматического управления (САУ) процессом стерилизации реализована на базе современного отечественного оборудования автоматизации производственного объединения "ОВЕН" [2]. САУ располагается в панельном программируемом логическом контроллере ОВЕН СПК207 и связана математической моделью посредством модулей ввода-вывода (рис. 2). В систему управления приходят дискретные сигналы:

- наличия верхнего уровня;
- наличия воды;
- наличия пара;
- наличия воздуха;
- состояния открытия крышки.

С системы управления на микроконтроллер приходят сигналы о закрытии или открытии клапанов. Данная информация необходима для перехода с одного этапа технологического процесса на другой.

Всего с САУ приходят пять сигналов о состоянии следующих клапанов: клапан подачи охлаждающей воды; клапан подачи воздуха; клапан подачи пара; клапан спуска; клапан слива.

В системе управления заложен алгоритм процесса стерилизации, реализованный в среде разработки CoDeSys 3.



Рисунок 2 – Функциональная схема тренажера

Реализация тренажера позволит осуществить разработку системы управления процессом стерилизации 4-го поколения на базе панельного программируемого логического контроллера отечественного производства. Система управления может быть предложена предприятиям как вариант модернизации автоклавного парка. Также система управления послужит в качестве хорошей демонстрации подходов к проектированию систем автоматического управления, она может использоваться как учебно-лабораторный стенд для подготовки обучаемых по направлению "Автоматизация технологических процессов и производств".

Реализация имитационной модели автоклава позволит обеспечить необходимый уровень наглядности, что повысит качество усвоения материала обучаемыми (рис. 3). Сама имитационная модель, выполненная на высоком уровне с применением современных технологий 3D-печати и достижений микропроцессорной техники, будет обладать определенным представитель-

ским эффектом, что позволит выгодно представлять университет на выставках различных уровней (рис. 4).

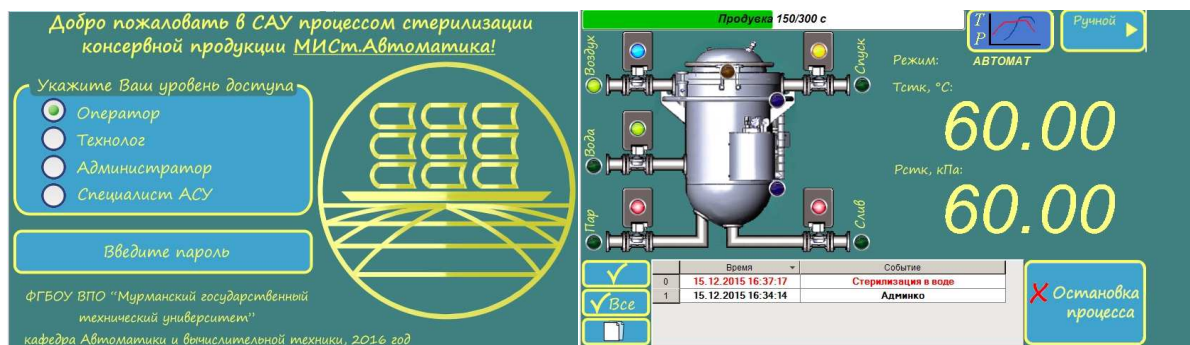


Рисунок 3 – Формы панели оператора САУ

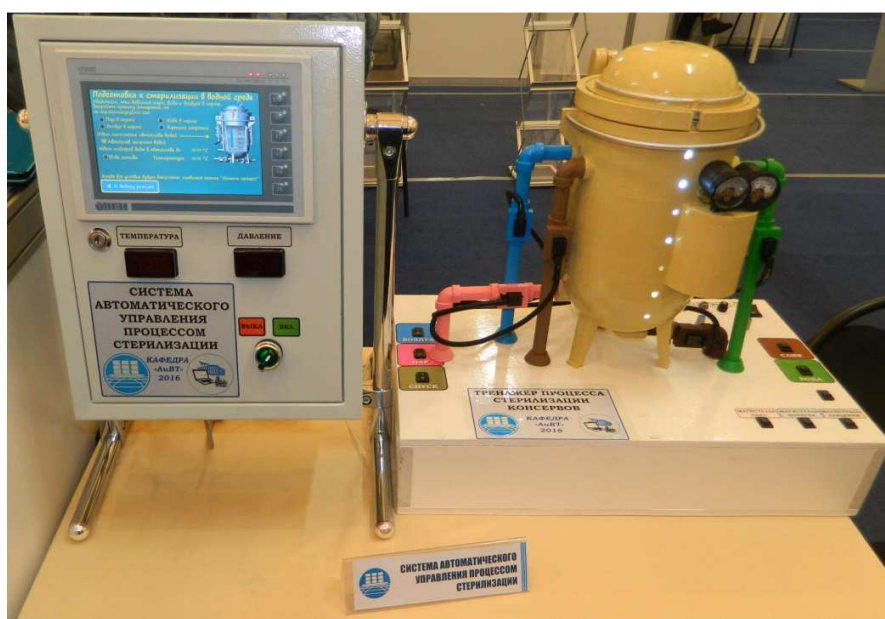


Рисунок 4 – Тренажер процесса стерилизации консервов

Библиографический список

1. Применение моделирования режимов тепловой стерилизации для улучшения показателей качества консервной продукции / А. В. Столянов, А. А. Маслов, А. В. Власов [и др.] // Вестник МГТУ. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 110–116.

2. Кайченев А. В. Современные технические и программные средства "ОВЕН" в дипломном проектировании и научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники / А. В. Кайченев, А. В. Власов, А. А. Маслов [и др.] // Наука – производству : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 24–27 марта 2015 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – С. 27–31.

Программа управления электроприводом для модуля TE-TMS320F28335

Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: muhalev2606@yandex.ru)

Аннотация. Разработана программа в приложении Simulink для использования специализированного модуля TE-TMS320F28335 для управления асинхронным электроприводом.

Abstract. The program developed in the application Simulink for use specialized module TE-TMS320F28335 для management asinchronisations.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, управление, специализированный модуль.

Key words: asynchronous motor, control, customized module.

Кафедра ЭОС разрабатывает элементы системы оценки качества и технического состояния электрических двигателей на основе неразрушающих методов диагностики [1].

Для работы необходимо иметь модуль TE-TMS320F28335 установленный на компьютере MatlabR2012a, CodeComposerStudio v3 и пакет controlSUITE.

В качестве примера была разработана программа из стандартных процедур из библиотек управления двигателем DMClib и c2833xlib. Библиотеки находятся в Simulink блок-бокс Embedded target for TI C2000 DSP

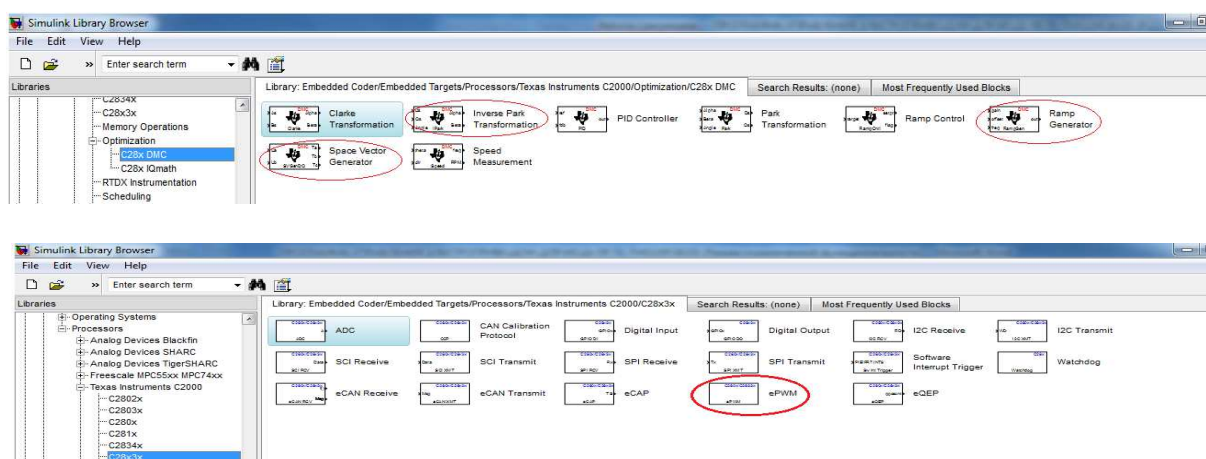


Рисунок 1 – Расположение блоков в библиотеках DMClib и c2833xlib

Для управления создается проект в CCS3.1 в котором можно просматривать файлы на Си перекомпилированные из МАТЛАБ.

Система SIMULINK ускоряет создание программ управления электроприводом на базе модуля TE-TMS320F28335[2] и имеет следующие особенности разработки проектов:

- визуальное программирование позволяет выполнять разработку интеллектуальной составляющей системы управления инженерам, не имеющим профессионального опыта программирования;
- проектирование на уровне блок-схем, алгоритмов, упрощающей процесс разработки и документирования проекта.

Предварительное моделирование работы разрабатываемого кода будущих объектов управления позволяет исключить глобальные ошибки при проектировании и изучить работу программного кода исходя из потенциально возможных эксплуатационных ситуаций на ранних этапах проектирования.

Для примера на рис. 2 приведены элементы программы на базе модуля TE-TMS320F28335 с разомкнутой системой управления асинхронным двигателем. Проверка работы программы осуществляется с помощью осциллографа. На рис. 3 и 4 приведены осциллограммы снятые при работе в режиме эмуляции.

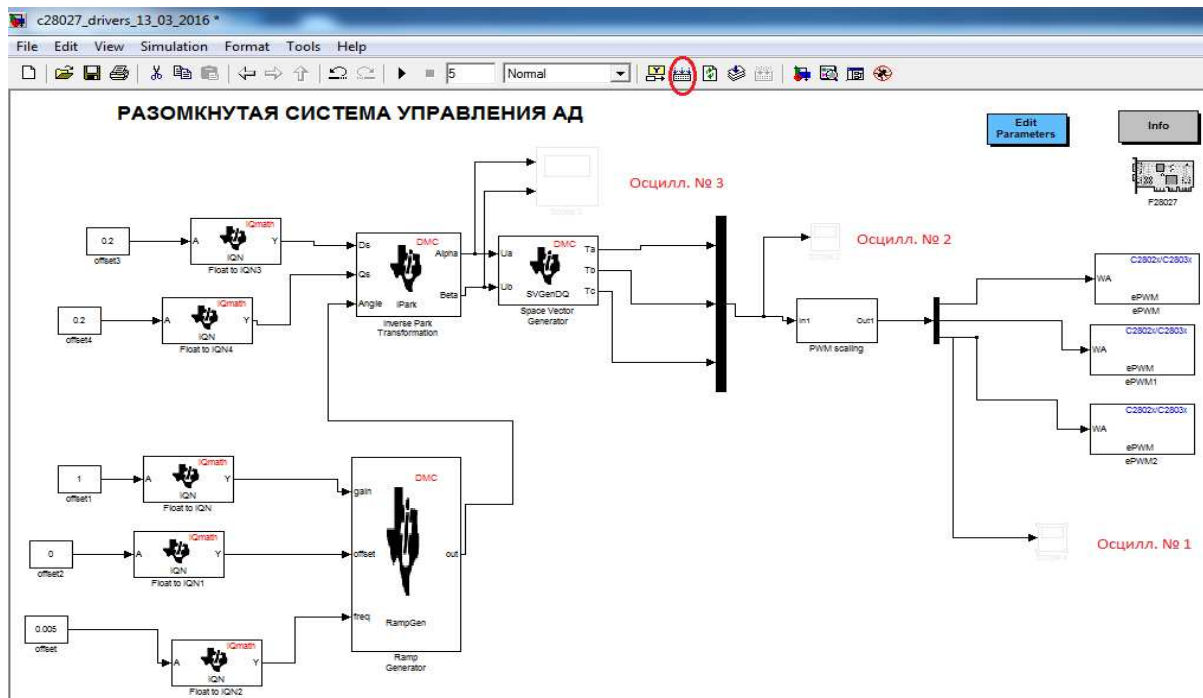


Рисунок 2 – Элементы программы виртуальной отладки

После отладки в виртуальной среде программа загружается в модуль TE-TMS320F28335. Для этого активизировать кнопку Incremental build. Загрузка проекта производится через интерфейс JTAG.

После отладки в виртуальной среде программа загружается в ОЗУ модуля TE-TMS320F28335, выбирается группа выходов ШИМ микроконтроллера EPWM1, EPWM2, EPWM3 подключенных к 6 выходам GPIO 0 – 5.

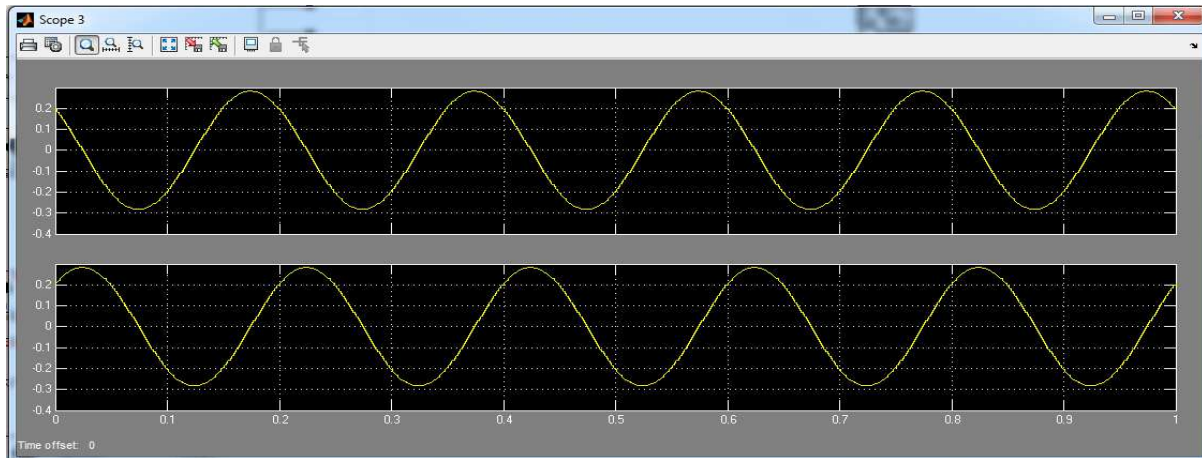


Рисунок 3 – Осциллограф №3 после блока Inverse Park

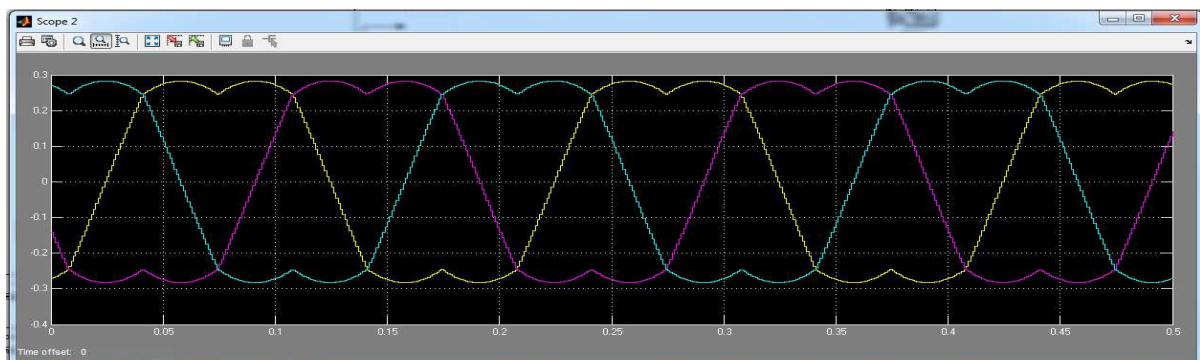


Рисунок 4 – Осциллограф №2 после блока Space Vector Generator

Подключение стандартных драйверов и силовых блоков позволяет реализовать большое количество схем, на которых могут проводиться лабораторные работы по электротехнике, электроники, автоматике, электроприводу.

Полученные данные использованы при проведении исследований и внедрены в учебный процесс для обучения инженеров-электромехаников современным методам моделирования.

Библиографический список

1. Власов, А. Б. Ремезовский В. М., Мухалев В. А. Метод контроля параметров электрического двигателя на основе анализа пусковых токов // Вестник МГТУ. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 143–148.

2. Модуль EУ-ЕЬЫ320А28335 – <http://j.mp/TE-TMS320F28335>

Обеспечение заданных характеристик систем управления технологическими процессами с использованием методов прогнозирования

Качала Н. М.,¹ Прохоренков А. М.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, ²кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. В работе, на основе исследования характера процессов, протекающих в системах теплоснабжения города, определены основные причины невыполнения температурного графика, а также определены задачи управления объектами теплоснабжения. Показано, что эффективное управление теплоснабжением возможно с использованием прогнозирующих моделей.

Abstract. In the work, based on the study of the nature of the processes occurring in the systems of heat supply, the main causes of failure of the temperature chart, and also identifies objectives for the management of supply facilities. It is shown that the efficient management of the heat supply is possible with the use of predictive models.

Ключевые слова: теплоснабжение города, сетевая вода, методы прогнозирования, вейвлет – преобразование

Key words: city heating, mains water, methods of forecasting, wavelet transform

Город Мурманск расположен в особой климатической зоне, характеризующейся резким изменением температуры, направления и скорости ветра даже в течение суток (рис. 1). По данным meteocenter.net диапазон изменения скорости ветра 07.06.12 от 2 м/с в 3 часа ночи до 6 м/с в 9 часов. Для тепловых сетей города Мурманска следует отметить специфические особенности: город расположен на холмистой местности, минимальная высотная отметка 10 м, максимальная – 150 м. Особенности ландшафта приводят к тому, что практически для каждого дома существуют свои индивидуальные характеристики как по солнечной радиации так и по ветровой нагрузке.

Как следствие – однотипные здания микрорайонов имеют разные характеристики потребления тепловой энергии. В этой связи сформулируем основные задачи систем управления теплоснабжением жилых зон города:

– обеспечение комфортных условий в отапливаемых и вентилируемых помещениях зданий;

- экономия топливно-энергетических ресурсов;
- повышение маневренности и надежности системы.

Основные задачи систем управления теплоснабжением объектов коммунальной энергетики сводятся к следующим двум:

- надежное снабжение потребителя необходимым количеством тепловой энергии с определенными качественными показателями;
- минимизация затрат на выработку и передачу этой тепловой энергии.



Рисунок 1 – Изменение направления, скорости ветра и температуры в г. Мурманске 22.01.12

Первая задача осуществляется с помощью увязки графиков подачи с графиками использования теплоты (нагрузки) посредством системы теплообменных аппаратов.

Вторая – посредством соответствия тепловой нагрузки потребителей ее выработке, т. е. при помощи планирования изменения нагрузки и снижения потерь при передаче тепловой энергии. Обеспечение увязки графиков подачи и использования теплоты должно осуществляться за счет применения локальной автоматики на промежуточных ступенях от тепловых станций (ТС) до потребителей тепловой энергии.

В системах централизованного теплоснабжения регулирование подачи теплоносителя потребителям осуществляется через центральные тепловые пункты (ЦТП) по температурному графику, отражающему в статике зависимость между температурой наружного воздуха и температурами прямой и обратной сетевой воды. Из опыта эксплуатации систем теплоснабжения известно, что на практике не удается обеспечить полного выполнения отопительного графика. Это объясняется рядом причин, в том числе, случайным характером потребления горячей воды пользователями.

Исследования характера процессов, протекающих в системах теплоснабжения, показали, что процессы изменения давления можно считать стационарными. Тогда как процессы изменения температуры являются или нестационарными по математическому ожиданию (например, изменение прямой и обратной температур котельной и квартальной воды), или нестационарными по дисперсии – температура воды на горячее водоснабжение. В этой связи, характер этих процессов должен учитываться при проектировании и эксплуатации систем автоматического управления теплоснабжением [2].

Наиболее значимой причиной невыполнения температурного графика является влияние нагрузки по горячему водоснабжению на температуру обратной сетевой воды [1]. На рис. 2 представлен типичный график изменения температуры $T_{КП}$ прямой и $T_{КО}$ обратной сетевой воды на коллекторе котельной. Температура прямой сетевой воды $T_{КП}$, несмотря на ее зависимость от температуры наружного воздуха, в течение суток изменяется незначительно. Так, например, за 15.01.12 колебания $T_{КП}$ происходят в границах трех градусов, т. е. отклонения от среднего значения $T_{КП}$ составляют примерно $\pm 1,5$ °С при расчетном значении по температурному графику 65 °С. В то же время диапазон колебаний температуры обратной сетевой воды $T_{КО}$ составляет 8,8 °С при расчетном диапазоне по температурному графику 28 °С, т. е. суточные колебания $T_{КО}$ достигают примерно 30 % этого диапазона.

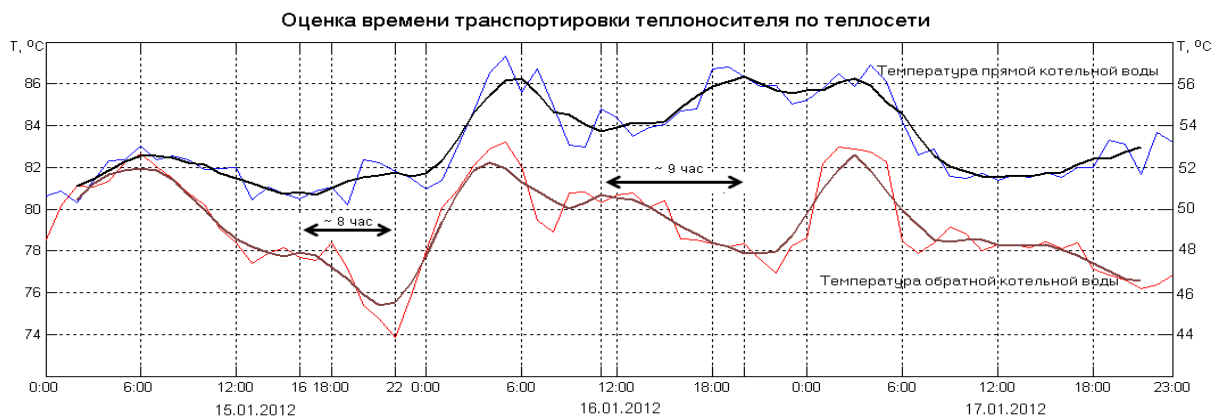


Рисунок 2 – Оценка времени транспортировки теплоносителя по теплосети

Причина таких колебаний температуры обратной сетевой воды кроется в принципах работы существующих систем управления ЦТП г. Мурманска. Известно, что при отсутствии разбора горячей воды, в таких ЦТП, наблюдается явление "натопа" отапливаемых помещений, в результате чего температура обратной сетевой воды повышается. На графике (рис. 2) хорошо

видно, что при отсутствии забора горячей воды в ночное время температура обратной сетевой воды к шести часа утра заметно повышается и постепенно понижается к вечеру (минимум $T_{КО}$ в районе 20–21 часа).

Перечисленные причины приводят к запаздыванию реакции температуры обратной сетевой на возмущение по температуре прямой воды, которое может быть выявлено при сравнительном анализе сглаженных часовых данных по температуре прямой и обратной сетевой воды (рис. 2). Температура прямой сетевой воды $T_{КП}$ 15.01.12 примерно в 16:00 начала расти. Спустя 8 часов, начала расти температура обратной сетевой воды $T_{КО}$. Такой же характер реакции $T_{КО}$ наблюдается и 16 января, время запаздывания здесь несколько иное – чуть больше 9 часов. Разницу во времени запаздывания можно объяснить различным временем суток. В первом случае – время вечернее, когда наблюдается интенсивный отбор горячей воды и, соответственно переходные процессы протекают быстрее. Во втором случае – середина рабочего дня и расход воды более стабильный. Наиболее значимой причиной невыполнения температурного графика является влияние нагрузки по горячему водоснабжению на температуру обратной сетевой воды. Существующие проблемы увязки графиков подачи и использования теплоты, нестационарный характер изменения метеоусловий и нагрузки потребителя, различные тепловые режимы у потребителей, необходимость упреждающего управления отпуска тепла с учетом метеоусловий при ограничениях на энергоресурсы предопределяют интеллектуализацию систем управления теплоснабжением, с использованием прогнозирующих моделей.

В настоящее время появились новые методы фильтрации и прогнозирования, в их числе, фрактальные методы [3] и вейвлет-фильтры [4].

Условием применения фрактальных методов прогнозирования является самоподобие процессов. Проведенный анализ временных рядов, зафиксированных в исторических модулях систем управления центральным теплоснабжением и котельной установкой, показал, что для исследуемых теплоэнергетических процессов свойственно самоподобие, которое проявляется в подобии автоковариационных функций исходных и агрегированных процессов (см. рис. 3).

Особенностью теплоэнергетических процессов, зависящих от уровня потребления тепловой энергии (например, расход пара и температура горячей воды), являются значимые колебания фрактальной размерности на различных

временных интервалах, что предопределяет использование мультифрактальных методов прогнозирования. Анализ многочисленных источников показал отсутствие фрактальных методов прогнозирования, эффективных для применения в реальном масштабе времени.

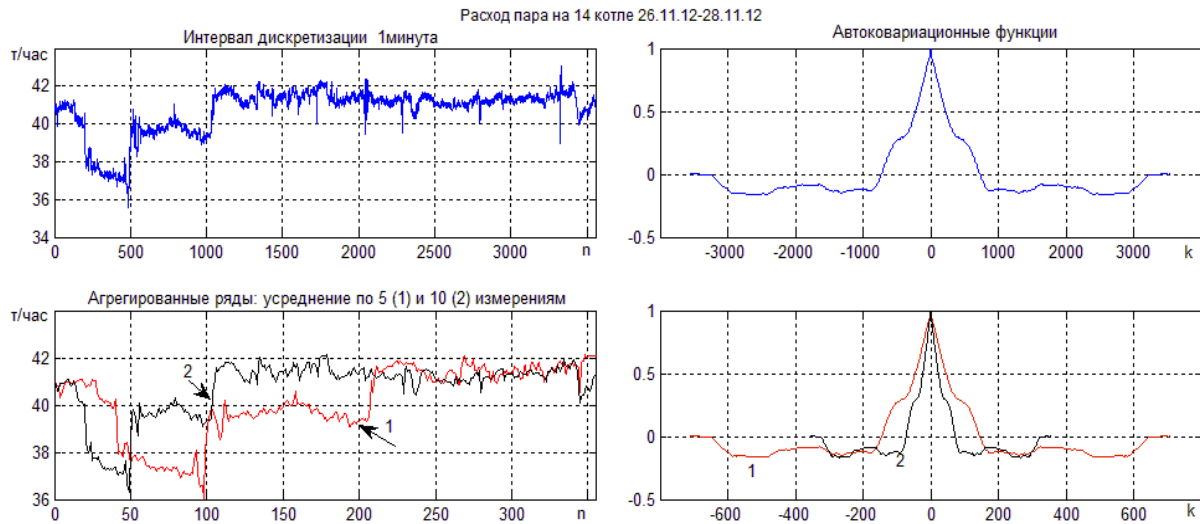


Рисунок 3 – Иллюстрация самоподобия временного ряда процесса расхода пара

Методы аппроксимации сигналов, основанные на разложении функции по вейвлет-базисам, и разработанные на их основе адаптивные алгоритмы позволяют получить требуемую точность аппроксимации наблюдаемых в технологических процессах временных рядов.

При вейвлет-анализе сигнал представляется в виде линейной комбинации детализирующих и аппроксимирующих составляющих (коэффициентов). Аппроксимирующие коэффициенты характеризуют низкочастотную составляющую наблюдаемого сигнала и представляют собой сглаженный сигнал. Выделенные компоненты имеют более простую структуру, чем исходный сигнал, и не коррелируют друг с другом. Это обуславливает возможность построения прогноза для каждого уровня разложения, например, используя авторегрессионные модели, и объединения их в общую модель сигнала, которая представляет собой сумму прогнозных значений компонент. Качество прогноза зависит от типа вейвлета и уровня декомпозиции (глубины вейвлет-разложения) сигнала.

Проведенный анализ показал перспективность алгоритмов вейвлет-преобразования (в частности, алгоритма, предложенного в [4]) для прогнозирования управляемых величин в системах управления теплоэнергетическими объектами.

Библиографический список

1. Громов, Н. К. Городские теплофикационные системы. – М. : Энергия, 1974. – 256 с.
2. Прохоренков, А. М. Реконструкция отопительных котельных на базе информационно-управляющих комплексов // Наука производству – 2000. – № 2. – С. 51–54.
3. Шелухин, О. И. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения / О. И. Шелухин, А. В. Осин, С. М. Смольский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
4. Renaud O., Starck J. -L. Murtagh F. Wavelet-Based forecasting of short and long memory time series. URL:
http://www.unige.ch/ses/metri/cahiers/2002_04.pdf (дата обращения: 20.02.2014).

Автоматизация принятия решений при технологической подготовке производства в машиностроении

Немтинова Ю. В., Зимнухова Ж. Е., Немтинова К. И., Немтинов К. В.
(г. Тамбов, ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет", кафедра компьютерно-интегрированных систем в машиностроении, e-mail: jnemtinova@hotmail.com)

Аннотация. Предложен подход к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений при проектировании технологических процессов класса технических систем, для которых при получении целевой продукции могут быть использованы различные технологии, виды оборудования, приспособлений и вспомогательных материалов.

Abstract. The approach of automated decision making information system is suggested. The approach is used at designing technological processes of production systems. Different technologies, types of equipment, devices and auxiliary materials can be used to obtain production by applying the system.

Ключевые слова: информационная система, машиностроительное производство, модели поддержки принятия решений.

Key words: information system engineering production, decision-support models.

На основании проведенного анализа известных подходов к построению автоматизированных информационных систем (АИС), информационных моделей ТП производства изделий из металлов [1–2] и др. отмечены общие недостатки, имеющие место при автоматизации разработки ТП производства изделий из металла, а именно, отсутствие:

– представления всей совокупности задач проектирования ТП машиностроительного производства (автоматизированного выбора марки металла, способа получения и вида заготовки в зависимости от вида упрочнения; автоматизированного выбора ТП, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров для механообработки; автоматизированного выбора ТП, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров для упрочняющей обработки) в виде единого комплекса с использованием теории сложных систем и, как следствие, отсутствие единой информационной базы;

– комплексного оценивания (с экономических, экологических и технологических позиций, а также с учетом профессионального риска) конструкторских и технологических решений; а также интеллектуализации обработки информации в известных АИС.

Это приводит к тому, что не удастся рассмотреть все многообразие альтернативных вариантов ТП, применяемых на всех этапах изготовления изделий из металла, и выбрать среди них вариант, оптимальный с различных позиций.

При проведении анализа математических методов решения задач разработки ТП производства машиностроительных изделий были отмечены основные характеристики этих задач: большая размерность, множество критериев оценки различной природы, наличие многоуровневой с большой размерностью информационной базы и т. д.

В связи с этим, выполненная работа посвящена развитию подхода к построению АИС поддержки принятия решений, используемой при решении задач проектирования экологически безопасных ТП производства изделий из металлов. Основу подхода к построению АИС поддержки принятия решений для проектирования ТП производственных технических систем (ПТС) составляет реализация возможности представления всей совокупности решаемых задач с позиций теории иерархических систем на всех этапах принятия конструкторско-технологических решений и их комплексной оценки [3].

Комплекс особо значимых задач, решаемых АИС, при проектировании ТП технической системы на примере производства изделий из металлов представлен в виде иерархической структуры (см. рис. 1).

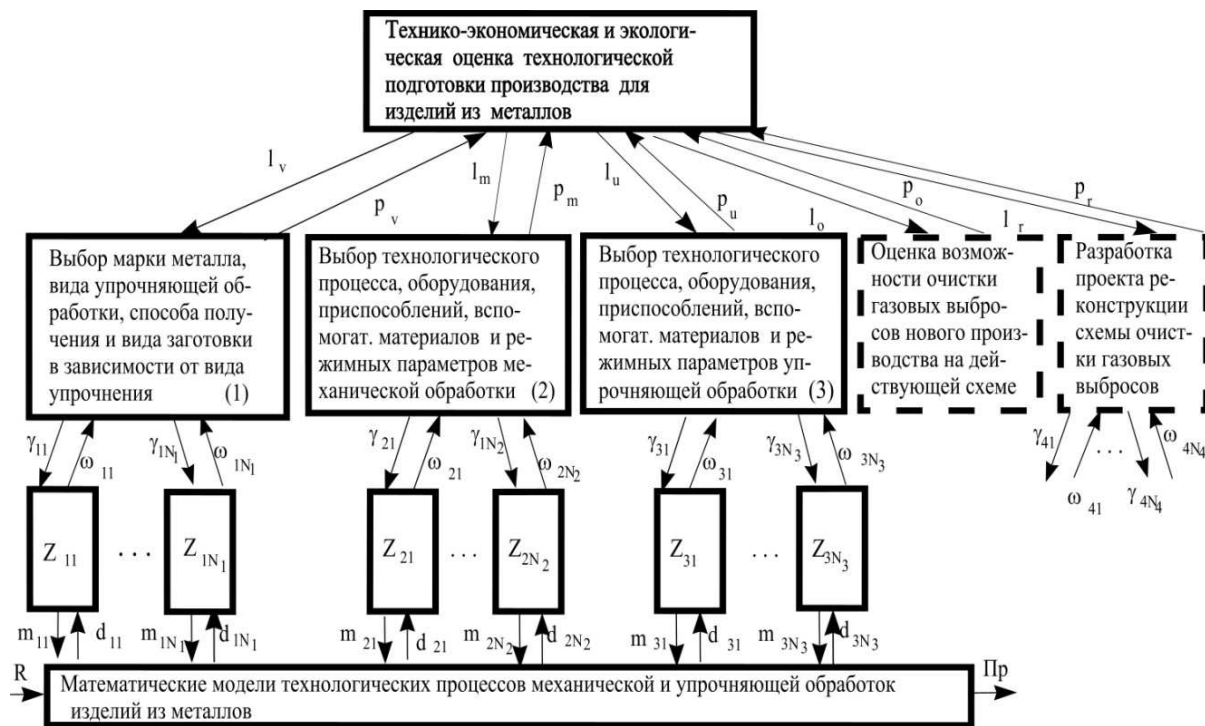


Рисунок 1 – Структурная схема подзадач, решаемых АИС, при проектировании ТП производства изделий из металлов

Наличие множеств различных критериев оптимальности при принятии решений этих задач привело к необходимости использования методов многокритериальной оптимизации. При этом в каждом конкретном случае решаются проблемы выбора: альтернативных вариантов; методов решения задачи с учетом оценки вариантов по всем рассматриваемым критериям; принципа нормализации, приводящему все критерии к единому масштабу измерения и позволяющего производить их сопоставления; принципа учета приоритета, позволяющего отдавать предпочтение более важным, по мнению технологов, критериям.

В формализованном виде задача проектирования ТП ПТС заключается в поиске минимума целевой функции $F(w)$:

$$w^{opt} = \arg \min_{w \in W} F(w), \quad (1)$$

при выполнении:

детерминированных ограничений на выходные переменные

$$w_i^* \leq w_i \leq w_i^{**}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

функциональных ограничений

$$c_j^* \leq f_j(w_1, w_2, \dots, w_{n_j}) \leq c_j^{**}, \quad j = \overline{1, k}, \quad (3)$$

ограничений на значения показателей технологических процессов производственных технических систем

$$F^v(w) \leq F^{v, \lim}, \quad v = \overline{1, K_1}, \quad F^t(w) \geq F^{t, \lim}, \quad t = \overline{1, K_2}, \quad (4)$$

операторов, описывающих математические модели принятия решения при проектировании ТП ПТС:

$$\overline{\Phi}_l : \Delta_{l1} \times \Delta_{l2} \times \dots \times \Delta_{lm} \times \dots \times \Delta_{lp} \rightarrow W_l, \quad l = \overline{1, K_3}. \quad (5)$$

Здесь $w_i^*, c_j^*, w_i^{**}, c_j^{**}$ – соответственно минимальные и максимальные значения в ограничениях (2) и (3), $f_j(\circ)$ – некоторые функции от w_1, w_2, \dots, w_{n_j} , заданные в явном виде, $F^v(w), F^t(w), F^{v, \lim}, F^{t, \lim}$ – соответственно значения показателей технологических процессов изготовления детали (процент брака, технологичность и т. п.) и их заданные значения; K_1, K_2 – соответственно количества показателей, для которых задается условие (4); $\overline{\Phi}_l$ – функ-

циональный оператор; Δ_{lm} – множество данных; K_3 – количество функциональных операторов; p – количество множеств данных.

Задача (1)–(5) относится к классу задач дискретного программирования. Из-за высокой размерности задачи и традиций организации труда для многих классов ПТС, в том числе и машиностроительных производств, она, в соответствии с разработанной нами структурной схемой, разбивается на ряд подзадач меньшей размерности.

Обобщенный критерий $F(w)$ можно записать как

$$F(w) = \sum_{i=1}^{K_0} \rho_i \cdot \omega^i(w) = \rho_1 \cdot \omega^1(w) + \dots + \rho_{K_0} \cdot \omega^{K_0}(w), \quad (6)$$

где $\rho_1, \dots, \rho_{K_0}$ – весовые коэффициенты,

$$\rho = \{\rho_i\} = \{\rho_i : \rho_i > 0 \quad i = 1, \dots, K_0, \quad \sum_{i=1}^{K_0} \rho_i = 1\}; \quad (7)$$

$\rho_i \cdot \omega^i(w)$ – взвешенные потери по i -му критерию; $\omega^i(w) = \omega^i(F^i(w))$, $i = 1, \dots, K_0$, $w \in W$ – монотонные функции, преобразующие каждую функцию цели $F^i(w)$, $i = 1, \dots, K_0$, $w \in W$ к безразмерному виду.

$$\omega^k(w) = \frac{F^k(w) - F^{k0}}{F_{(\max)}^k - F^{k0}}, \quad w \in W, \quad k = \overline{1, K_1};$$

$$\omega^k(w) = \frac{F^{k0} - F^k(w)}{F^{k0} - F_{(\min)}^k}, \quad w \in W, \quad k = \overline{1, K_2},$$

где $F_{(\max)}^k$ и $F_{(\min)}^k$ – соответственно наибольшее значение минимизируемых и наименьшее значение максимизируемых функций $F^k(w)$, $w \in W$ на множестве допустимых альтернатив W , F^{k0} – оптимальные значения функций цели $F^k(w)$, $w \in W$. Значения $\omega^i(w)$, $i = 1, \dots, K_0$, $w \in W$ лежат в пределах от 0 до 1.

Для формализованного описания информационных массивов данных необходимых для решения описанных выше задач создана структурированная база данных. Структура данных области исследования отображается

информационно-логической моделью (ИЛМ) [4–6] технологического процесса ПТС рассматриваемого класса.

В тех случаях, когда множество вариантов решений не превышает 10^4 , то, учитывая быстродействие современных ПЭВМ, искомое решение можно находить методом полного перебора вариантов. При более высокой размерности задач предлагается процедурная модель, общая схема реализации которой основана на последовательном анализе и отсеивании части элементов, составляющих вариант решения, путем исключения бесперспективных, как по ограничениям, так и по целевой функции.

Для формализованного описания информационных массивов данных и связей между ними предложена ИЛМ, которая описывает данные и связи между ними, которые используются при определении марки материала и вида упрочняющей обработки. Приведем для примера несколько правил, записанных в формализованном виде: *if* ((категория значимости $k_z = \text{"ответственная"}$) \wedge (класс деталей $Vd = \text{"диски"}$) \wedge (группа деталей $Gd = \text{"средние"}$)) *then* (способ получения заготовки $p_z = \text{"прокат"}$); *if* ((способ приложения нагрузки $u_{pr} = \text{"объемные"}$) \wedge (время приложения нагрузки $u_{vr} = \text{"статические"}$) \wedge (среда $u_{sr} = \text{"атмосфера"}$) \wedge (диапазон температур $u_t = (-80) \div (0) ^\circ C$)) *then* (вид химико-термической обработки $t_u = \text{"Азотирование"}$).

С помощью АИС, реализующей разработанные информационно-логические и процедурные модели, осуществлено решение ряда практических задач проектирования ТП производства изделия из металлов, в частности: форматоров-вулканизаторов (ФВ2-130-940-185/280, ФВ1-500-1800-305, ФВ2-140), редукторов (МР2-315, МПО1М-10, МПО2М-15Щ, МПО2-18) и др. на ЗАО "Завод Тамбовполимермаш".

Библиографический список

1. Соломенцев, Ю. М. Моделирование технологической среды машиностроения / Ю. М. Соломенцев, В. В. Павлов – М. : МГТУ Станкин, 1994. – 104 с.
2. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Нем-

тинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1 (153). – С. 75–83.

3. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, Я. Такахара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.

4. Мокрозуб, В. Г. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68–73.

5. Мокрозуб, В. Г. Применение n-ориентированных гиперграфов и реляционных баз данных для структурного и параметрического синтеза технических систем / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, А. С. Мордвин, А. А. Илясов // Прикладная информатика. – 2010. – № 4 (28). – С. 115–122.

6. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов Часть 2. Структура и функционирование системы (часть 1 см. в ИТПП № 4, 2009 г.) / С. Я. Егоров, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов [и др.] // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 1. – С. 33–39.

Особенности применения модуля TE-TMS320F28335 для управления электроприводом

Ремезовский В. М., Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: *muhalev2606 @yandex.ru*)

Аннотация. Разработана программа для использования специализированного модуля TE-TMS320F28335 для управления асинхронным электроприводом.

Abstract. Developed a program to use a specialized module TE-TMS320F28335 to control asynchronous electropriveda.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, управление, специализированный модуль.

Key words: asynchronous motor, control, customized module.

Кафедра ЭОС разрабатывает элементы системы оценки качества и технического состояния электрических двигателей на основе неразрушающих методов диагностики [1].

Известно, что разработка программ на базе специализированных сигнальных микроконтроллеров серии TMS320C2000 на языке Си требует много времени.

Система MexBIOS ("Мехатроника-Про") ускоряет создание программ управления электроприводом на базе модуля TE-TMS320F28335 [2] и имеет следующие особенности разработки проектов:

- визуальное программирование позволяет выполнять разработку интеллектуальной составляющей системы управления инженерам, не имеющим профессионального опыта программирования;
- проектирование на уровне блок-схем, алгоритмов, упрощающей процесс разработки и документирования проекта.

Предварительное моделирование работы разрабатываемого кода совместно с моделями будущих объектов управления позволяет исключить глобальные ошибки проектирования и изучить работу программного кода исходя из потенциально возможных эксплуатационных ситуаций на ранних этапах проектирования.

Для примера на рис. 1 приведены элементы программы на базе модуля TE-TMS320F28335 с разомкнутой системой управления асинхронным дви-

гателем и осциллограммы виртуальной отладки. В программе используются стандартные блоки из библиотеки MexBIOS:

- RAMPGEN блок генератора пилообразного сигнала;
- IPARK блок обратного преобразования Парка;
- SVGEN_DQ блок генератора пространственного вектора ШИМ;
- PWM6 блок драйвера шестиканального ШИМ.

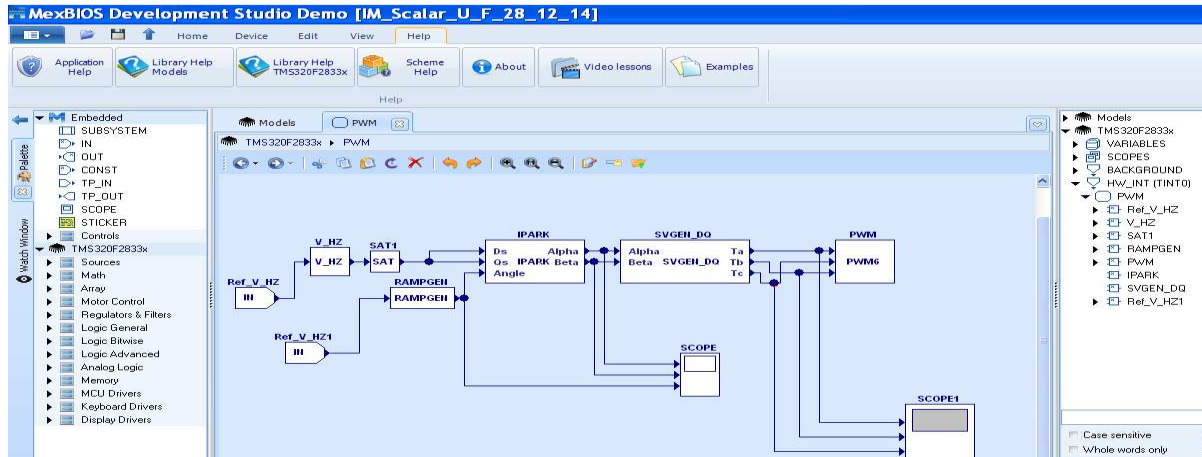


Рисунок 1 – Программа управления асинхронным двигателем выполненная на уровне блок-схем

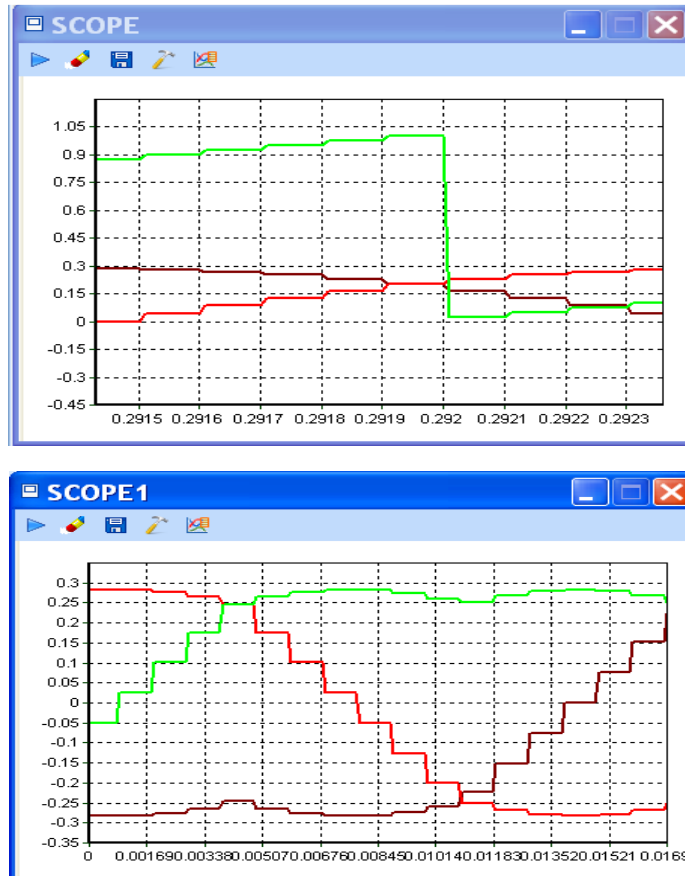


Рисунок 2 – Осциллограммы виртуальной отладки

После отладки в виртуальной среде программа загружена в модуль TE-TMS320F28335. Загрузка стартового проекта и библиотеки произведена через JTAG. После этого связь между ПК и модулем TE-TMS320F28335 осуществляется через USB.

Полученные данные использованы при проведении исследований и внедрены в учебный процесс для обучения инженеров-электромехаников современным методам моделирования.

Библиографический список

1. Власов, А. Б., Ремезовский В. М., Мухалев В. А. Метод контроля параметров электрического двигателя на основе анализа пусковых токов Вестник МГТУ. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 143–148.
2. Модуль TE-TMS320F28335 – <http://j.mp/TE-TMS320F28335>
3. www.mechatronica-pro.com

Повышение энергоэффективности процессов конвективного обезвоживания рыбы

Селяков И. Ю., Ершов М. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: selyakov@list.ru)

Аннотация. Статья посвящена способу повышения энергоэффективности процесса обезвоживания рыбной продукции при помощи введения режимов релаксации сырья. В статье описывается новый способ введения режимов релаксации рыбы

Abstract. The article describes a means for increasing efficiency of the drying process of fish product based on supplementing of the relaxation mode for the raw material. A new method for implementation of relaxation modes.

Ключевые слова: рыба, процесс обезвоживания, режим релаксация сырья, ресурсо- и энергосберегающие технологии, вяление, холодная сушка.

Key words: fish, the dehydration process, the relaxation mode for the raw materials, resource-and energy-saving technologies, drying, cold drying.

Сотрудниками кафедр Автоматики и вычислительной техники и Технологий пищевых производств была проведена серия экспериментов по обезвоживанию спинки путассу с использованием непрерывного режима и переменным способом при различных начальных и конечных коэффициентах релаксации, с фиксированным периодом 3 часа, удельной поверхностью полуфабриката, изменяющейся в диапазоне 0,17–0,18 м²/кг. Во время экспериментов фиксировалась температура и влажность свежего воздуха, приходящего в камеру. Для оценки эффективности режимов переменных способов обезвоживания были рассчитаны средние темпы процессов $v_{\text{ср}}^{100}$ до достижения конечного влагосодержания $\omega_{\text{к}}^{\text{с}} = 100$ %. В экспериментах полуфабрикат имел различное начальное влагосодержание, поэтому для сравнения результатов был рассчитан средний темп обезвоживания, приведенный к начальной влажности на общую массу, равной 70 %, по формуле:

$$v_{70} = v_{\text{ср}}^{100} 20 / (\omega_0^0 - 50), \quad (1)$$

где ω_0^0 – начальная влажность на общую массу, %.

По полученным данным при помощи метода наименьших квадратов были получены следующие полиномиальные зависимости:

- темпа обезвоживания непрерывного процесса от температуры и влажности входящего теплоносителя в установку и удельной поверхности обезвоживаемого сырья;
- темпа обезвоживания при переменных режимах от начального и конечного коэффициента релаксации, температуры и влажности входящего теплоносителя в установку и удельной поверхности обезвоживаемого сырья;
- экономии электроэнергии при переменных режимах от начального и конечного коэффициента релаксации, температуры входящего теплоносителя в установку.

Полином, описывающий приведенный к начальной влажности $\omega_0^0 = 70\%$ темп обезвоживания при непрерывном процессе $v_{70}^{\text{непр}}$:

$$v_{70}^{\text{непр}} = 111,2687 + 1229,071s/m - 8,90041t_{\text{св}} - 6,39054\varphi_{\text{св}} - 3378,08(s/m)^2 + 0,8558t_{\text{св}}^2 + 0,43422\varphi_{\text{св}}^2 + 0,142237t_{\text{св}}\varphi_{\text{св}}, \quad (2)$$

где s/m – удельная поверхность рыбы, $\text{м}^2/\text{кг}$;

$t_{\text{св}}$ – температура свежего воздуха, входящего в камеру, $^{\circ}\text{C}$;

$\varphi_{\text{св}}$ – относительная влажность свежего воздуха, входящего в камеру, %.

Полином, описывающий приведенный к начальной влажности $\omega_0^0 = 70\%$ темп обезвоживания при переменном способе $v_{70}^{\text{вар}}$:

$$v_{70}^{\text{вар}} = -59,88604 - 0,033254R_n + 0,036197R_k - 657,7795s/m - 2,186398t_{\text{св}} + 1,056156\varphi_{\text{св}} - 0,00272R_n^2 - 0,000703R_k^2 - 1774,955(s/m)^2 + 0,044942t_{\text{св}}^2 - 0,015613\varphi_{\text{св}}^2 + 0,001034R_nR_k + 0,018773t_{\text{св}}\varphi_{\text{св}}, \quad (3)$$

где R_n и R_k – начальный и конечный коэффициенты релаксации, соответственно.

Полином, описывающий процент сэкономленной электроэнергии:

$$E = 54,46141 - 0,59573R_n + 0,077662R_k - 5,13152t_{\text{св}} + 0,006326R_n^2 - 0,00178R_k^2 + 0,138027t_{\text{св}}^2 + 0,0186R_nR_k. \quad (4)$$

Диапазон применения полиномов (2)–(4):

$$\begin{aligned}
 78 \leq \omega_0^{\circ} (\%) \leq 82; 0,17 \leq s/m (\text{м}^2/\text{кг}) \leq 0,18; 16 \leq t_{\text{св}} (\text{°C}) \leq 23; \\
 35 \leq \varphi_{\text{св}} (\%) \leq 45; 10 \leq R_n (\%) \leq 30; 20 \leq R_k (\%) \leq 60; \\
 24,5 \leq t_{\text{непр}} (\text{°C}) \leq 25,5; 23 \leq t_{\text{вар}} (\text{°C}) \leq 24,5; \\
 16 \leq X_{\text{р непр}} \leq 19; 15,5 \leq X_{\text{р вар}} \leq 18,5,
 \end{aligned} \tag{5}$$

где $t_{\text{непр}}$, $t_{\text{вар}}$ – температура в камере при непрерывном и переменных способах обезвоживания;

$X_{\text{р непр}}$, $X_{\text{р вар}}$ – жесткость режима при непрерывном и переменных способах обезвоживания.

Жесткость режима ниже при использовании переменного способа сушки. Таким образом, для переменного процесса наблюдаются более щадящие режимы воздействия на объект обработки. Образцы вяленой рыбы, полученные с помощью предложенного способа, менее подвержены явлениям деформации в сравнении с образцами непрерывной сушки.

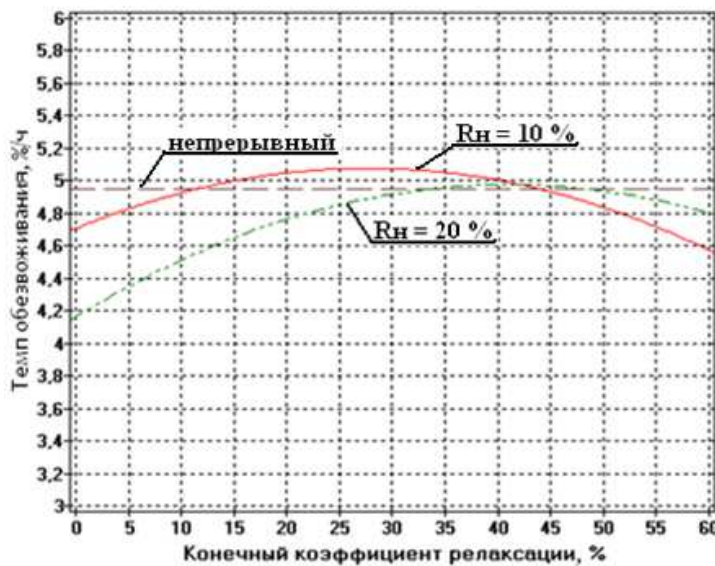
Для анализа полученных математических зависимостей был разработан комплекс по оптимизации режимов релаксации для процессов обезвоживания рыбного сырья, состоящий из трех программ:

- программа построения графиков для анализа параметров переменного способа обезвоживания;
- программа подсчета экономии электроэнергии;
- программа поиска оптимальных параметров переменного способа обезвоживания.

При помощи данного комплекса можно подобрать начальный и конечный коэффициенты релаксации для переменного способа обезвоживания рыбы в зависимости от температуры и относительной влажности входящего в установку теплоносителя, удельной поверхности объекта сушки. На рис. 1 представлен пример зависимостей темпа обезвоживания от конечного коэффициента релаксации при температуре 16 °C и относительной влажности 40 % входящего в установку свежего воздуха, для рыбы с удельной поверхностью 0,17 м²/кг, при начальных коэффициентах релаксации 10 % и 20 %. Прямой линией представлен темп обезвоживания для непрерывного процесса при тех же условиях. Как видно из графиков, максимальным темпом будет обладать процесс с начальным коэффициентом релаксации 10 %, а конечным 28 %. При применении переменного способа с начальным коэффициентом релаксации 20 % и конечным 40 %, темп обезвоживания процесса будет

равен непрерывному процессу, а экономия электроэнергии при этом составит порядка 20 %.

Программа для поиска оптимума позволяет подобрать режим, обеспечивающий максимальный темп обезвоживания при заданной удельной поверхности рыбы, температуре и относительной влажности входящего в установку теплоносителя. Окно программы представлено на рис. 2.



Параметры свежего воздуха, входящего в установку:

$$t_{св} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\varphi_{св} = 40 \text{ } \%$$

Удельная поверхность обезвоживаемой рыбы:

$$s/m = 0,17 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

Рисунок 1 – Зависимость темпа обезвоживания от конечного коэффициента релаксации

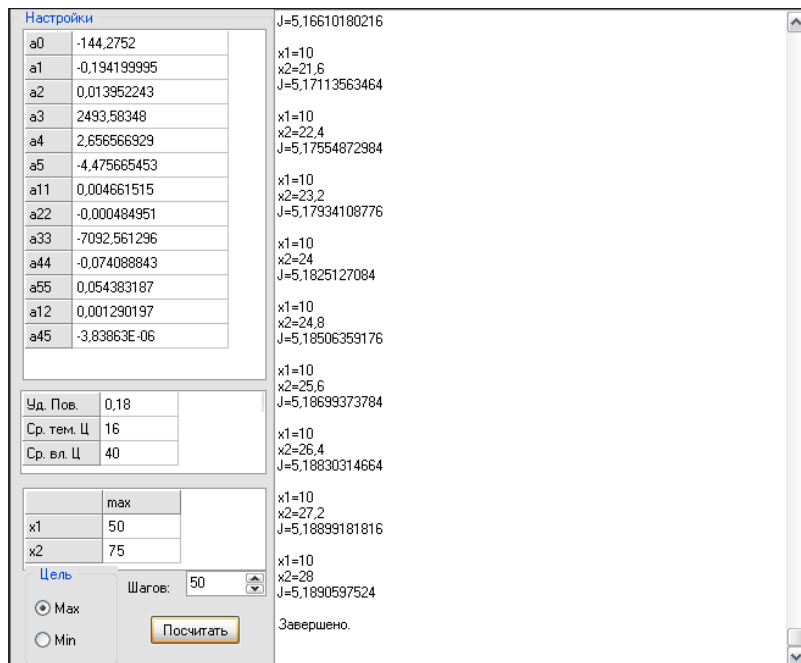


Рисунок 2 – Интерфейс программы для поиска оптимальных параметров переменного способа обезвоживания

Для определения количества сэкономленной электроэнергии при использовании переменного способа обезвоживания, в зависимости от тем-

пературы входящего в установку теплоносителя, начального и конечного коэффициентов релаксации, разработана программа "Расчет экономии электроэнергии". Интерфейс программы представлен на рис. 3.

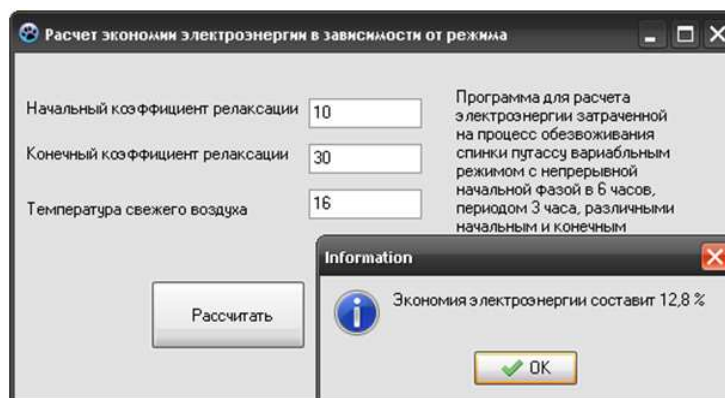


Рисунок 3 – Интерфейс программы для подсчета затраченной электроэнергии

Выводы: На основании анализа факторов, влияющих на динамику обезвоживания сырья в сушильной камере, обоснован и экспериментально доказан метод уменьшения расхода временных и энергетических ресурсов на процесс удаления влаги из рыбы за счет применения переменного способа обезвоживания. Предложенная методика позволяет уменьшить количество экспериментов, необходимых для поиска режимов обезвоживания, близких к оптимальным, упростить форму записи комбинированных режимов. Разработанный переменный способ сушки рыбы дает возможность сократить затраты электроэнергии до 20 % без увеличения продолжительности процесса в сравнении с непрерывным обезвоживанием.

Библиографический список

1. Элементы теории "пунктирного" обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы / Ю. Т. Глазунов, А. М. Ершов, М. А. Ершов, И. Ю. Селяков, В. А. Аминов // Вестник МГТУ. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 15–20.

2. Маслов, А. А. Малогабаритная сушильная установка для поиска оптимальных технологических режимов / А. А. Маслов, М. А. Ершов, И. Ю. Селяков, А. В. Кайченков, В. А. Аминов // Наука и образование – 2012 [Электронный ресурс]: междунар. науч. – техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. / МГТУ. Электрон. текст дан. – Мурманск : МГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 933–937. – Гос. рег. НТЦ "Информрегистр" № 0321201101.

Организация производства и проектирования изделий из листового металла с учетом использования деловых остатков

Смирнов А. А., Степанов А. С. (*г. Вологда, ФГБОУ ВО "Вологодский государственный университет", кафедра технологии машиностроения, e-mail: smirnov.artem.a@yandex.ru*)

Аннотация. В данной статье на примере машиностроительных предприятий малого бизнеса отражена актуальность организации производства и проектирования изделий из листового металла с учетом использования деловых остатков. Определены основные вопросы в рамках данного процесса.

Annotation. this article deals with relevance of the organization of production and design of sheet metal products taking into account the use of business waste. It is considered on the example of engineering enterprises of small business. The main issues of this process are identified.

Ключевые слова: материальные затраты, листовой металл, оптимальный раскрой, алгоритм раскроя, деловые остатки листового металла.

Key words: material costs, sheet metal, optimum cutting, cutting algorithm, business waste of sheet metal.

На многих машиностроительных предприятиях основную статью материальных затрат занимает листовой металл. Однако, натуральное и стоимостное выражение затрат на листовой металл зависит от конструкции изделия, цены материалы, применяемого оборудования, алгоритмов раскроя, использования деловых остатков в дальнейших технологических процессах, своевременного принятия решения о реализации неделовых остатков и процессов учета затрат на листовой металл.

Учет данных аспектов при организации раскроя листового металла и принятии управленческих и инженерных решений в данном вопросе влияет на операционные затраты, чистый доход и конкурентные преимущества предприятия.

Актуальность вопросов оптимального раскроя листовых материалов подтверждается исследованиями Л. В. Канторовича, В. А. Залгаллера, Э. А. Мухачевой, их последователей и других ученых [1].

Объектом исследования является процесс производства и проектирования изделий из листового металла.

Предмет исследования – инструменты снижения материальных затрат на листовой металл.

Цель – разработать комплексный подход к процессу раскроя листового металла, позволяющий минимизировать неделовые остатки листового металла, использовать деловые остатки в дальнейших технологических процессах, получать информацию о фактических затратах.

Анализ затрат малых машиностроительных предприятий г. Вологды (названия предприятий не отражены в целях коммерческой тайны), где используется нержавеющий листовой металл, показал:

- доля затрат на нержавеющий металл в материальных составляет около 70 %;

- листовой металл в управленческой отчетности отражается по нормам, которые соответствуют коэффициенту использования 0,6–0,8, что искажает информацию о фактических затратах и затрудняет принятие необходимых управленческих решений;

- раскрой листового металла ведется на основе эмпирического восприятия сотрудника предприятия, ответственного за данную операцию. Алгоритм раскроя не определен руководящим документом, отсутствует необходимое ПО;

- отсутствует обоснованный подход к сортировке остатков раскроя листового металла на деловые и неделовые.

На данном этапе проведены исследования по решению задач учета затрат на листовой металл. Основные результаты работы отражены в статье [2]: предложен бизнес-процесс учета затрат на листовой металл в натуральном и стоимостном выражении в условиях малого машиностроительного предприятия.

Для организации оптимального раскроя листового металла в рамках производственно-технологической системы (ПТС) необходимо в комплексе использовать САПР К, САПР ТП, систему учета материально-технических ресурсов (МТР). Графическая интерпретация процесса взаимодействия отмеченных систем и их пользователей представлена на рисунке 1 с помощью метода UML.

После определения программы производства на заданный период конструктор осуществляет в САПР К проектирование или корректировку изделий и разработку или доработку конструкторской документации (КД). На основании КД и информации об остатках листового металла на складах технолог разрабатывает карты раскроя. В ПТС осуществляется раскрой

листового металла на соответствующем оборудовании, сортировка остатков на деловые и неделовые, маркировка деловых остатков и передача их на склад МТР. На складе МТР осуществляется складирование деловых остатков с целью использования их в дальнейшем производстве продукции и пополнение базы данных об остатках листового металла.

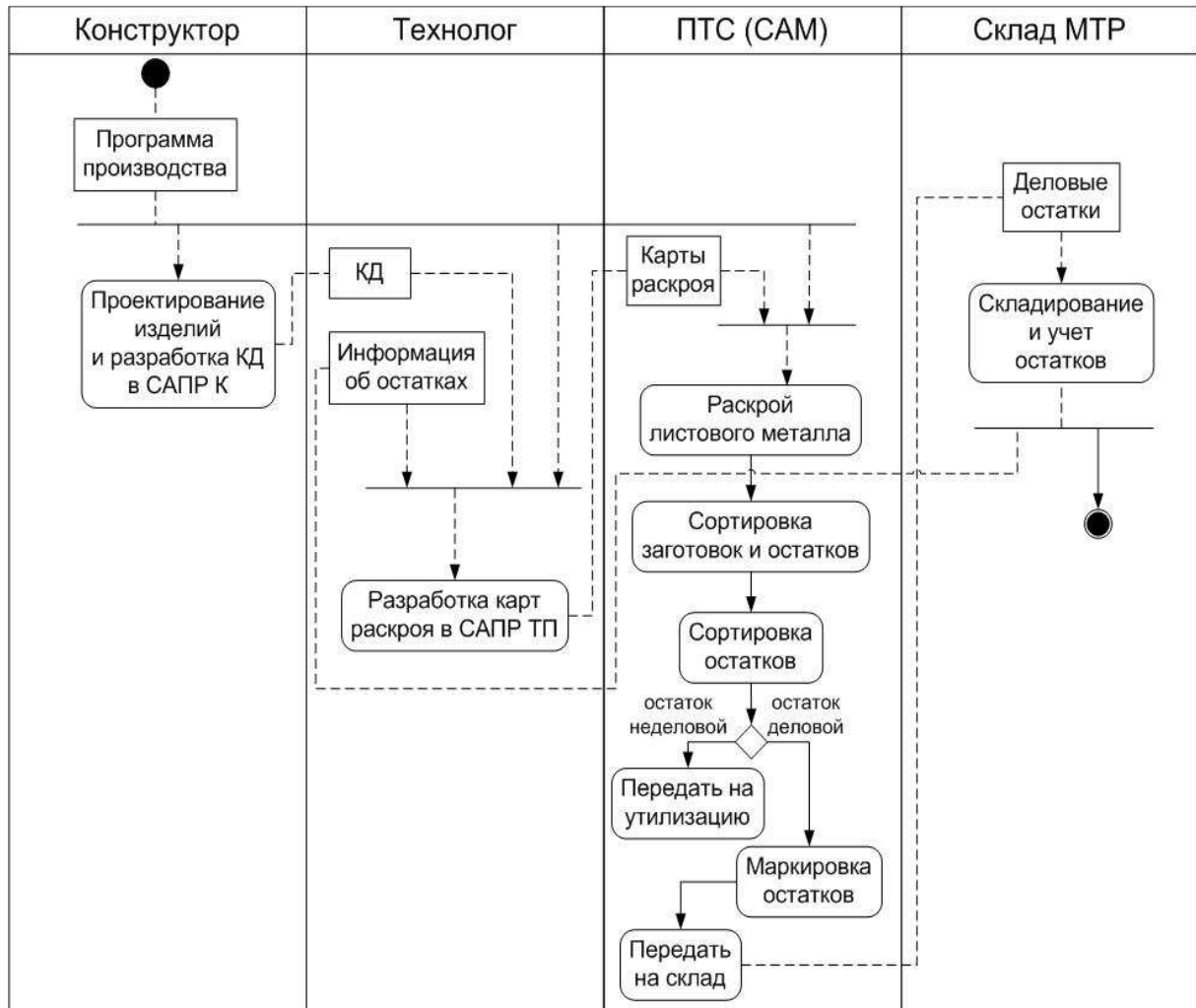


Рисунок 1 – процесс взаимодействия САПР К, САПР ТП, ПТС и склада МТР при организации производства изделий из листового металла

При разработке карт раскроя необходимо решить задачу оптимального раскроя с помощью алгоритмов с целью увеличения коэффициента использования металла. На решение данного вопроса взаимно влияют соответствующие условия, отраженные в таблице 1.

Следует отметить, что все выделенные условия раскроя определяют затраты на освоение процесса раскроя листового металла, поэтому необходимо проводить предварительно оценку экономической эффективности осваиваемого процесса раскроя.

Таблица 1 – основные условия, влияющие на организацию раскроя листового металла

Условие	Влияние
Геометрические формы деталей	определяют возможность использования соответствующего оборудования и выбор оптимального алгоритма раскроя
Алгоритм раскроя	определяет оптимальное расположение деталей с целью увеличения коэффициента использования металла, методы раскроя листового металла с технологической точки зрения
Оборудование для раскроя	определяет возможность использования соответствующего алгоритма раскроя и получения геометрических форм деталей, влияет на разработку алгоритма (необходимо учитывать ширину реза; получаемые свойства кромок заготовок для оценки параметров обработки заготовки после раскроя), производительность
Программа производства	определяет выбор оборудования
Исходный материал	определяет выбор основного и вспомогательного оборудования для раскроя. При листовом металле в виде листов может быть ограничение по деловому остатку, что влияет на алгоритм раскроя

При получении остатков необходимо определить алгоритм оценки, позволяющий признать остаток деловым или неделовым. Обоснованная сортировка остатков позволит снизить затраты на закупку МТР и/или на складирование остатков, увеличит оборачиваемость МТР, позволит увеличить доходную составляющую предприятия при оперативном принятии решения о целесообразности сдачи остатков в металлолом.

Система учета деловых остатков должна позволить оценивать фактические затраты на листовый металл в разрезе переделов, заказов; использовать информацию об остатках (габаритные размеры, геометрическая форма, марка стали) при разработке новых карт раскроя; оперативно находить необходимый остаток на складе для выдачи в производство с целью организации раскроя с учетом деловых остатков, указанных в картах раскроя. Важной задачей становится организация складирования заготовок, которая должна позволять оперативно осуществлять поиск и выдачу определенных в картах раскроя деловых остатков.

Таким образом, в данной статье определены основные вопросы организации процесса оптимального раскроя листового. В дальнейших исследованиях необходимо:

- изучить историю существующих подходов к решению задач оптимального раскроя, разработанных Л. В. Канторовичем, В. А. Залгаллером, Э. А. Мухачевой, их последователями и другими учеными;

- определить зависимость и изменение алгоритмов раскроя от применяемого оборудования;
- разработать алгоритм сортировки остатков;
- определить особенности организации технологического процесса раскроя при использовании деловых остатков листового металла.

Библиографический список

1. Валиахметова, Ю. И., Филиппова А. С. Теория оптимального использования ресурсов Л. В. Канторовича в задачах раскроя-упаковки: обзор и история развития методов решения // Вестник УГАТУ. – 2014. – Т. 18, №1 (62). – С. 186–197.
2. Смирнов, А. А., Кремлёва Н. А., Смирнова Е. А. Организация производственного учета затрат на листовой металл // Экономическое развитие России: тенденции, перспективы: сборник статей по материалам I Международной научно-практической студенческой конференции. (23 апреля 2015 г.). – Нижний Новгород: Мининский университет, 2015. – Т. 1. – С. 229–233.

Совершенствование этапа предварительного подбора режимов стерилизации консервов из гидробионтов с использованием программного обеспечения

Столянов А. В.¹, Кайченев А. В.¹, Куранова Л. К.²

¹(г. Мурманск, г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике и вычислительной техники)

²(г. Мурманск, г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. В статье рассматривается использование программного обеспечения "Подбор режимов стерилизации консервов" (PRSC) как способа замещения серии экспериментальных автоклавоварок на этапе предварительного подбора режима стерилизации консервов из гидробионтов.

Abstract. Utilization of software PRSC as a technique for substitution of series of experimental sterilization in autoclave on the stage of preparatory selection of sterilization regimes of canned foods is considered.

Ключевые слова: режим стерилизации, модель, энергозатраты, программа.

Key words: sterilization regime, model, energy consumption, software.

Математические модели тепловых процессов в стерилизационной камере автоклава и банке с продуктом обычно состоят из дифференциальных уравнений, которые зависят от множества трудно учитываемых факторов. Например, начальная температура продукта, температура теплоносителя, зависимость теплоемкости участвующих в теплообмене объектов от параметров процесса, фазовые превращения теплоносителя, размеры и форма банок, форма стерилизационной камеры и т. п. Значение каждого фактора подбирается в зависимости от экспериментальных данных, поэтому вывод полной математической модели объекта затруднен.

Для упрощения процесса получения моделей тепловых процессов в автоклаве и банке с продуктом можно использовать передаточные функции, построенные по экспериментальным данным, полученным для входных и выходных параметров процесса. Такой подход позволяет, используя небольшое число легко реализуемых экспериментов, построить модель, отражающую основные характеристики динамики процесса. При этом она будет корректной и адекватной, и переходная характеристика будет подобна поведению реального объекта [1].

Для реализации такого подхода на кафедре автоматики и вычислительной техники (АиВТ) Мурманского государственного технического университета (МГТУ) создано программное обеспечение "Подбор режимов стерилизации консервов" (PRSC) [2]. Программный продукт был разработан в интегрированной среде разработки "Lazarus". Интерфейс программы представляет собой основное "рабочее" окно (рис. 1), из которого можно вызвать окно "Настройки моделей" (рис. 2) с двумя вкладками: "Параметры модели продукта" и "Параметры модели автоклава".

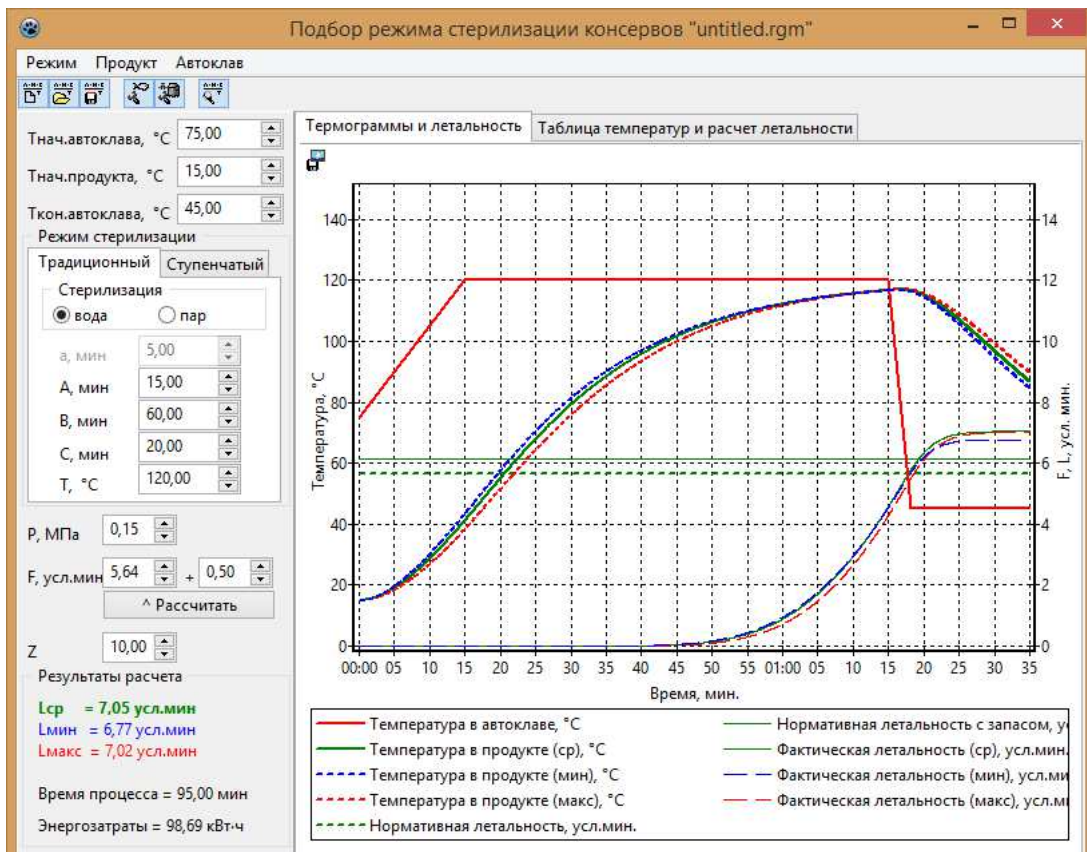


Рисунок 1 – Основное окно программы PRSC

Для корректного использования программы PRSC необходимо провести предварительную пробную автоклавоварку для сбора информации о температуре в стерилизационной камере автоклава и банке с продуктом (например, с помощью набора логгеров Ellab TrackSense). Используя полученную информацию, необходимо определить три передаточные функции для модели продукта (рис. 2): в наименее прогреваемой области автоклава ($W_{min}(p)$), средней по прогреву ($W_{ср}(p)$) и наиболее прогреваемой ($W_{max}(p)$).

Получить передаточную функцию $W_{ср}(p)$ не выше третьего порядка можно, например, в программном обеспечении "Modeller", разработанном

авторами данной статьи (рис. 3). Для этого необходимо подгрузить в программу файл с расширением KCD и выбрать необходимый порядок модели продукта. Далее, используя область "Параметры модели", кнопки "Построить" и "Подбор коэффициентов", получить коэффициенты передаточной функции $W_{ср}(p)$ в области "Результаты" в окне программы "Modeller".

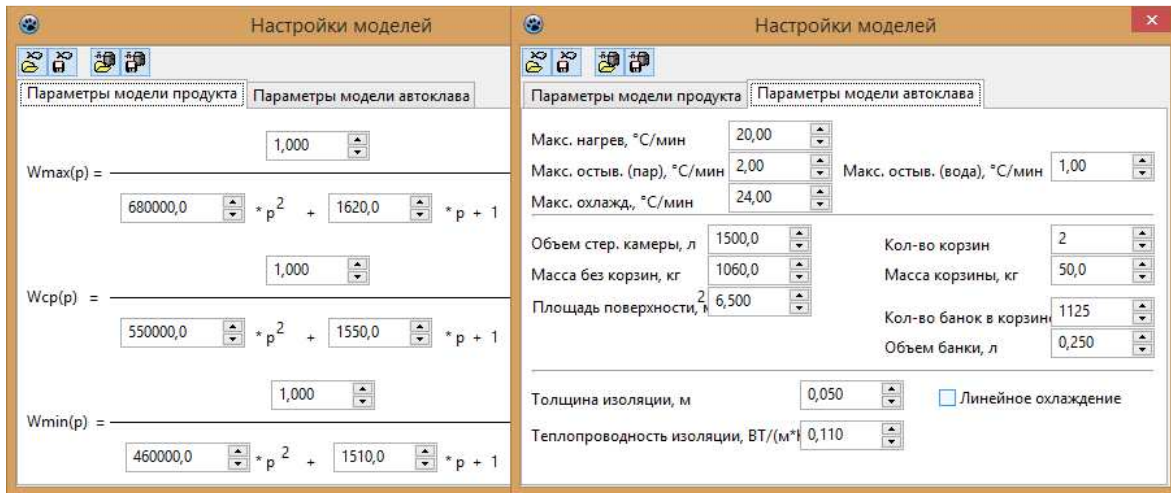


Рисунок 2 – Окно настройки моделей продукта и автоклава

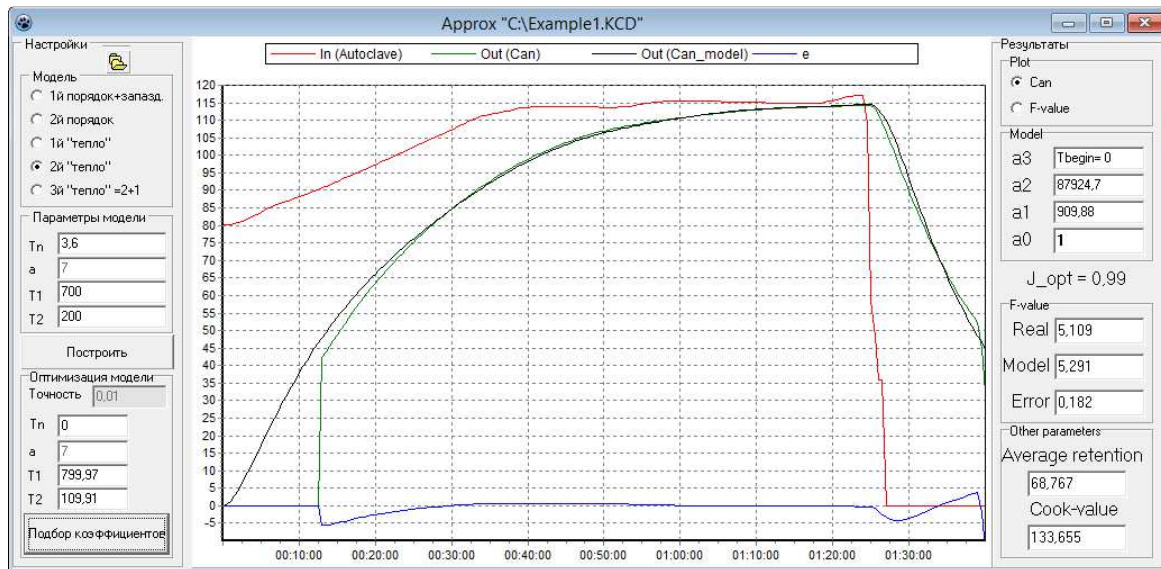


Рисунок 3 – Основное окно программы "Modeller"

Полученные коэффициенты передаточной функции $W_{ср}(p)$ для модели продукта вводятся в программе PRSC на вкладке "Параметры модели продукта" окна "Настройки моделей" (рис. 2). Передаточные функции $W_{max}(p)$ и $W_{min}(p)$ берутся с учетом того, чтобы расчетные эффекты стерилизации (L_{max} и L_{min}) отличались от среднего ($L_{ср}$) в большую и меньшую сторону соответственно (рис. 1).

Затем в программе PRSC необходимо ввести параметры модели автоклава (скорости нагрева, охлаждения, остывания пара и воды (°С/мин), объем, масса без корзин, масса корзины и их количество, площадь поверхности, объем банки и их количество и т. д.), вид процесса стерилизации (паровая или водная среда), начальные и конечные температуры автоклава. Для начала работы необходимо выбрать режим стерилизации (традиционный или ступенчатый) и задать продолжительность этапов нагрева, стерилизации, охлаждения и температуру стерилизации. По этим данным программа рассчитает температурную кривую в стерилизационной установке, а также кривые температур в трех областях автоклава: наименее прогреваемой, средней по прогреву и наиболее прогреваемой (рис. 1) [2, 3].

Результаты моделирования процесса стерилизации могут быть представлены в графическом (рис. 1) или табличном (рис. 4) вариантах. Независимо от вида представления в левой нижней части основного окна программы пользователю всегда доступны результаты расчета фактического стерилизующего эффекта (усл. минут), времени процесса (минут) и энергозатрат на процесс (кВт·ч) для заданного режима стерилизации.

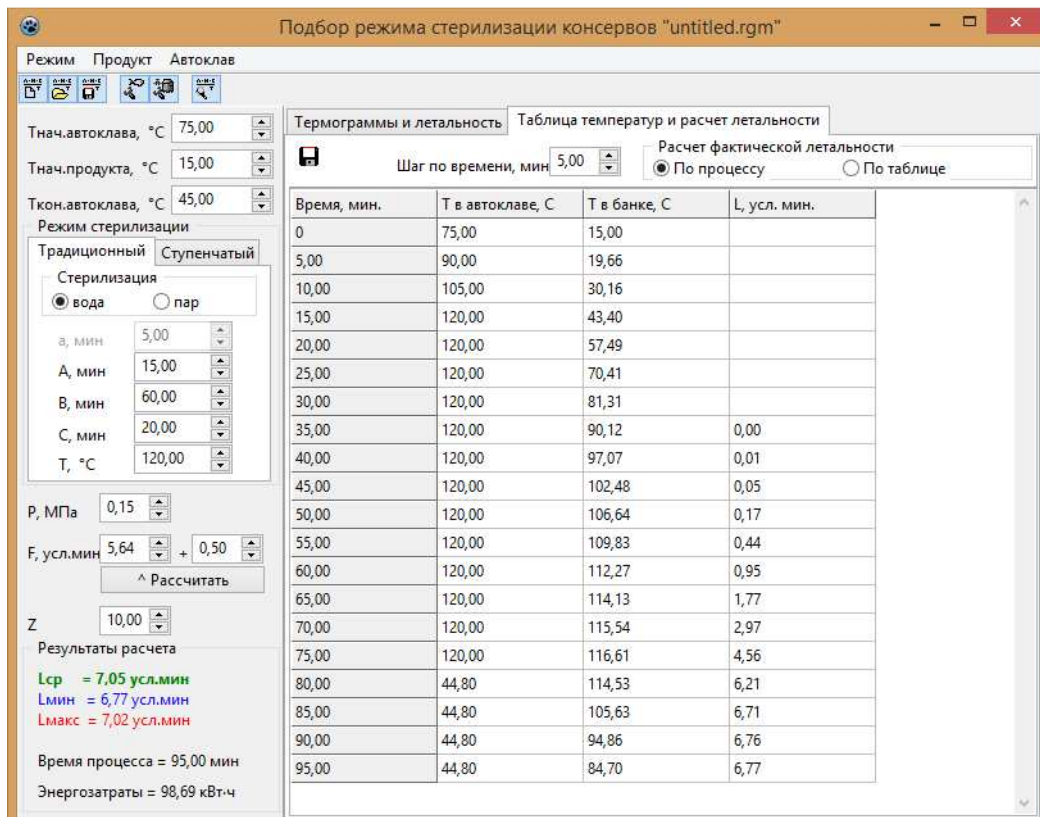


Рисунок 4 – Результаты моделирование в табличном виде

Также имеется возможность в автоматическом режиме подбирать оптимальные по заданным критериям (фактической летальности и энергозатратам) параметры режима стерилизации. Оптимизация происходит с помощью алгоритма на основе метода адаптивного симплекса [4].

Изменяя временной интервал этапов нагрева, собственно стерилизации или охлаждения можно получить необходимый режим стерилизации с заданным для продукта нормативным фактическим стерилизующим эффектом.

Тестирование данного способа предварительного подбора режима стерилизации в сочетании с методикой использования АВК-30М для разработки режима стерилизации для промышленного автоклава АСКАМАТ 230 показало, что подбор реального режима стерилизации консервов можно осуществить, используя от 3 до 5 пробных автоклавоварок. Это, в среднем, на 2 автоклавоварки меньше, чем необходимо согласно инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов [5].

Таким образом, использование программного продукта PRSC способно упростить работу разработчика режима стерилизации на этапе предварительного подбора. В частности, позволяет сократить количество пробных автоклавоварок [1]. Это, в свою очередь, дает возможность уменьшить затраты электроэнергии и сырья, а также время работы лабораторного автоклава АВК-30М.

Библиографический список

1. Разработка режимов стерилизации консервов из гидробионтов с использованием средств вычислительной техники / А. В. Кайченев, А. В. Власов, А. А. Маслов [и др.] // Вестник МГТУ. – Мурманск, 2014. – Том 17. – № 1. – С. 46–52.

2. Реализация программы автоматического подбора параметров режима стерилизации консервной продукции / А. В. Власов, А. Р. Власова, А. В. Кайченев [и др.] // Наука и образование – 2014: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г. / Федер. агентство по рыболовству, Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Электрон. текст. дан. – Мурманск: ФГБОУ ВПО "МГТУ", 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. Столянов, А. В., Жук А. А., Ерещенко В. В. Компьютерное моделирование как перспективное направление оптимизации процесса тепловой

стерилизации консервной продукции. Обзор существующих решений // Наука – производству: материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 24–27 марта 2015 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – С. 59–63.

4. Обзор методов многоцелевой оптимизации термической обработки продуктов / А. В. Столянов, А. В. Кайченев, А. А. Маслов [и др.] // Перспективы развития науки и образования : сб. науч. тр. по мат. междунар. науч.-практ. конф. – М.: "АР-Консалт", 2014. – Ч. III. – С. 17–22.

5. Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов / Утв. Ком. Рос. Федерации по рыболовству. – СПб. : Гипрорыбфлот, 1996. – 42 с.

Запрос производственной сферы как фактор совершенствования профессиональной компетентности обучающихся

Яценко В. В., Власов А. В., Власова А. Р. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: jacenkovv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описывается современное состояние преподавания дисциплины "Микропроцессорные системы управления" и его соотношение с требованиями, предъявляемыми работодателями к выпускникам. Предлагается поэтапный план совершенствования преподавания дисциплины.

Abstract. The article describes current state of "Microprocessor control systems" subject teaching and its relation with the demands made by employers to graduates. The step-by-step plan of improvement of the subject is being offered.

Ключевые слова: дисциплина, работодатель, микропроцессор, микроконтроллер.

Key words: subject, employer, microprocessor, microcontroller, Microchip.

Внедрение микропроцессорной и микроконтроллерной техники на всех уровнях автоматизации позволяет реализовать комплексный подход к решению различных вопросов, начиная от автоматизированного управления технологическими процессами на отдельных объектах до автоматизированного управления предприятиями и объединениями в целом.

При этом аппаратное обеспечение выбирается, как правило, из широкой номенклатуры доступных на рынке серийных изделий, а значительная часть работы при проектировании АСУ ТП связана с разработкой и конфигурированием программного обеспечения, обеспечивающего выполнение конкретных функций, определяемых техническим заданием.

В сложившихся условиях одной из задач кафедры Автоматики и вычислительной техники ФГБОУ ВПО "МГТУ" в ходе обучения студентов по направлению "Автоматизация технологических процессов и производств" является ознакомление их с основными принципами разработки программного обеспечения современных систем автоматизации, использованием специальных языков и средств программирования. Значительная доля этой задачи реализуется в рамках изучения дисциплины "Микропроцессорные системы управления".

Традиционно данная дисциплина состоит из двух частей, на преподавание каждой из которых отводится по семестру:

1. Изучение основ реализации микропроцессорных систем, архитектуры и системы команд микропроцессора КР580ВМ80, а также дополнительных микросхем серии КР580 (параллельный программируемый интерфейс, таймер, генератор тактовых импульсов и т. д.).

2. Освоение особенностей построения микроконтроллерных систем в ходе изучения архитектуры и системы команд микроконтроллера PIC16F876A фирмы Microchip.

Данная организация преподавания рассматриваемой дисциплины имеет ряд достоинств. Во-первых, соблюдается принцип доступности: подача материала ведется от простого к сложному. В первой части дисциплины студенты достаточно подробно изучают внутреннюю структуру микропроцессора КР580ВМ80, форматы регистров специального назначения, принципы организации совместной работы нескольких микросхем в составе единой микропроцессорной системы (формирование управляющих сигналов, дешифраторы адреса).

Во-вторых, решение сравнительно легких задач в ходе лабораторных и практических работ позволяет получить навыки программирования на языке Ассемблер, которые впоследствии используются во второй части дисциплины при программировании микроконтроллеров, а также в рамках специальных дисциплин, в ходе которых изучаются схожие с ассемблером языки наподобие PL от МЭК.

В-третьих, с 2003 года преподавателями и сотрудниками кафедры накоплен большой опыт работы с микроконтроллером PIC16F876A фирмы Microchip. С методической точки зрения, главными достоинствами микроконтроллеров от Microchip является хорошая документированность, а также простая и функциональная система команд. PIC16F876A производится в 28-выводном корпусе и имеет достаточную для решения большинства задач вычислительную мощность (тактовая частота до 20 МГц, т. е. 5 млн. операций в секунду). В нем реализован широкий набор модулей: АЦП, ШИМ, USART, SPI, таймеры, счетчики, разветвленная система прерываний.

Однако в последнее время сформировался ряд проблем, требующий формирования новых подходов в преподавании дисциплины "Микропроцессорные и микроконтроллерные системы".

Рассмотрим некоторые из них:

1. Для формирования необходимых профессиональных компетенций учебный процесс по специальной дисциплине обязательно должен сопровождаться взаимодействием студента с лабораторным оборудованием. В настоящее время для получения практических навыков программирования на языке ассемблер используются учебный микропроцессорный комплект УМК для микропроцессора КР580ВМ80А (выпущенный в 1985 году) и разработанный на кафедре "АиВТ" лабораторный стенд РЛК-1 на базе микроконтроллера PIC16F876А (на настоящий момент данная модель микроконтроллера не производится). Основная доля формирования требуемых профессиональных компетенций заключается в отладке программы в учебно-лабораторном стенде (или, по крайней мере, в программе-симуляторе). Современные отладочные средства от производителей в силу сложившейся экономической ситуации имеют достаточно высокую стоимость. Разработка собственных учебно-лабораторных стендов – длительный процесс, который также сопровождается проблемой тиражирования. Большинство программных средств-симуляторов также имеют высокую стоимость.

2. По мнению выпускников специальности "Автоматизация технологических процессов и производств", служебные обязанности которых непосредственно связаны с разработкой и программированием микроконтроллерных устройств, умение программировать микроконтроллеры на языках верхнего уровня является значительной составляющей в формировании конкурентоспособности будущего специалиста. Здесь кроется основное противоречие в самой сути преподавания дисциплины "Микропроцессорные и микроконтроллерные системы". С одной стороны, запрос производства – это умение программировать микроконтроллеры на языках верхнего уровня (быстрая разработка проекта, минимальная привязка к конкретной платформе). С другой стороны, без детального изучения архитектуры устройства и особенностей программирования на языке нижнего уровня (ассемблере) невозможно в полной мере сформировать понимание процессов, происходящих в микроконтроллерной системе, не удастся максимально реализовать потенциал устройства. Останутся неочевидными причины возникновения некоторых весьма специфических затруднений и ошибок, которые возникают при разработке сложных микроконтроллерных систем с использованием языков верхнего уровня.

Таким образом, современное развитие микроконтроллерной техники и анализ востребованных на производстве компетенций предъявляют новые требования к содержательной части рассматриваемой дисциплины.

Совершенствование преподаваемой дисциплины – почти всегда процесс длительный и многостадийный.

На первом этапе необходимо пересмотреть распределение теоретической составляющей дисциплины по семестрам, сократив затраты учебного времени на темы, не востребованные в современных условиях развития микроэлектронной техники, в пользу рассмотрения вопросов, связанных с практическим решением задач с использованием языков верхнего уровня.

На втором этапе в заключительном семестре дисциплины "Микропроцессорные и микроконтроллерные системы" предлагается обновить модель микроконтроллера до PIC16F777. В настоящий момент он производится фирмой Microchip, и его стоимость составляет от 200 до 1000 рублей (производителем заявлено 5,5\$ без учета доставки). За эту стоимость вдобавок к функционалу PIC16F876A потребитель получает 40-выводный корпус (т. е. большее число каналов ввода-вывода), 14 каналов 10-разрядного АЦП, 3 канала ШИМ, встроенный тактовый RC-генератор с частотой работы до 8 МГц. Главное достоинство – практически полное соответствие по модулям и систем команд ранее изучаемому PIC16F876A. Это обеспечит бесступенчатое переключение учебного процесса на новый вид микроконтроллера. Кроме того, в конце 2015 года вышел свободно распространяемый программный симулятор PICsimLab версии 0.6, поддерживающий ряд микроконтроллеров Microchip, в том числе и PIC16F777 (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Основное окно PICsimLab

PICsimLab позволяет осуществлять симуляцию работы микроконтроллера в составе одной из выбранных отладочных плат. На отладочной плате, показанной на рисунке 1, микроконтроллер может осуществлять опрос состояний дискретных кнопок, потенциометра и датчика температуры. Также микроконтроллер подключен к LCD-дисплею, звуковому резонатору, последовательному порту и линейке семисегментных индикаторов. Предоставляемый программой функционал достаточен для реализации ряда лабораторных работ, в ходе выполнения которых студент сможет получить необходимые умения и закрепить навыки работы с выбранной моделью микроконтроллера.

В свете сокращения аудиторной нагрузки, увеличения объема часов на самоподготовку, а также развития дистанционных образовательных технологий, PICsimLab является мощным средством обеспечения изучения основ дисциплины в ходе самостоятельной работы студентов. Разработчиком PICsimLab заявлена поддержка модуля Simulink MatLab. В перспективе, это позволит реализовать широкий круг лабораторных работ, связанных с разработкой и настройкой цифровых систем автоматического управления.

На третьем этапе совершенствования дисциплины предлагается создать несколько заключительных лабораторных работ с использованием языка верхнего уровня (C) и, соответственно, компилятора XC8. Это позволит упростить изучение студентами особенностей реализации сложных программных алгоритмов, в частности, протоколов обмена с внешними устройствами.

На четвертом этапе предлагается осуществить переход на более современную свободно распространяемую среду разработки MPLabX 3.25 (в настоящее время дисциплина преподается с использованием MPLab IDE 8.92). MPLabX базируется на среде разработки NetBeans IDE от Oracle, что открывает доступ к широким возможностям программирования и отладки. До настоящего времени переход на MPLabX не осуществлялся в силу крайне нестабильной работы первых версий, а также из-за высоких требований к ресурсам компьютера. Сейчас доступна также бесплатная браузерная версия среды разработки MPLabXpress, которая не требует установки и при этом обладает полным функционалом MPLabX, вплоть до прошивки устройства через проприетарный USB-программатор [2]. Эти достоинства вкупе с PICsimLab позволяют интенсифицировать самостоятельную работу студента.

На пятом этапе планируется включить в дисциплину изучение свободно распространяемого средства разработки MPLab Code Configurator [3]. Оно позволяет автоматизировать рутинные операции настройки портов ввода-вывода и модулей микроконтроллера, а также реализацию системы прерываний. Работа с Code Configurator происходит в MPLabX, все операции производятся в графическом режиме (рисунок 2). В результате работы средства генерируется С-код в соответствии с пользовательскими установками.

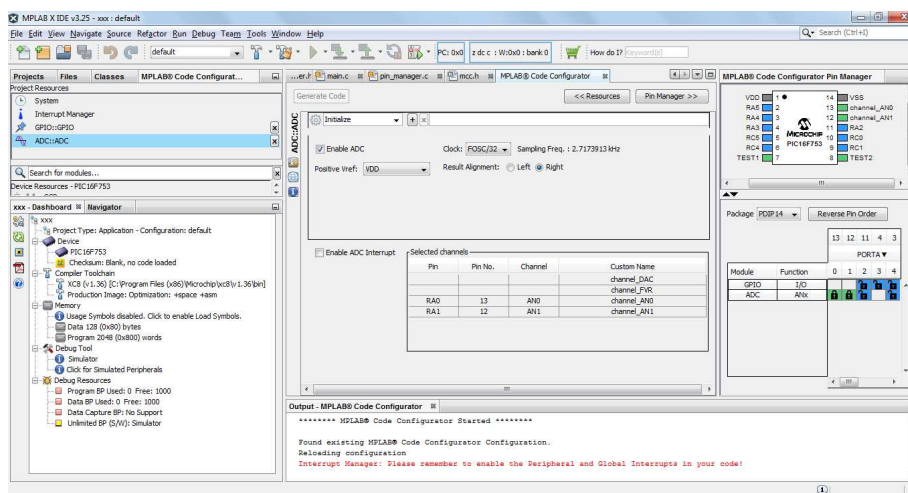


Рисунок 2 – Работа Code Configurator в MPLabX

Применение Code Configurator в ходе создания проекта позволяет получить корректно настроенный шаблон проекта, на основе которого разработчик может продолжить реализацию поставленной задачи. За счет использования данного средства удастся уменьшить количество ошибок в проекте, повысить производительность труда разработчика, а также изучить в рамках дисциплины работу с теми модулями микроконтроллера, сложность конфигурирования которых ранее не позволяла их применять в учебном процессе.

Code Configurator поддерживает ограниченное количество микроконтроллеров из ряда самых современных. Для дальнейшей реализации дисциплины планируется осуществить переход на более современную модель микроконтроллера производства Microchip – PIC16F753, появившуюся в конце 2015 года (стоимость колеблется в пределах от 100 до 200 рублей). Микроконтроллер выполнен в 14-выводном корпусе. Его основные характеристики соответствуют рассмотренным выше моделям, однако в нем также реализованы операционный усилитель, двуполярный 9-разрядный ЦАП, поддержка сенсорных кнопок и вариант со сверхнизким энергопотреблением (XLP). Эти новые особенности делают данный микроконтроллер более подходя-

щим для изучения особенностей создания цифровых локальных систем автоматизации.

Реализация предлагаемой программы совершенствования преподавания дисциплины "Микропроцессорные и микроконтроллерные системы" позволит повысить компетентность студентов в области программирования современных микроконтроллеров с использованием новейших средств разработки.

Библиографический список

1. Lopes, L. G. C. PICsim – PIC microcontroller simulator [Электронный ресурс] / Lopes, L. G. C. // SourceForge : сайт компании. – Режим доступа: <https://sourceforge.net/projects/picsim/> . – Загл. с экрана.

2. MPLAB Xpress Cloud-based IDE [Электронный ресурс] // Microchip Technology Inc. : сайт компании. – Режим доступа: <http://www.microchip.com/mplab/mplab-xpress>. – Загл. с экрана.

3. MPLAB Code Configurator [Электронный ресурс] // Microchip Technology Inc. : сайт компании. – Режим доступа: <http://www.microchip.com/mplab/mplab-code-configurator>. – Загл. с экрана.

Радиочастотный интерференционный метод измерения физических свойств вещества

Яценко В. В.¹, Прохоренков А. М.¹, Совлуков А. С.^{1,2}

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: jascenkovv@mstu.edu.ru)

² (г. Москва, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, e-mail: sovlas@ipu.ru)

Аннотация. Рассматривается радиочастотный метод определения физических свойств различных веществ, содержащихся в резервуарах или перемещаемых по трубопроводам. Метод характеризуется простотой его реализации и применимостью для контроля веществ с произвольными электрофизическими параметрами в широком диапазоне их изменения. Реализация метода осуществима с применением одного отрезка длинной линии с оконечным нагрузочным сопротивлением в качестве чувствительного элемента.

Abstract. Radiofrequency method for determination physical properties of various substances contained in reservoirs or flowed through pipelines is considered. The method is simple under its realization and is applicable for monitoring substances with arbitrary electromagnetic parameters in wide range of their change. Realization of the method is based on application of a single TEM transmission line section with end load as sensitive element.

Ключевые слова: измерение, радиочастотный, вещество, физическое свойство, жидкость, сыпучий материал, газ, резервуар, трубопровод

Key words: measurement, radiofrequency, substance, physical property, liquid, level, particulate material, gas, reservoir, pipeline

Для измерения физических свойств веществ разработаны радиоволновые методы и средства измерений [1,2]. Среди них значительный практический интерес представляют радиочастотные методы и измерительные устройства, основанные на применении отрезков длинных линий в качестве чувствительных элементов и работающие в мегагерцовом диапазоне частот электромагнитных волн. В этой связи важное значение имеет наличие эффективных радиочастотных датчиков и измерительных устройств для конкретных применений, характеризующихся присущей им спецификой, условиями для проведения измерений.

Известны различные методы определения физических свойств веществ, основанные на измерении их электрофизических параметров с применением

радиочастотных датчиков, содержащих контролируемое вещество [1]. Так, известен также метод измерения [3], который заключается в возбуждении электромагнитных волн в отрезке длинной линии, оконечной нагрузкой которого является чувствительный элемент, контактирующий с контролируемым веществом. Измеряя напряженность поля стоячей волны, образуемой в результате интерференции прямой и обратной электромагнитных волн, в какой-либо сечении вдоль отрезка длинной линии, судят о величине физического свойства вещества. Недостатком этого метода является невысокая точность измерения, обусловленная проведением амплитудных измерений.

Рассмотрим радиочастотный метод измерения, который применим для высокоточного измерения различных физических свойств (плотности, концентрации, смеси веществ, влагосодержания и др.) веществ (жидкостей, сыпучих материалов, газов), находящихся в емкостях (технологических резервуарах, измерительных ячейках и т. п.) и перемещаемых по трубопроводам.

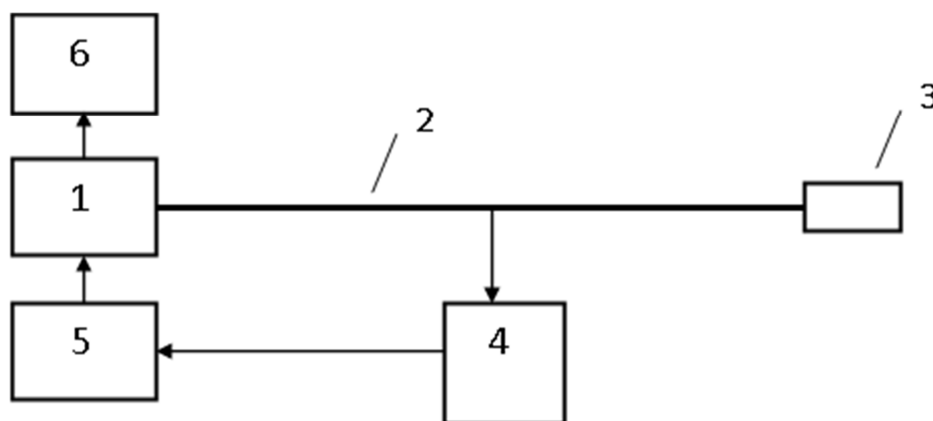


Рисунок 1 – Функциональная схема радиочастотного измерительного устройства:
 1 – генератор; 2 – отрезок длинной линии; 3 – чувствительный элемент; 4 – детектор;
 5 – блок перестройки длины волны (частоты) генератора; 6 – индикатор

Данный метод является, как вышеописанный метод [3], интерференционным, но, в отличие от него, характеризуется проведением частотных измерений вместо амплитудных измерений, что приводит к существенному увеличению точности измерения.

Рассмотрим сущность данного метода и его реализацию. При возбуждении с помощью генератора 1 фиксированной частоты электромагнитных волн в отрезке длинной линии 2, к концу которого подсоединено нагрузочное сопротивление – чувствительный элемент 3, в отрезке длинной линии имеет место интерференция возбуждаемых и отраженных от чувствительного элемента электромагнитных волн. Она характеризуется режимом сто-

ячих (точнее, смешанных) смешанных волн. Напряженность поля стоячей электромагнитной волны в какой-либо точке вдоль отрезка длинной линии является функцией нагрузочного сопротивления отрезка длинной линии, т. е. величины измеряемого параметра (физического свойства вещества). При отклонении этой величины от ее некоторого номинального значения, соответствующего определенному значению измеряемого параметра, напряженность поля стоячей волны в указанной точке также изменяется. Проведение частотных измерений позволяет получать полезную информацию независимо от нестабильности напряженности поля возбуждаемой электромагнитной волны.

Напряженности $E_1(z)$ и $E_2(z)$ полей, соответственно, прямой и обратной электромагнитных волн в каком-либо сечении с координатой z вдоль отрезка длинной линии, распространяющихся в противоположных направлениях (прямая волна – от генератора, обратная волна – от нагрузочного сопротивления) есть

$$E_1(z) = E_1 \sin\left(\frac{2\pi ct}{\lambda_0} - \frac{2\pi z}{\lambda_0}\right); \quad (1)$$

$$E_2(z) = E_2 \sin\left(\frac{2\pi ct}{\lambda_0} - \frac{2\pi z}{\lambda_0} + \Delta\varphi\right), \quad (2)$$

где E_1 и E_2 – амплитуды величин $E_1(z)$ и $E_2(z)$; λ_0 – длина волны возбуждаемых электромагнитных волн; $\Delta\varphi$ – разность фаз встречных волн, зависящая от величины нагрузочного сопротивления и, следовательно, от величины измеряемого параметра x .

Напряженность поля стоячей электромагнитной волны в сечении с координатой z отрезка длинной линии при этом есть

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos\left(\frac{4\pi z}{\lambda_0} + \Delta\varphi\right)}. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что напряженность поля стоячей волны в сечении с координатой z зависит как от разности фаз $\Delta\varphi$, так и от амплитуд E_1 и E_2 . Эта разность фаз может быть определена независимо от E_1 и E_2 по изменению положения какого-либо выбранного значения амплитуды E , в частности, по смещению положения одного из экстремумов (минимумов или максимумов) поля стоячей волны. Так, указанные минимумы расположены, как сле-

дует из (3), в сечениях с координатами z_n ($n = 0, 1, 2, \dots$) вдоль отрезка длинной линии:

$$z_n = \frac{n\lambda_0}{2} - \frac{\Delta\varphi\lambda_0}{4\pi}, n = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

Если вследствие изменения величины измеряемого параметра x имеет место фазовый сдвиг $\Delta\varphi(x)$ относительно значения разности фаз $\Delta\varphi = \Delta\varphi_0$, соответствующего некоторому номинальному значению x_0 измеряемого параметра x , то каждый минимум поля стоячей волны перемещается вдоль отрезка длинной линии, как следует из (4), на расстояние

$$\Delta z(x) = -\frac{\Delta\varphi(x)\lambda_0}{4\pi}. \quad (5)$$

Отсюда видно, что величина $\Delta z(x)$ не зависит от E_1 , E_2 и n , а является функцией только $\Delta\varphi(x)$ и λ_0 . Величина $\Delta\varphi$ зависит, в свою очередь, от реактивной (емкостной, индуктивной) составляющей нагрузочного сопротивления, функционально связанного с измеряемым параметром x .

Для определения величины измеряемого параметра x осуществляют, согласно предлагаемому способу, изменение длины λ_0 возбуждаемой электромагнитной волны на такую величину $\Delta\lambda$ до значения $\lambda = \lambda_0 - \Delta\lambda$. При фиксированной длине волны λ генератора восстанавливается положение минимума поля стоячей волны в сечении отрезка длинной линии с координатой z_k , $k = 0, 1, 2, \dots$, в котором подсоединен детектор.

Как видно из рассмотрения формулы (5), требуемое изменение частоты Δf возбуждаемой электромагнитной волны можно найти из соотношения

$$\frac{\Delta\varphi\lambda}{4\pi} = \frac{\Delta\varphi_0\Delta\lambda}{4\pi}. \quad (6)$$

Отсюда находим

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\varphi\lambda}{\Delta\varphi_0}. \quad (7)$$

Следовательно, изменение длины λ_0 возбуждаемой электромагнитной волны на величину $\Delta\lambda$ приводит к восстановлению минимума напряженности поля стоячей волны в указанном сечении с координатой z_k отрезка длинной линии. Величина $\Delta\lambda$ является мерой отклонения величины измеряемого параметра от его номинального значения x_0 , и, значит, длина волны $\lambda = \lambda_0 - \Delta\lambda$ служит мерой величины самого измеряемого параметра x .

В реализующем рассматриваемый метод устройстве (рисунок 1) от генератора 1 фиксированной частоты электромагнитные колебания поступают в отрезок длинной линии 2. К его противоположному концу подсоединен чувствительный элемент 3. Его эквивалентная электрическая схема может содержать в общем случае комплексное нагрузочное сопротивление, которое, в зависимости от электрофизических параметров контролируемого вещества, является электрической емкостью, индуктивностью или их совокупностью; может быть также подсоединен дополнительно резистор, характеризующий наличие диэлектрических потерь в контролируемом веществе.

С изменением величины измеряемого параметра происходит изменение, в частности, емкостной составляющей нагрузочного сопротивления, что предопределяет ее конструкцию, т. е. конструкцию чувствительного элемента 3. Чувствительным элементом 3 может являться, например, коаксиальный конденсатор (измерительная ячейка), заполняемый контролируемым веществом. Если контролируемое вещество является несовершенным диэлектриком или электропроводным веществом, то при покрытии внутреннего проводника указанного коаксиального конденсатора диэлектрической оболочкой контролируемое вещество в нем характеризуется эффективной диэлектрической проницаемостью двухслойного диэлектрика – совокупностью слоев вещества и диэлектрической оболочки [1]. При этом такое реактивное нагрузочное сопротивление становится емкостным. Величина измеряемого параметра определяется с учетом известных значений параметров этого чувствительного элемента (геометрических параметров конденсатора и диэлектрической проницаемости оболочки).

В некотором сечении отрезка длинной линии 2 к нему подсоединен детектор 4, с выхода которого продетектированный сигнал поступает в блок перестройки длины волны (частоты) генератора 5, подключенный выходом к генератору 1. В зависимости от амплитуды продетектированного сигнала, определяемой значением напряженности поля стоячей волны в указанном сечении с координатой z_k , изменяется длина волны (частота) генератора 1. Величина этого изменения длины волны $\Delta\lambda$ выражается формулой (7). При измерениях предварительно выбором длины волны λ_0 генератора или (и) длины отрезка длинной линии устанавливают экстремум (минимум или максимум) напряженности поля стоячей волны в указанном сечении с координатой z_k при некотором номинальном значении x_0 определяемого физического свой-

ства вещества. Возбуждение в отрезке длиной линии электромагнитной волны на фиксированной длине волны λ , измененной на величину $\Delta\lambda$ относительно длины волны λ_0 , приводит к восстановлению в указанном сечении с координатой z_k минимума поля стоячей волны. По величине λ , фиксируемой индикатором b , подключенным к генератору 1, можно судить о величине измеряемого параметра x (физического свойства вещества).

Таким образом, предлагаемый радиочастотный интерференционный метод измерения характеризуется проведением высокоточных частотных измерений. Он применим для измерения различных физических свойств веществ в измерительных ячейках (при отборе пробы вещества), в технологических емкостях, а также в трубопроводах с перемещаемыми по ним контролируемыми веществами.

Библиографический список

1. Викторов, В. А., Лункин Б. В., Совлуков А. С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин. – М. : Наука, 1978. – 280 с.
2. Викторов, В. А., Лункин Б. В., Совлуков А. С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.
3. Волошин, З. С., Кравчук А. Ф., Лункин Б. В., Погребняк А. В., Совлуков А. С. Устройство для контроля процесса уваривания утфеля в вакуум-аппарате // Авт. свид. СССР № 867923. Бюлл. изобрет. – 1981. – № 36.

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Выбор оптимального пути, способами ледокольных проводок и приемами форсирования льда

Боев Н. В.¹, Рудич А. С.¹, Анисимов А. Н.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

² (г. Котлас, Котласский филиал ФГБУ им. адм. С. О. Макарова, e-mail: anisimov.54@inbox.ru)

Аннотация. Рассматриваются общие подходы к выбору оптимального пути, способами ледокольных проводок и приемами форсирования льда. Даны наиболее благоприятные варианты пути в море Лаптевых и в районе Новосибирских островов

Annotation. We consider common approaches to the selection of the optimal path, methods and techniques of icebreaking posting forcing ice. Given the most favorable variant of the way in the Laptev Sea and in the vicinity of the New Siberian Islands

Ключевые слова: выбор оптимального пути, ледокольная проводка, форсирование льда.
Key words. selection of the optimal path, icebreaking, speeding up ice.

Плавание во льдах, по сравнению с плаванием по чистой воде, характеризуется существенными отличиями в методах управления судном и требует от судоводителя знания многих специальных вопросов, присущих только этому виду плавания. Основное отличие в характере выполняемой судоводителями работы заключается в том, что средой мореплавания является не вода, а лед, поэтому для успешной работы в этой среде судоводители должны хорошо знать и понимать природу льдов и законов их распределения. При решении тактических задач судоводители должны владеть методами анализа получаемой ледовой информации для выбора оптимального пути, способами ледокольных проводок и приемами форсирования льда. Так в холодный период года (октябрь – май) вдоль арктического побережья в основных судоходных проливах (кроме проливов Карские Ворота, Лонга и Берингова) устанавливается и сохраняется припай. Вдоль его кромки за счет атмосферной циркуляции и подледных течений формируются заприпайные полыньи (прогалинами). Наилегчайший путь в этот период, как правило, проходит через заприпайные полыньи (прогалины).

За весь период регулярных ледовых наблюдений отмечены лишь единичные случаи (повторяемость 5–10 %), когда наилегчайший путь проходил напрямую от мыса Желания к Западной Североземельской полынье, далее по проливу Вилькицкого в район Западной Новосибирской полыньи

и затем севернее острова Врангеля. Положение наиболее благоприятного варианта пути в навигационный период (июнь – сентябрь) для всей трассы СМП определяется состоянием припая (до его взлома) и положением ледяных массивов. Наиболее благоприятный вариант пути при сквозном плавании по СМП на самом западном его участке в июне и июле чаще всего проходит через проливы Карские Ворота и Югорский Шар, а в сентябре и октябре – вокруг мыса Желания (повторяемость 55–80 %). В августе использование указанных вариантов практически равновероятно. Далее на восток наиболее благоприятный вариант пути проходит по проливу Вилькицкого (повторяемость 95–100 %).

Положение наиболее благоприятного варианта пути в море Лаптевых и в районе Новосибирских островов имеет значительные сезонные изменения. До начала интенсивного разрушения льда Таймырского ледяного массива наиболее благоприятный вариант пути проходит по южной периферии этого массива (повторяемость 55–90 %), а в августе – октябре – через массив (повторяемость 65–90 %). В июле использование указанных вариантов практически равновероятно.

В районе Новосибирских островов до взлома припая (июнь и июль) наиболее благоприятный вариант пути проходит севернее этих островов, а в августе – октябре – через пролив Санникова (повторяемость 50–85 %). На восточном участке пути при сквозном плавании по СМП (Восточно-Сибирское и Чукотское моря) наиболее благоприятный вариант пути имеет сравнительно устойчивое положение и проходит вдоль границы припая, а после его взлома – вдоль побережья Чукотского полуострова (повторяемость 65–90 %). Суммарная протяженность пути при сквозном плавании по СМП изменяется за каждую декаду навигационного периода от 2100 до 3400 миль. При этом даже в период наибольшего развития ледяного покрова (первая декада июня) протяженность пути при сквозном плавании по СМП может составлять всего 2350 миль. Положение наиболее благоприятного варианта пути при сквозном плавании по СМП сохраняется и при осуществлении рейсов с востока на запад.

Библиографический список

1. Гладышевский, М. А. Оптимальность взаимосвязей в социо-технической системе управления состоянием безопасной эксплуатации судна / Гладышевский М. А., Меньшиков В. И., Солянин А. В. // Вестн. МГТУ : Труды Мурман. Гос. техн. Ун-т – 2006. – Т. 9. – № 2. – С. 260–268.

Сравнительный анализ мощности, вырабатываемой несамоходным гидроэнергетическим судном (НГЭС)

Борисова Л. Ф.¹, Коробко А. Н.²

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотехнических систем)

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", МИП "ИНТЕЖ")

Аннотация. Выполнен сравнительный анализ электрической мощности несамоходного гидроэнергетического судна (НГЭС) и действующих малых ГЭС и ПЭС в России. Анализ показал высокую эффективность НГЭС.

Abstract. In this paper the comparative analysis of the electric power of nonself-propelled hydro power vessel (NGES) and the existing small hydropower plants and tidal power plants in Russia is conducted. The analysis showed a high efficiency NGES.

Ключевые слова: сравнительный анализ, плавучая приливная электростанция, несамоходное гидроэнергетическое судно, электрическая энергия.

Key words: comparative analysis, floating tidal power plant, nonself-propelled hydro power vessel, electric power.

Вступление. Плавучие приливные электростанции непрерывного действия, выполненные на базе наливных судов (НГЭС) способны быстро и надежно обеспечить электроэнергией труднодоступные морские районы, к числу которых относится трасса Северного морского пути. В настоящей работе оценивается эффективность использования НГЭС на основе сравнения с возможностями находящихся в эксплуатации малых ГЭС и Кисло-губской ПЭС, выбранных в качестве аналогов разработки.

Основная статья. Электрическая мощность гидрогенератора НГЭС может быть рассчитана по одной из равноценных формул:

$$P_{э} = g \eta_{\text{НГЭС}} G h \times 10^{-3}/t; \quad (1)$$

$$P_{э} = g^2 \eta_{\text{НГЭС}} \rho V h \times 10^{-3}/t; \quad (2)$$

$$P_{э} = g^2 \eta_{\text{НГЭС}} \rho S_{\text{T}} h_{\text{T}} h \times 10^{-3}/t, \quad (3)$$

где g – ускорение силы тяжести ($\text{м}/\text{с}^2$); $\eta_{\text{НГЭС}} = \eta\mu$ – КПД НГЭС, равное произведению КПД ортогональной турбины η и КПД генератора μ ; G – вес воды, создающий давление воды на гидротурбину НГЭС (кгс); h – разность уровней приливной волны на полной и малой воде (м); t – время заполнения

танков НГЭС (с); ρ – плотность воды (кг/м^3), зависящая от солености моря и близости впадающих рек; V – суммарная емкость танков, образующих наполняемые бассейны (м^3); S_T – суммарная площадь танков, составляющих приливные вертикальные бассейны (м^2), h_T – высота танков (м); 1000 – масштабный коэффициент пересчета электрической энергии $P_{эг}$, измеряемой в ваттах, в электрическую энергию, измеряемую в киловаттах (1 кВт = 1000 Вт).

Для расчета усредненного значения выработки электроэнергии (киловатт-час) используется формула, учитывающая период работы T :

$$W = T P_{э}. \quad (4)$$

В качестве расчетного периода могут рассматриваться час, сутки, неделя, месяц, год.

Предложенная конструкция НГЭС имеет двухбассейновое исполнение, что позволяет сгладить характеристики вырабатываемой мощности за цикл прилива-отлива. Для получения практических расчетных формул учтем, что танки НГЭС при двухбассейновом исполнении заполняются водой за время прилива, равное половине цикла прилив-отлив $t_{\text{пр}} \approx 6,2$ часа. Учитываем коэффициенты перевода в систему счисления СИ (1 Т = 1000 кг, 1 час = 3600 с) и после преобразований окончательно получаем обобщённые формулы для расчёта мощности гидрогенератора НГЭС (кВт):

$$P_{э} = g \eta_{\text{НГЭС}} G h \times 10^{-3} \times 10^3 / 6,2 \times 3600 = 4,48 g \eta_{\text{НГЭС}} G h \times 10^{-5}; \quad (5)$$

$$P_{э} = 4,48 g^2 \eta_{\text{НГЭС}} \rho V h \times 10^{-5}; \quad (6)$$

$$P_{э} = 4,48 g^2 \eta_{\text{НГЭС}} \rho S_T h_T h \times 10^{-5}. \quad (7)$$

Расчет величины электрической мощности, генерируемой одним модулем НГЭС, по разработанной методике выполним с использованием усредненных значений параметров по формуле (5).

Пример расчета – Пусть дедвейт судна в тоннах $G = 80000$ Т, высота прилива в метрах $h = 15$ м. Принимаем ускорение свободного падения для северных широт $g = 9,82 \text{ м/с}^2$. В расчетах используем среднестатистические значения величин КПД ортогональной турбины $\eta = 0,75$ и КПД генератора $\mu = 0,95$. Используем формулу (5): $P_{э} = 4,48 g \eta \mu G h \times 10^{-5} = 4,48 \times 9,82 \times 0,75 \times 0,95 \times 80000 \times 15 \times 10^{-5} = 376,15$ (кВт). Нетрудно подсчитать годовую выработку электроэнергии: $W = 376,15 \times 24 \times 365 = 3,30$ (ГВт × час).

Результаты расчета величин ожидаемой выработки электрической мощности гидрогенераторов НГЭС в случае реконструкции некоторых нефте-

наливных судов известных проектов с различной валовой вместимостью приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные данные выработки электрической мощности одним модулем НГЭС для нефтеналивных судов с различной валовой вместимостью

Тип танкера			Рабочий напор воды (h), м					Электрическая мощность гидрогенератора НГЭС (P_3), кВт
название	дедвейт (G), Т	осадка м	5	10	15	20	25	
Смольный	37000,0	10,1	58,0	116,0	174,0	232,0	290,0	
Пабло Неруда	51480,0	12,2	80,7	161,4	242,1	322,8	403,5	
Победа	84500,0	13,5	132,5	264,9	397,4	529,8	662,5	
Кубань	150500,0	17,0	236,0	471,8	708,0	944,0	1180,0	
Ti Europe	420000,0	24,5	658,5	1317,0	1975,5	2634,0	3292,5	
Яре Викинг	565000,0	24,6	885,6	1771,3	2657,0	3542,6	4428,3	

Для оценки полученных результатов сравним расчетные данные с мощностью действующих в северо-западной части России Кислогубской ПЭС (губа Кислая, Кольский полуостров, Баренцево море) [1] и малых ГЭС Сунского Каскада ОАО "ТГК-1" (запад Карелии, Приладожье), который объединяет шесть гидроэлектростанций Питкякоски, Хямекоски, Харлу, Пиени-Йоки, Суури-Йоки и Игнойла, расположенных на территории, отошедшей к СССР после Зимней войны 1939–1940 годов и восстановленных и модернизированных после окончания Второй мировой войны [2]. Данные по мощности электростанций представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Электрическая мощность электростанций, расположенных на северо-западе России

Название электростанции	Мощность электростанции, кВт (год постройки или модернизации)	Мощность одного агрегата, кВт
ПЭС Кислогубская	2 агрегата по 200 кВт (1968)	200
	1 агрегат 200 кВт и 1 агрегат 1500 кВт (2009)	1500
ГЭС Хямекоски	шесть станций общей мощностью 3580 кВт (1903)	597
ГЭС Суури-Йоки, ГЭС Пиени-Йоки	три агрегата по 640 кВт (1946)	640
ГЭС Питкякоски	турбина мощностью 1280 кВт (1947)	1280
ГЭС Харлу	два агрегата мощностью 3000 кВт (1952)	1500
ГЭС Игнойла	турбина мощностью – 2700 кВт (2002)	2700

Сравнительные характеристики мощностей однотурбинных НГЭС при различном уровне приливной волны, и мощностей одного агрегата Кислогубской ПЭС и малых ГЭС показаны на рисунке 3.

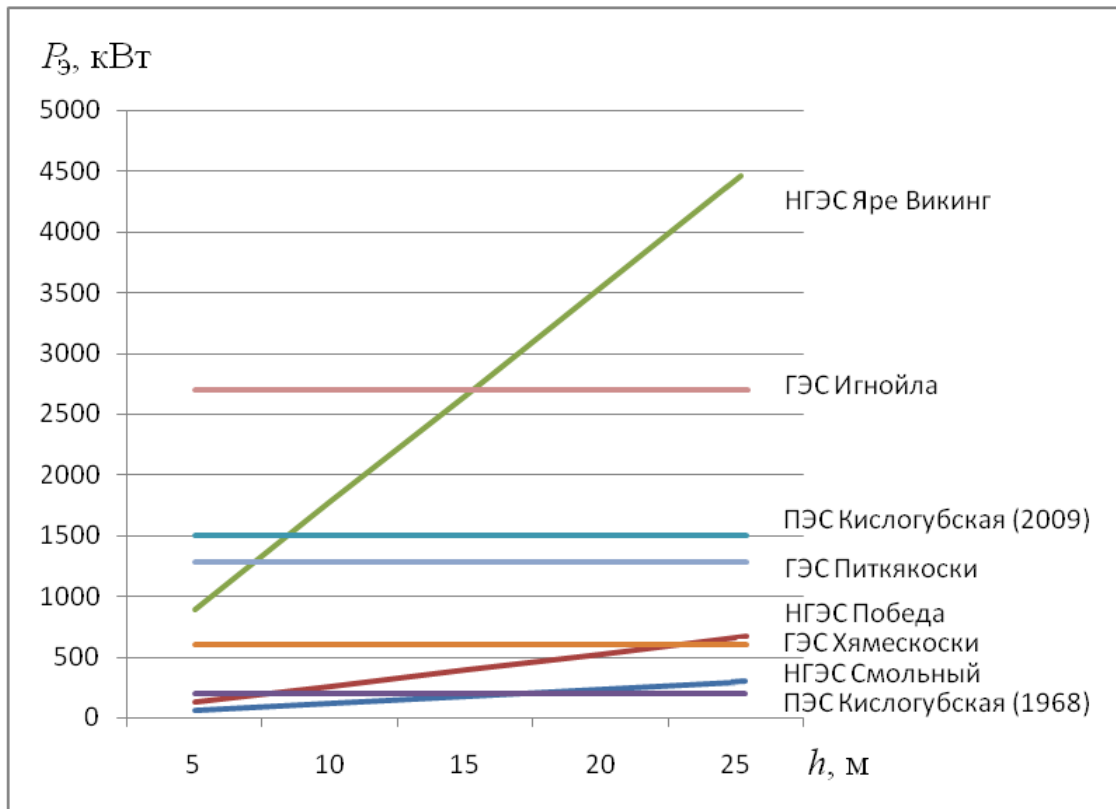


Рисунок 3 – Сравнительные характеристики мощности Кислогубской ПЭС и малых ГЭС (горизонтальные линии) и мощности НГЭС (наклонные линии) при различных уровнях приливной волны

Сравнение показывает, что НГЭС способны вырабатывать мощности, сравнимые по величине с мощностями действующих электростанций морского (приливного типа) и речного исполнений.

Заключение и выводы. Получены расчетные формулы и показан пример их использования для расчета электрической мощности и электроэнергии, вырабатываемой модулем НГЭС, работающем на одном агрегате. Сравнение с действующими электростанциями, малыми ГЭС и Кислогубской НГЭС показало высокую эффективность использования НГЭС. При этом экономическая выгода от реализации НГЭС на базе имеющихся наливных судов, в том числе однокорпусных и бывших в употреблении, определяется существенной экономией средств, затрачиваемых на реализацию станций. Основные затраты на реализацию ГЭС и ПЭС составляют строительно-монтажные работы. Так, доля затрат на строительно-монтажные работы Кислогубской

ПЭС в три раза превысила другие расходы (на турбины, генераторы, гидравлические запоры, автоматику и прочее) [3]. НГЭС является отличной альтернативой утилизации танкеров.

Библиографический список

1. Крживка, В. Приливные электростанции / В. Крживка // Молодой ученый. – 2013. – № 11. – С. 120–126.

2. Малая Киикская ГЭС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://blog.rushydro.ru/>.

3. Усачев, И. Н. Приливные электростанции (ПЭС) – источник энергии, запаасаемый в водороде / И. Н. Усачев, Ю. Б. Шполянский, Б. Л. Историк и др. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://h2forum2008.ru/docs/pdf/abstracts/5_3_21.pdf.

Мощность плавучей приливной электростанции на базе несамоходного наливного судна

Борисова Л. Ф.¹, Коробко А. Н.²

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотехнических систем)

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", МИП "ИНТЕЖ")

Аннотация. В работе предложена методика расчета электрической мощности, вырабатываемой плавучей приливной электростанцией непрерывного действия на базе несамоходного наливного судна.

Abstract. In this paper the calculation method of the electric power of the floating tidal unceasing action power plant which based on the nonself-propelled tanker has been proposed.

Ключевые слова: плавучая приливная электростанция, несамоходное гидроэнергетическое судно, электрическая энергия, методика расчета.

Key words: floating tidal power plant, nonself-propelled hydro power vessel, electric power, calculation method.

Вступление. Одним из перспективных направлений использования энергии приливной волны являются приливные электростанции (ПЭС). Стационарные ПЭС имеют ряд недостатков: они "привязаны" к территории размещения, перекрывают заливы или устья рек, что может негативно влиять на водные и прибрежные экосистемы, включая воздействие на население данных мест.

Дополнительные преимущества можно получить при использовании плавучих ПЭС, которые способны обеспечить быстрое и надежное решение народно-хозяйственной задачи электроснабжения труднодоступных морских районов. В работе [1] предложена конструкция и способ ее осуществления наплавной мобильной приливной электростанции на базе наливного несамоходного судна, конструктивно переоборудованного в специализированный гидроэнергетический блок (НГЭС). В настоящей работе предлагается методика расчета электроэнергии, вырабатываемой гидрогенератором НГЭС.

Основной текст. В результате работы НГЭС механическая энергия P_M воды, вращающей турбину, преобразуется в электрическую энергию $P_э$, вырабатываемую гидрогенератором, численно равную ей по величине:

$$P_э = k P_M, \quad (1)$$

где $k = g/1000$ – коэффициент пересчета механической мощности P_M (кгс·м/с), в электрическую мощность $P_э$ (кВт); g – ускорение силы тяжести ($м/с^2$).

Механическая мощность P_M создается давлением воды на гидротурбину

$$P_M = Gh / t, \quad (2)$$

где $G = g\rho V$ – вес воды, создающий давление (кгс); h – разность уровней приливной волны на полной и малой воде (м); t – время заполнения танков НГЭС (с); V – суммарная емкость танков, образующих наполняемые бассейны ($м^3$); $Q = G/t = vS$ – объемный расход воды (кгс/с, $м^3/с$) через сечение S водозабора гидроустановки ($м^2$); v – средняя скорость прилива (м/с); ρ – плотность воды ($кг/м^3$), зависящая от солености моря и близости впадающих рек. Для определения плотности морской воды обычно пользуются океанологическими таблицами.

С учетом (1) и (2) имеем:

$$P_э = g \eta_{\text{НГЭС}} Q h \times 10^{-3}, \quad (3)$$

где $\eta_{\text{НГЭС}} = \eta\mu$ – КПД НГЭС, равное произведению КПД ортогональной турбины η и КПД генератора μ .

Площадь S определяется конструкцией судна после переоборудования

$$S = B_{\text{вод}} h_{\text{вод}}, \quad B_{\text{вод}} \leq B, \quad h_{\text{вод}} \geq D_T, \quad (4)$$

где $B_{\text{вод}}$ – ширина водозабора, ограниченная шириной судна B (м); $h_{\text{вод}}$ – высота водозабора, не меньшая диаметра турбины D_T (м).

При определении напора воды, подведенной к гидротурбине, необходимо учитывать полный (статический) H и рабочий (динамический) h напоры (м).

$$h = H - h_{\text{тр}} - h_{\text{доп}}, \quad (5)$$

где $h_{\text{тр}}$ – гидравлические потери на трение в водоводе; $h_{\text{доп}}$ – дополнительные (местные) потери, связанные с засорением водозабора, бифуркацией на сужениях и расширениях, задвижках, клапанах и т. д.

Гидравлические потери можно определить по выражению [5]:

$$h_{\text{тр}} = JL, \quad (6)$$

где L – длина водовода (м); $J = a v^m D_r^n$ – гидравлический градиент; $D_r = 4S/A$ – гидравлический диаметр водовода (м); a, n, m – коэффициенты материала, из которого изготовлен водовод, учитывающие шероховатость поверхностей стенок и защиты внутренних поверхностей; A – смоченный периметр поперечного сечения потока (м), часть водовода, по которой поток соприкасается с твердыми стенками.

Потери энергии при протекании жидкости через элемент гидравлической системы пропорциональны квадрату скорости жидкости v . В водоводах закрытого типа для расчета потерь на трение (м) можно использовать уравнение Дарси-Вейсбаха:

$$h_{\text{тр}} = (fL v^2) / (4 D_r g) = (fL v^2) / (4g (2/\sqrt{\pi}) \sqrt{S_{\text{вод}}}) \approx 0,22 fL v^2 / (g \sqrt{S_{\text{вод}}}), \quad (7)$$

где f – безразмерный коэффициент (приводится в гидрологических таблицах).

Величина ускорения силы тяжести у поверхности Земли зависит от широты, времени суток и других факторов, варьируется от $9,780 \text{ м/с}^2$ на экваторе до $9,832 \text{ м/с}^2$ на полюсах и приблизительно может быть вычислена по эмпирической формуле [2]:

$$g \approx 9,780327 (1 + 0,0053024 \sin^2\varphi - 0,0000058 \sin^2 2\varphi) - 3,086 \times 10^{-6} \hbar, \quad (8)$$

где φ – широта стоянки судна; \hbar – высота над уровнем моря (м).

Дополнительные потери в водоводе определяются по формуле [3]:

$$h_{\text{доп}} = \varepsilon_x v^2 / 2g \approx 0,05 \varepsilon_{\text{доп}} v^2. \quad (9)$$

Значения коэффициента ε_x находим в справочниках гидравлических сопротивлений (потери на сгибах, сужениях и т. д.) [4].

Если S_T – суммарная площадь танков, составляющих приливные вертикальные бассейны (м^2), h_T – высота танков (м), то окончательно получаем

$$P_3 = g \eta_{\text{нгэс}} G h \times 10^{-3}/t \quad (10)$$

или $P_3 = g^2 \eta_{\text{нгэс}} \rho V h \times 10^{-3}/t = g^2 \eta_{\text{нгэс}} \rho S_T h_T h \times 10^{-3}/t.$

Расчет усредненного значения выработки электроэнергии (киловатт-час) выполняется с учетом периода работы T :

$$W = T P_3. \quad (11)$$

В качестве расчетного периода могут рассматриваться час, сутки, неделя, месяц, год.

Заключение. Разработанная методика пригодна для расчета электрической мощности и электроэнергии, вырабатываемой модулем НГЭС, сконструированным на базе несамходного наливного судна. Для получения требуемой мощности можно использовать несколько энергетических модулей. При определении мощности гидроагрегата НГЭС следует учитывать также климатические особенности региона и местное законодательство в области использования гидроэнергетических ресурсов.

Библиографический список

1. Борисова, Л. Ф. Мобильная плавучая приливная электростанция непрерывного действия / Л. Ф. Борисова, А. Н. Коробко // Научные труды SWorld. – Вып. 3(40). Т. 1. – Иваново : Научный мир, 2015. – С. 32–36.
2. Енохович, А. С. Краткий справочник по физике. – М. : Высшая школа, 1976. – 288 с.
3. Расчеты и выбор микро ГЭС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://weswen.ru/hydro_calculations/.
4. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – С. 10.

Групповой динамический стереотип управленческой деятельности на промысловых судах

Беднарчик А. А., Попов Ю. А., Пеньковская К. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

Аннотация. Предложена модель самоорганизующегося стереотипа групповой управленческой деятельности командного состава аварийной партии при тренировочных учениях и проведении фактических операциях по обеспечению живучести судна. Составлена непустая последовательность докладов и команд, которая будет появляться в самоорганизующейся синтезированной структуре аварийной партии.

Abstract. The model of self-organizing group stereotype administrative activity command staff emergency training exercise at the party and carrying out the actual operations to ensure the survivability of the ship. Compiled nepustaya sequence of reports and teams, which will appear in a self-organizing structure synthesized emergency party.

Ключевые слова: аварийная партия, борьба за живучесть, безопасное плавание судна.
Key words: Emergency Party, the struggle for survival, the safe navigation of the ship.

Система отношений "командир аварийной партии (АП) – командиры аварийных групп (АГ)" складывающаяся при проведении как тренировок, так и операций по ликвидации аварийных ситуаций на судне должна формироваться на базе баланса интересов. В свою очередь основой баланса интересов является отношение согласия в рамках которого командир АП u , и командир АГ v решают одну общую задачу [1], связанную с обеспечением живучести судна и соответственно с поддержанием безопасности плавания судна в любых навигационных условиях. Для того чтобы реализовать отношение согласия при проведении любых видов аварийно-спасательных операции командир АП должен отказаться от имеемых у него рычагов административного давления на множестве пар W "командир АП – командир АГ". Тогда с помощью аппарата общей алгебры желаемое отношение согласия между элементами u и v можно записать так:

$$u, v \in W, (u, v) \in \alpha_2 \Leftrightarrow u \sim v \Leftrightarrow v \sim u. \quad (1)$$

Последнее выражение может быть моделью отношения "согласия" между командиром АП и командирами АГ, которое следует положить в основу коллективного поведения руководящего состава аварийной партии. Именно

отношение "согласия" (1) способно перевести любую конфликтную ситуацию между любыми субъектами руководящего состава аварийной партии u и v соответственно.

Для исследования возможного баланса в отношении "согласия" между командиром АП и командирами АГ при проведении операций или тренировок по борьбе за живучесть судна примем, что действия (управления) в аварийной партии порождаются с помощью "близких" динамических структур определяющих коллективное поведение командного состава. Пусть коллективное управленческое поведение командного состава АГ при проведении операций и тренировок по борьбе за живучесть судна формируется следующими структурами:

$$\begin{aligned}
 & - \text{командир АГ}_1 - \pi_1 = (S_1, X, Y, \delta_1, \lambda_1); \\
 & - \text{командир АГ}_2 - \pi_2 = (S_2, X, Y, \delta_2, \lambda_2); \\
 & \dots\dots\dots \\
 & \text{командир АГ}_n - \pi_n = (S_n, X, Y, \delta_n, \lambda_n),
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $S_1 \dots S_n$ – множества состояний, X – входное множество (донесения и доклады командирам АГ), Y – выходное множество, (команды, подаваемые для управления состоянием живучести судна), $\delta_1 \dots \delta_n$ – функции переходов при реализации операций по борьбе за живучесть судна в отдельной АГ и $\lambda_1 \dots \lambda_n$ – функции выходов командиров АГ, представленных на множестве Y .

"Близость" структур (2) можно объяснить в первую очередь наличием единого (универсального) стандарта подготовки и переподготовки командиров АГ, которая формирует единую структуру управленческого поведения специалистов. Пусть далее командир аварийной партии осуществляя общее руководство АП, обладает управленческим поведением, которое реализуется в рамках структуры заданной так:

$$\tau = (S, X, Y, \delta, \lambda). \tag{3}$$

Тогда структура (3) позволяет конкретизировать условие близости структур (2) и считать эти структуры "сильно" связными [1]. Однако при описании управленческого поведения командиров АГ и АП нельзя не учитывать их индивидуальные качества. Поэтому далее будем предполагать, что на структуры (2) и (3) может действовать стационарный источник, генерирующий независимые случайные воздействия, которые можно принимать за индивидуальные характеристики восприятия входной информации и принятия решений командным составом АП.

Пусть далее стационарный источник независимых случайных воздействий, характеризующий индивидуальные качества в управленческом поведении командного состава АП, образованного структурами (2) и (3), обладает таким множеством X , что вероятность $p(x)$ появления правильного доклада или команды $x \in X$ всегда больше нуля. В дальнейшем эту функцию распределения вероятностей индивидуальных свойств специалистов в парах W будем считать неизменной во времени и пространстве.

Символом Q_t обозначим множество выходных последовательностей действий (команд), генерируемых командным составом аварийной партии в рамках своего динамического стереотипа, формируемого структурой (3), т. е.

$$Q_t = \{v \in Y^* \mid \exists_s \in S \exists_u \in X^* (\lambda(s, u) = v)\},$$

где $X^*(Y^*)$ множество всех последовательностей докладов и команд на множестве $X(Y)$, включая и пустую последовательность. Тогда можно зафиксировать произвольную непустую последовательность докладов и команд $v_0 \in Y^*$, которая будет появляться на выходе синтезированной структуры (2) и (3), представляющей обобщенный групповой динамический стереотип управленческого поведения командного состава аварийной партии, т. е.

$$v_0 \in Q_\pi^i \cup Q_t \text{ при } i = 1, n$$

и которую можно назвать фрагментом выходной последовательности согласованных действий управленцев, определенным на множестве Y . По сути, выделенная последовательность v_0 является эмпирической моделью фрагмента "согласованной" управленческой деятельности командного состава аварийной партии при проведении учений и практических операций в части борьбы за живучесть судна, обеспечивающей безопасное плавание судна.

Библиографический список

1. Николис, Г., Пригожин, И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М. : Мир, 1979.

Тактика управления танкером на перекрестии на нефтяном терминале в море

Петров С. О. Юдин Ю. И. Холичев С. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: petrovso@mstu.edu.ru, yudinyui@mstu.edu.ru, holichevsn@mstu.edu.ru)

Аннотация. Описывается методика моделирования движения танкера в процессе операции по погрузке нефти и нефтепродуктов на нефтяном терминале, который находится в открытом море, с использованием инновационного способа управления "на перекрестии".

Abstract. This article describes the process of modeling of tanker movement during cargo operations at the oil terminal in the open sea conditions by using an innovative steering by "crossline following" method.

Ключевые слова: перекрестие, инновационный способ, стратегия управления, управление движением танкера.

Key words: cross line, innovative method, tanker steering.

Введение. В данной статье рассматривается моделирование стратегии сложного маневрирования танкера "на перекрестии" при выполнении грузовых операций на нефтяном терминале в открытом море, которое реализуется с использованием модели танкера, математически идентифицированной.

Проведение моделирования. Выполним серию модельных испытаний функционирующей системы управления по двум парам отклонений от ортогональной системы координат, перемещая само перекрестие, а с ним и систему координат. Данная стратегия управления сложнее маневрирования на терминале, но хорошо показывает возможности моделирующей системы.

Допустим, что наша цель представленная перекрестием будет перемещаться в заданном направлении (330°) с заранее заданной скоростью (0.3 уз). В начальный момент скорость танкера будет 0.5 уз, а курс 60° . Определение параметров движения танкера будет проводиться в течение 6 000 с. Маневренные параметры системы управления a_1 , a_2 и a_3 указаны:

– в законе управления упором главного движителя:

$$T_e = (kW_{ном}P\% / v)A,$$

где $A = 1 / (a_3L_w)$; $P\%$ – процент загрузки главного движителя;

– законе управления тягами подруливающих устройств:

$$\text{ТеррF} = [a_2(dy_A - dy_F) + a_1(dy_A + dy_F)x_A] / (x_F - x_A);$$

$$\text{ТеррA} = [-a_2(dy_A - dy_F) + a_1(dy_A + dy_F)x_F] / (x_F - x_A),$$

где $a_1 = -25$; $a_2 = 2\ 250$.

Вышеуказанные параметры можно изменять и таким образом подбирать их оптимальные значения, которые будут вести к достижению минимального уровня качества управления:

$$Q = \frac{1}{t} \int_0^t \Delta r^2 dt.$$

Созданная программная среда моделирования позволяет в деталях пронаблюдать за тем, как изменяются все характеристики и параметры маневрирования (рис. 1). Синий круг на траектории движения – танкер, цветная прямая обозначает линию движения цели, красный круг – само перекрестие соответственно. Снимок экрана получен на 1325 с маневрирования, на нем отчетливо видно первичное значительное отклонение от цели, которое в последствие убывает в процессе управления танкером.

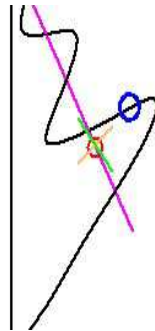


Рисунок 1 – Траектория танкера при движении, основанном на управлении "на перекрестие". Перекрестие движется линейно

Отобразим изменения всех сопутствующих движению параметров:

- тяга T_e и процент загрузки $P\%$ главного движителя (рис. 2);
- курс Ψ , угловая скорость ω и угол дрейфа β (рис. 3);
- тяга носового ТеррF и кормового ТеррA ПУ и их результирующий момент M_{rg} (рис. 4);
- продольная (v_x) и поперечная (v_y) скорости и отклонения носовой (dx_F, dy_F) и кормовой (dx_A, dy_A) точек (Юдин и др., 2013) от координатных осей перекрестия (рис. 5).

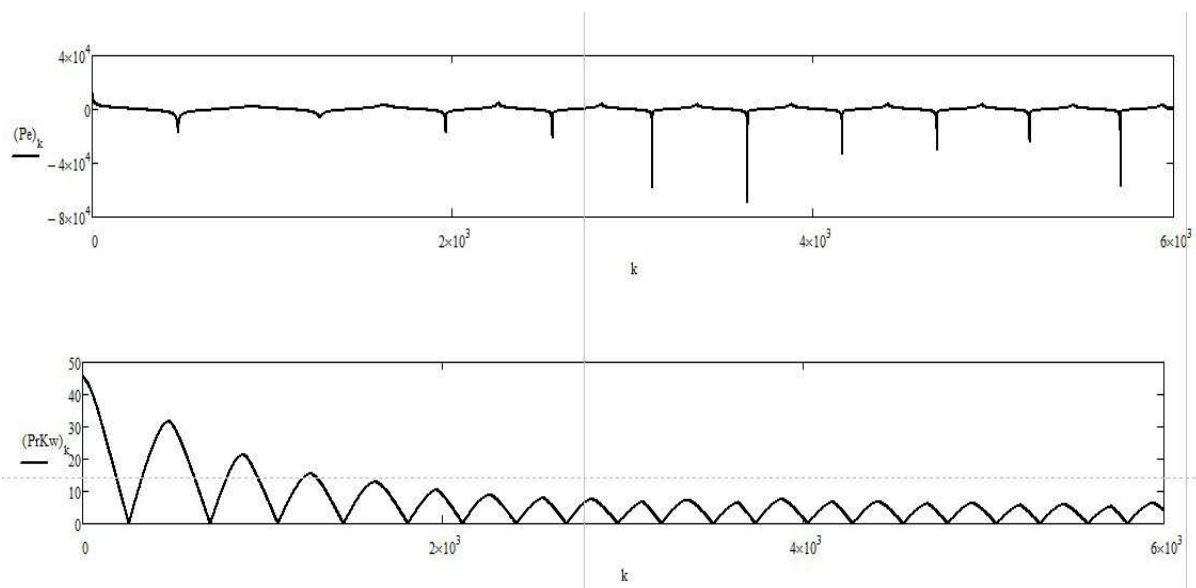


Рисунок 2 – Вариация процента загрузки и тяги главного движителя.
Линейное движение

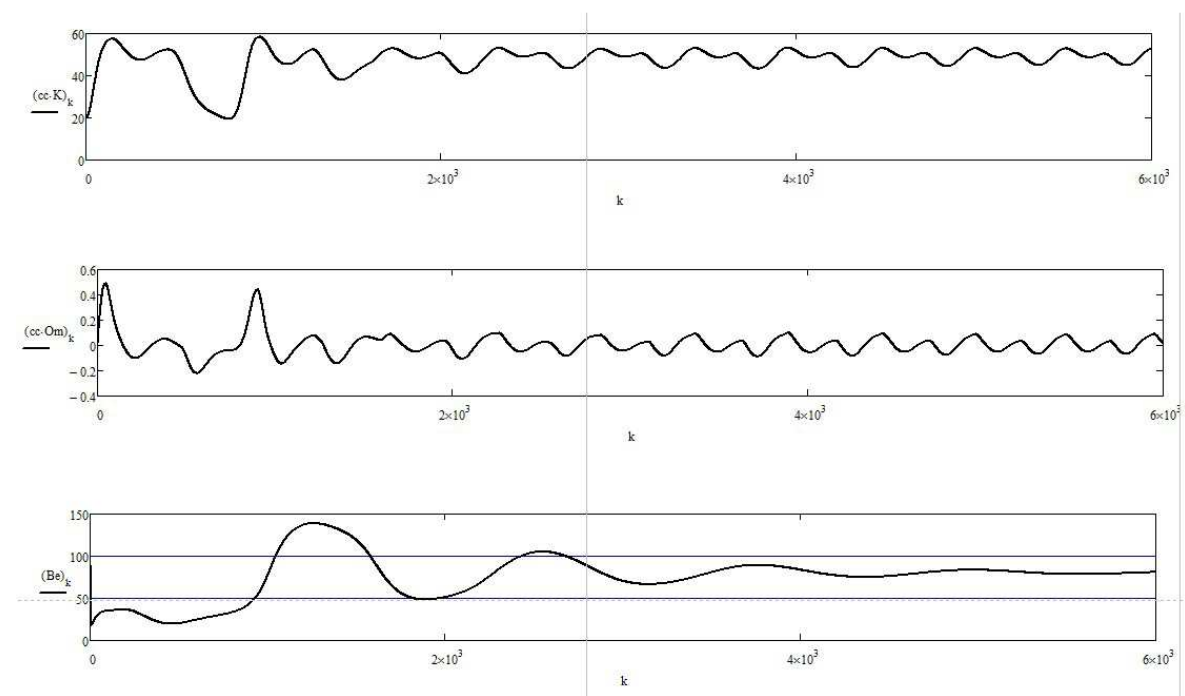


Рисунок 3 – Вариация угловой скорости, град / с, курса, град,
и угла дрейфа, град

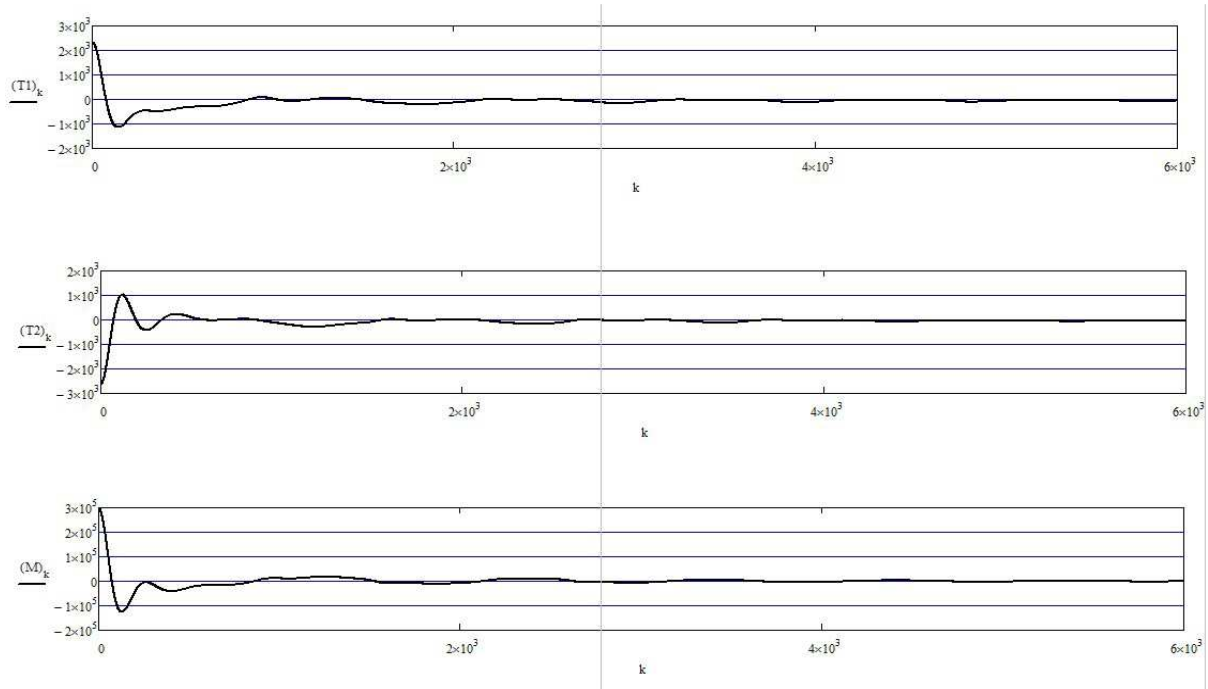


Рисунок 4 – Вариация тяги кормового и носового ПУ, кН, и их результирующего момента, кНм. Линейное движение цели

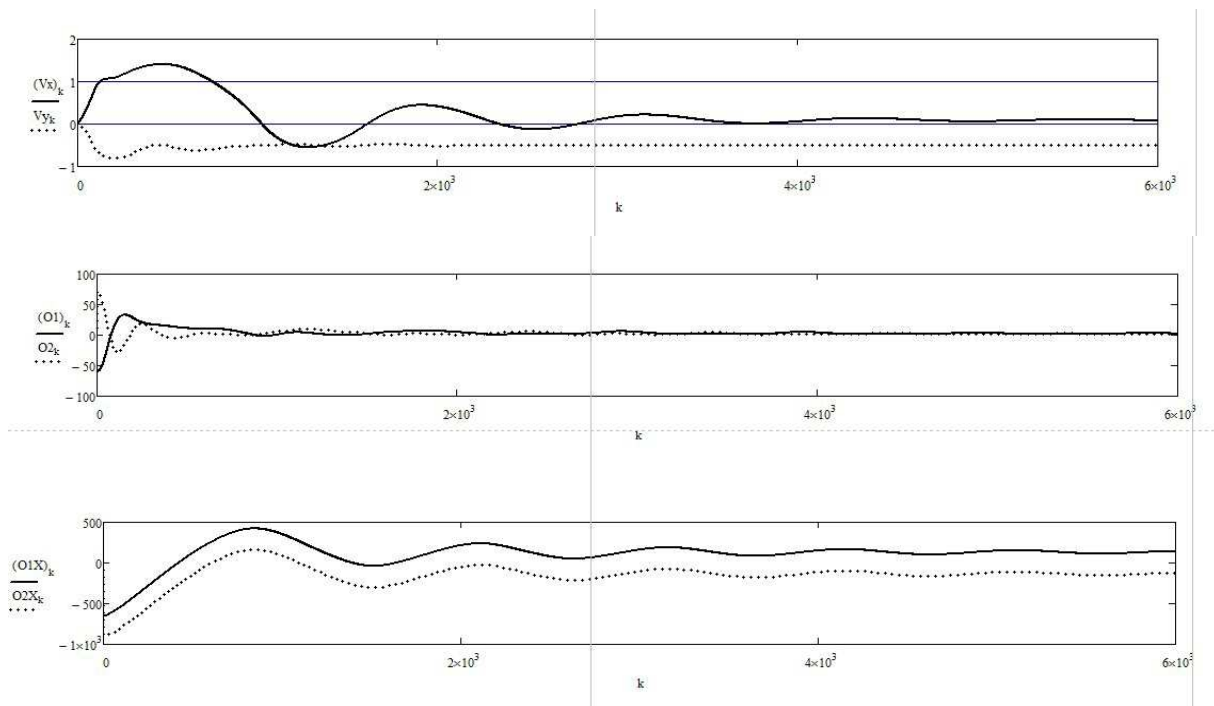


Рисунок 5 – Вариация поперечной и продольной скорости танкера, м / с, отклонение его носовой и кормовой точек, м, от координатных осей перекрестия.

Линейное движение цели

Для всех показателей будут свойственны периодические изменения с постепенным уменьшением амплитуд колебаний. И как результат, будут наблюдаться квазистационарные колебания, вызванные естественным перерегулированием параметров a_1 , a_2 и a_3 , указанных в таблице.

Таблица

a_1	a_2	a_3	Q
-25	2 000	50	0.0118
-25	3 000	50	0.0113
-20	3 000	50	0.0108
-20	2 000	50	0.0122
-15	3 500	50	0.0112
-18	3 300	50	0.0108
-18	3 300	30	0.0110
-18	3 300	70	0.0105

Для того, чтобы оптимизировать процесс управления изменяем в программной среде (рис. 6) значения параметров a_1 , a_2 и a_3 и каждый раз запускаем выполнение маневрирования. После окончания испытаний запросим качество управления Q и зафиксируем его в таблице. Методом простого сравнения подобранных комплексов трех параметров выберем финальный вариант: $a_1 = -18$, $a_2 = 3\,300$, $a_3 = 70$. Данное сочетание параметров покажет минимальное значение качества управления $Q = 0.0105$.

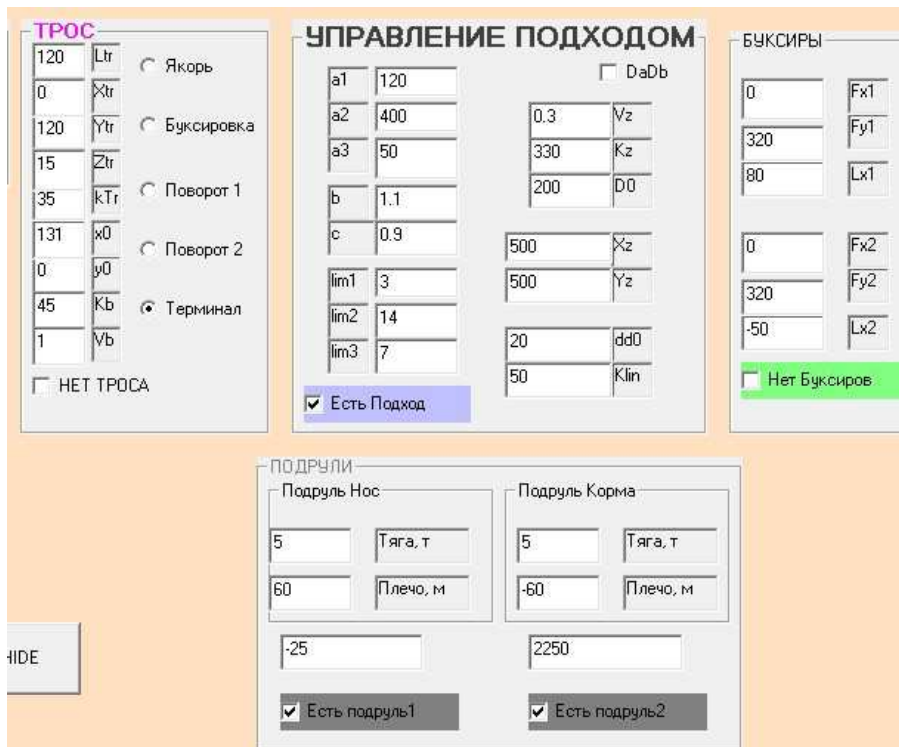


Рисунок 6 – Снимок экрана программной среды для ввода параметров

Траектория движения незначительно изменяется, что, соответственно способствует небольшому изменению качества управления Q (Пашенцев, Юдин, 2012). На рис. 7 отображены траектории, соответствующие трем различным комбинациям параметров управления (обозначения такие же, что и на рис. 1).

Линейно удаляющаяся цель-перекрестие не будет иметь прямого отношения к задаче маневрирования танкера на терминале, но отобразит возможности предложенного способа управления и мощность программной среды моделирования.

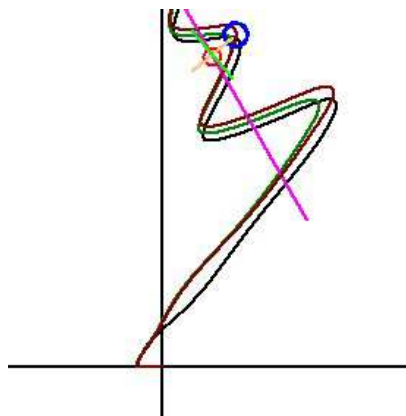


Рисунок 7 – Траектории судна при вариации параметров управления

Заключение. В статье рассмотрено моделирование инновационной стратегии управления судном на примере управления движением судна (в нашем случае танкера) в процессе выполнения сложного маневрирования на морском терминале в море. Проведенные модельные испытания дают полное представление о работоспособности стратегии управления на основе разработанного способа.

Библиографический список

1. Юдин, Ю. И. Моделирование управляемого движения судна по произвольной траектории / Ю. И. Юдин, С. В. Пашенцев // Эксплуатация водного транспорта : ежекварт. сб. науч. ст. / Гос. мор. акад. им. адм. С. О. Макарова. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2012. – Вып. 3 (69). – С. 32–36.
2. Пат. 2501064 Российская Федерация, МПК В 63 Н 25/52 (2006.01). Способ управления траекторией движения судна / Юдин Ю. И., Холичев С. Н., Петров С. О. ; заявитель и патентообладатель Мурман. госуд. техн. ун-т. – № 2012108992/11 ; заявл. 11.03.2012 ; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34. – 9 с.

Методы повышения точностных характеристик систем автоматического управления движением судна по курсу

Прохоренков А. М.¹, Совлуков А. С.^{1,2}, Литун А. В.¹

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: prohorenkovam@mstu.edu.ru)

²(г. Москва, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, e-mail: sovlas@ipu.ru)

Аннотация. В работе выполнен анализ и сформулированы основные задачи, которые решают современные авторулевые. Показано, что применение методов интеллектуального управления позволяет эффективно решать задачи управления движением судна по курсу. Представлены результаты моделирования системы управления движением судна по курсу с нейросетевым контроллером в среде MATLAB, с использованием пакета Simulink.

Abstract. In the work of the analysis and the main tasks which are solved by modern gyropilot. It is shown that application of methods of intelligent control can effectively solve the problem of control of ship motion on the course. Presents the results of a simulation control system of ship motion on the exchange rate with neural network controller in MATLAB environment using Simulink.

Ключевые слова: судно, авторулевой, курс судна, адаптивный, нейронные сети, нейроуправление судном.

Key words: the ship, autopilot, ship's course, adaptive, neural network, nanoprene vessel. the ship, autopilot, ship's course, adaptive, neural network, nanoprene vessel.

С целью повышения точностных характеристик автоматических систем управления движением судна по курсу, в настоящее время нашли применение адаптивные авторулевые, которые обеспечивают оптимальную настройку параметров системы без участия человека – оператора при изменении состояния объекта управления и внешних условий плавания (скорости хода, осадки судна, состояния погоды, глубины под килем). В зависимости от реализуемых принципов адаптации (параметрическая адаптация с настройкой коэффициентов ПИД-регулятора, адаптация с параметрической идентификацией объекта в реальном времени, адаптация с эталонной моделью, прямая компенсация возмущающих воздействий и др.) различают несколько типов адаптивных авторулевых. К ним относятся, например, адаптивные авторулевые типа TS (ПНР), ASAP-II (Швеция) и др. Эти схемы, как правило, не обеспечивают полной оптимизации системы автоматизированного управления (САУ) движением судна по курсу в различных условиях плавания.

Существуют адаптивные авторулевые, использующие априорную информацию о динамике работы САУ движением судна по курсу в различных условиях плавания. К этой группе адаптивных авторулевых можно отнести системы "ASM", "HSA – V", "Simrad Robertson AP9 МКЗ", американских фирм "Сперри" и "Айотрон", "Yokogawa PT500" и другие.

Опыт и анализ эксплуатации вышеописанных адаптивных авторулевых и других, реализующих иные принципы адаптации, подтвердили их более высокую технико-экономическую эффективность по сравнению с неадаптивными авторулевыми. Но, несмотря на полувековую историю развития, большое число публикаций, проблема адаптивного авторулевого, вероятно, до сих пор не имела практического решения на уровне современных требований. Настройка коэффициентов авторулевого или частичное изменение его структуры с помощью корректирующих элементов указанными способами осуществляется только на отдельных режимах его работы и не является в полной мере адекватной фактическим изменениям характеристик судна и внешних воздействий.

С появлением перспективного класса самоорганизующихся адаптивных систем положение изменяется. Самоорганизующиеся авторулевые отличаются от традиционных, которые, как правило, содержат только измерительные устройства и блок управления, наличием также дополнительных блоков оптимального оценивания и идентификации.

Одним из способов управления сложными нелинейными объектами является интеллектуальное управление, частным случаем которого является управление с использованием искусственных нейронных сетей [2–4]. При решении задач нейроуправления вместо классического автоматического регулятора в общем случае будет находиться нейроконтроллер, вырабатывающий сигналы управления на сервоприводы. При этом на вход нейроконтроллера подается вектор X – набор контролируемых параметров управляемого объекта, а на выходе получаем вектор Y – код, определяющий управляющее воздействие, соответствующее текущим значениям контролируемых параметров. При этом также представляется возможность реализовывать концепцию ПИД-регулятора с автоматической подстройкой параметров (самонастраивающегося ПИД-регулятора): в этом случае нейронная сеть выступает в роле "эксперта", анализирует реальные значения выходных параметров X , а также действующих возмущений F , рассчитывает оптимальные значения параметров ПИД - регулятора, с выхода которого получаем требуемое корректирующее воздействие на динамический объект.

В общем случае судно можно представить как объект (рис. 1), на вход которого поступает управляющее воздействие (угол перекаладки руля, задаваемый рулевой машиной) – u , а на выходе получаем значение курса X . При этом, на судно действует вектор возмущающих воздействий $f = (f_1, f_2 \dots f_n)$, таких как ветер, волны, течения и т. д. В самом судне обязательно присутствуют внутренние параметрические возмущения Λ , обусловленные, как уже было отмечено выше, размерами и формой корпуса, загрузкой судна, характеристиками рулевой машины, руля и т. д.

В общем виде характеристика изменения курса судна X является некой сложной функцией многих переменных: $X = F [y_1, y_2, \dots y_n]$, где вектор переменных y включает в себя управляющие воздействия рулевой машины, внешние возмущения и параметрические возмущения и неопределенности внутри самого судна.

Многослойная нейронная сеть выполняет в динамической системе функции адаптивного регулятора. Сеть при этом формирует оптимальный закон управления. Цели обучения сети управления и объектом совпадают, т. е. имеют общую целевую функцию, подлежащую минимизации. Управление, реализованное на основе многомерной нейронной сети, относится к интеллектуальным технологиям управления и обработки информации. Именно эти технологии позволяют решать плохо формализуемые задачи управления сложными динамическими объектами, к которым может быть отнесена задача управления курсом судна, т. е. в задачах, когда "жесткие" априорные модели и алгоритмы не адекватны реальному состоянию управляемого объекта [1, 4].

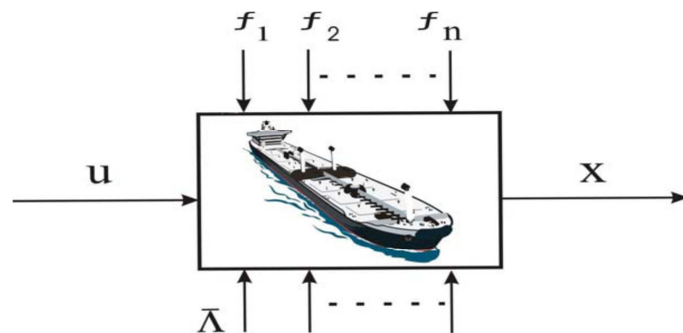


Рисунок 1 – Судно как объект управления

Основной задачей искусственных нейронных сетей (ИНС) является формирование требуемого значения выходного параметра (отклика) на один или несколько входных. Для решения поставленной задачи сеть подстраивается (обучается). После обучения ИНС должна иметь заданную грубость,

т. е. допускать изменение входных и внутренних параметров в заданных пределах. Особо следует отметить, что весьма важно в задачах управления тот факт, что ИНС формирует выходной сигнал не с помощью априори заданного алгоритма, а благодаря своей структуре, т. е. архитектуры расположения базовых процессорных элементов (БПЭ), связей между ними и их весов [3, 4].

Для проверки работоспособности нейросетевого подхода при решении задачи регулирования курса судна была разработана модель системы в среде MATLAB R2009, которая представлена на рис. 2.

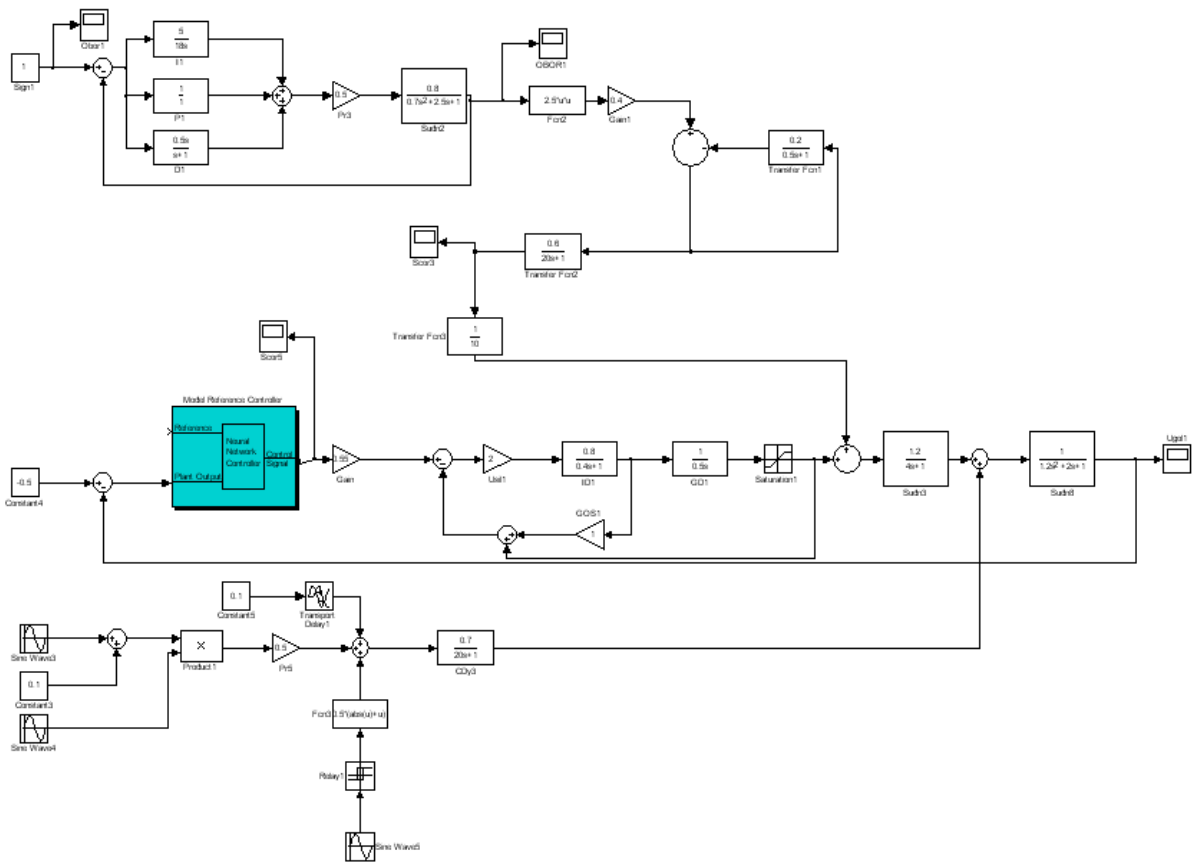


Рисунок 2 – Модель авторулевого на базе нейросетевого контроллера

В процессе моделирования системы управления с нейросетевым контроллером выполнялось автономное обучение многослойных нейронных сетей на основе алгоритма обратного распространения с целью изучения моделей инверсной и прямой динамики объекта управления. Далее нейронные сети настраивались в соответствии с архитектурой, приведенной на рис. 3. Нейроконтроллер обучается на инверсной модели объекта управления, нейроэмулятор – на обычной модели объекта управления. Нейроконтроллер может обучаться непосредственно на основе обратного распространения ошибки через эмулятор [3].

Обучение нейросетевого контроллера

Для моделирования использован регулятор на основе эталонной модели (Model Reference Controller (рис. 3)), включающий в себя две нейронные сети.

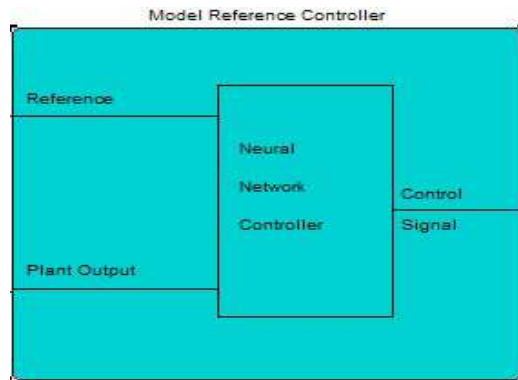


Рисунок 3 – Регулятор на основе эталонной модели (Model Reference Controller)

При управлении на основе эталонной модели регулятор – это нейронная сеть, которая обучена управлять процессом так, чтобы он отслеживал поведение эталонного процесса, при этом модель управляемого процесса активно используется при настройке параметров самого регулятора.

После завершения обучения открывается окно Plant Response for NN Model Reference Control, где отображаются результаты обучения (рис. 4), и сохраняем полученный результат.

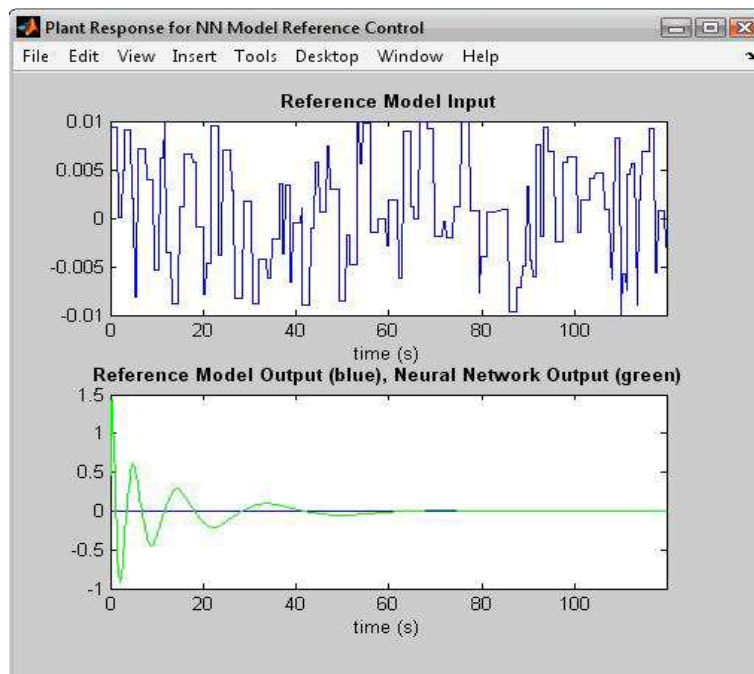


Рисунок 4 – Результаты обучения

После успешного завершения процесса обучения управляющей сети контроллер готов к использованию в составе системы управления. Для этого

на вход контроллера подаем сигнал рассогласования заданного значения угла поворота и текущего так, как показано на рис. 2.

Поведение выходного сигнала (угол перекладки руля) в различных модельных ситуациях (1 – линейный ПИД – регулятор; 2 – нейросетевой контроллер) при движении судна на заданном курсе, изображено на рис. 5.

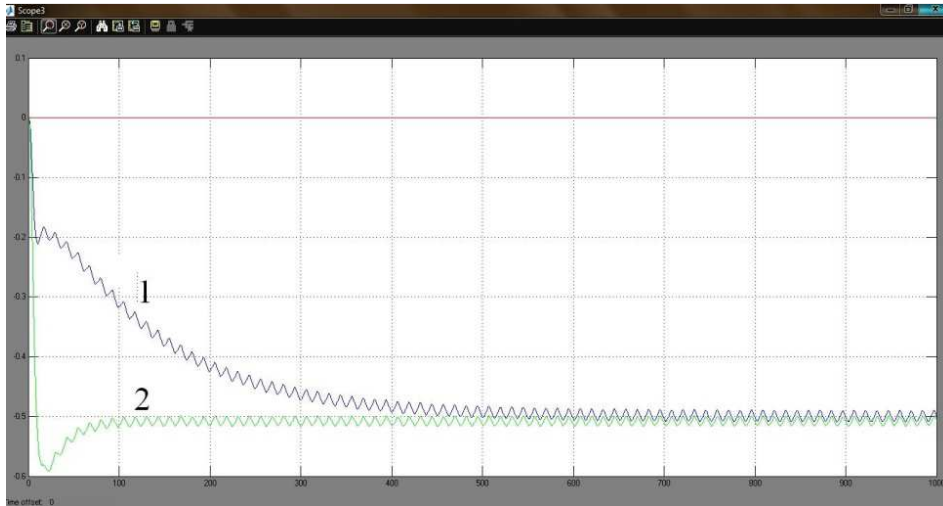


Рисунок 5 – Изменение угла перекладки руля при использовании различных регуляторов: 1 – линейный ПИД – регулятор; 2 – нейросетевой контроллер

Заключение

Полученные результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что адаптивный нейросетевой контроллер создает оптимальный сигнал управления, в силу чего выход на заданный курс судна осуществляется за минимальное время.

Библиографический список

1. Прохоренков А. М., Солодов В. С., Татьянченко Ю. Г. Судовая автоматика. – М. : Колос, 1992. – 448 с.
2. Терехов, В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления. – М. : Высш. шк. 2002. – 183 с.
3. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. И. Д. Егупова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2002. – 744 с.
4. Антонов, В. Н., Терехов В. А., Тюкин И. Ю. Адаптивное управление в технических системах : учеб. Пособие. – СПб. : Изд-во С. Петерб. Университета. 2001. – 244 с.

Особенности реализации функциональной диагностики нарушений административного регламента в области охраны биологических ресурсов

Рудкин Ф. В., Сарлаев В. Я., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

Аннотация. Рассматривается процесс реализации функциональной диагностики нарушений административного регламента в области охраны биологических ресурсов. Предложены условия при которых осуществляется функциональный контроль за исполнением промысловыми судами требований административного регламента. Даны рекомендации по повышению надежности функциональной диагностики нарушений административного регламента в области охраны биологических ресурсов.

Abstract. The process of implementation of the functional diagnosis of the administrative rules for the protection of biological resources. The conditions under which the functional control over the implementation of fishing vessels with the requirements of administrative regulations. Recommendations to improve the reliability of functional diagnosis of administrative rules for the protection of biological resources

Ключевые слова: административный регламент, функциональная диагностика, охрана биологических ресурсов.

Key words: administrative regulations, functional diagnostics, protection of biological resources.

Решить проблему по улучшению контрольных мероприятий, предусмотренных в тексте регламента по охране морских биологических ресурсов в смысле снижения уровня текущих рисков в принятии решений, принимаемых при осуществлении функционального контроля, можно, если организовать процесс идентификации и классификации нарушений регламента при "правильно" выбранном режиме для контрольных процессов. В свою очередь "правильный" режим реализации процессов контроля, осуществляемый досмотровой группой пограничного корабля, должен быть неразрывно связан с процессом решения функциональных диагностических задач.

Функциональные диагностические задачи требуют, чтобы на контролируемые структуры (пограничные корабли), предусмотренные регламентом, поступали инвариантные контрольные распоряжения в течение всего времени осуществления функционального контроля. К особенностям решения таких диагностических задач, кроме инвариантности распоряжений, следует отнести – непрерывность и связанную с этим оперативность полу-

чения информации об эффективности контрольных мероприятий и путях улучшения эффективности этих мероприятий (административных процедур). Такое диагностирование нарушений положений регламента с последующей самооценкой эффективности особенно важно для динамических структур, обеспечивающих реализацию требований регламента, например, при исполнении функции контроля в течении достаточно длительного времени и отрыве от береговой базы.

Целью функционального диагностирования нарушений регламента является определение несоответствий в организации и практической реализации ведения промысла с указанием при необходимости места, вида и причины нарушений регламента. Если далее разделить способы функционального диагностирования по объему информации о нарушениях регламента, которую необходимо получить, то можно выделить задачу по обнаружению факта нарушений условий промысла. Решение такой задачи сводится к выбору одного из двух суждений: "судно ведет промысел правильно", "судно ведет промысел неправильно". При этом необходимо сформулировать описание, с заданной степенью точности, места нарушения и определить конкретный вид этого нарушения (идентификация вида нарушения). Далее под идентификацией нарушений регламента на промысловом судне будем понимать определение как качественных, так и количественных их характеристик (параметров нарушений). Причем конечной целью функциональной диагностики при таких нарушениях правил ведения промысла должна быть коррекция промысловой деятельности – устранение нарушений регламента полностью или в худшем случае – уменьшение частоты их следования, или снижение их последствий. Коррекция нарушений регламента идентифицированных и классифицированных на промысловом судне досмотровой группой может осуществляться путем их парирования за счет использования технической или информационной избыточности.

Общий подход к функциональной диагностике нарушений регламента на промысловом судне, осуществляемой на основе алгебраических инвариантов можно показать на примере использования алгебраического уравнения вида:

$$\Delta = F(Y, Z) = 0, \quad (1)$$

которое инвариантно по отношению к вектору контрольных мероприятий Y проводимых досмотровой группой. Если в результате контроля нарушений

регламента вектор исходных данных Y в выражении (1) исказится, то это должно привести к идентификации и классификации наблюдаемого нарушения и принятию досмотровой группой определенного решения из множества Z . Однако из-за наличия субъективизма при оценках нарушений контрольное условие (1) будет выполняться лишь приближенно. Поэтому функциональное диагностирование состояния промышленного судна на несоответствие требованиям регламента должно осуществляться в рамках неравенства [2]:

$$|\Delta| < \varepsilon,$$

где ε – допуск при реализации отношения (1).

Повысить эффективность функционального диагностирования состояния промышленного судна в пространстве сообщений при использовании алгебраических инвариантов можно за счет привлечения дублирования или резервирования в работе досмотровой группы. При использовании для функциональной диагностики дублирования в досмотровую группу может быть введен, например, дополнительный "человеческий элемент" (эксперт), который руководствуется при принятии решений той же информацией, что и вся группа в целом. Тогда оценка качества диагностирования состояния промышленного судна может быть выполнена путем сравнения решений досмотровой группы и дублирующего ее эксперта в соответствии с контрольным условием вида:

$$\Delta = Y - Z = 0. \quad (2)$$

Главный недостаток подобного диагностирования состояния промышленного судна – это необходимость в элементной избыточности досмотровой группы.

Для уменьшения элементной избыточности при диагностике состояния промышленного судна на предмет соответствия требованиям регламента можно использовать не экспертов, а экспертную систему [1]. Размерности моделей функционального контроля и рекомендаций по принятию решений в экспертной системе должны совпадать с размерностью принятых решений досмотровой группой. В последнем варианте можно говорить об идентификации нарушений регламента на промышленных судах по упрощенной или аппроксимирующей модели, которая обеспечивает идентификацию нарушений регламента с возможным минимальным риском.

Выражение (2) показывает, что для каждого набора данных Y может быть задано множество близких (допустимых) выходных решений. Однако бинарное отношение близости, которое формируется в соответствии с условием (2), будет рефлексивным и симметричным, хотя не будет обладать свойством транзитивности, т. е. является толерантным. Отметим, что аналогичный подход, опирающийся на толерантность, может быть применен и для дискретных динамических программных продуктов экспертных систем, когда сопоставление решений принимаемых досмотровой группой и экспертной системой производится по некоторому критерию θ – близости, где θ – величина близости, которая обладает произвольной толерантностью на множестве допустимых человеческих решений проверяемых экспертной системой.

Безусловный интерес представляет определение минимального числа контрольных уравнений, требуемых для поиска нарушений требований регламента в экспертной системе. При функциональном диагностировании промышленного оборудования нижняя граница числа контрольных уравнений, необходимых для определения места и величины g -кратных нарушений регламента может быть определено из неравенства

$$n \geq r + 1.$$

Приведем геометрическую интерпретацию этого метода для случая однократного нарушения регламента. Пусть имеются два линейных контрольных уравнения

$$\Delta = m_{i1} x_1 + \dots + m_{ij} x_j = 0, \quad i = 1, 2$$

В этом случае пространство рассогласований будет представлять собой двумерную плоскость с координатными осями Δ_1 и Δ_2 . При появлении однократного нарушения регламента Δx_i произвольной величины рассогласования Δ_1 и Δ_2 примут значения $\Delta_1 = m_{i1} x_1$; $\Delta_2 = m_{i2} x_2$ и точка (Δ_1, Δ_2) будет сдвигаться из начала координат вдоль прямой:

$$m_{i1} x_1 + \dots + m_{ij} x_j = 0.$$

Определение номера искаженной переменной, таким образом, сводится к определению того, на какой из j прямых линий будет находиться в данный момент точка (Δ_1, Δ_2) , при этом величину технического несоответствия можно найти из соотношения

$$\Delta_1 = m_{i1} x_j = 0.$$

Таким образом, повышение надежности любого технического элемента из состава промыслового вооружения судна при постоянном уровне надежности его компонентов лежит метод использования структурной избыточности. Наиболее известным приемом является параллельное включение нескольких однотипных элементов с последующей обработкой их выходных сигналов по мажоритарному принципу. При устроении уже могут быть парированными любые технические нарушения регламента одного из элементов промыслового вооружения, а так же могут быть обнаружены нарушения достаточно большей кратности.

Библиографический список

1. Рудкин, Ф. В. Качество классификации промысловых угроз судовым специалистом при использовании информационных или экспертных систем / Рудкин Ф. В., Шутов В. В., Меньшиков В. И. // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 85–87.
2. Эксплуатация добывающего судна в навигационно-промысловых структурах / А. Н. Анисимов, В. И. Меньшиков, В. Я. Сарлаев; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. – 175 с.

Плановое и текущее разрешение опасных ситуаций в судовождении

Тагиев Т. Г., Еремин М. М., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

Аннотация. Предложен вариант минимизации квадратической метрики между любой исполнительной прокладкой, заданной своей временной характеристикой использовать и любой предварительной прокладкой за счет изменения некоторого векторного параметра. Сформулировано условие, при котором возможно разрешение текущей не запланированной опасной ситуации с минимальной вероятностью больших затрат (потерь).

Abstract. A variant of the quadratic minimization metrics between any route monitoring, given their time characteristic use any pre-seal due to the change of a vector parameter. The conditions under which the possible resolution of the current dangerous situation not planned with a minimum probability of costly (loss).

Ключевые слова: предварительная прокладка, исполнительная прокладка, опасная ситуация, минимальные затраты.

Key words: Pre-laying, laying of the executive, a dangerous situation, the minimum cost.

Пусть при планировании навигационного маршрута выделена опасная навигационная ситуация $a \in A$, которая определяется n -мерным вектором x с параметрами x_1, \dots, x_n , принадлежащими ограниченной области X . Плановая навигационная ситуация из предварительной прокладки содержит вектор s варьируемых параметров s_1, \dots, s_n из параметрического множества $B \subset A$. Так как все неварьируемые параметры предварительной прокладки однозначно связаны с вектором s , то множество точек $S \subset X$, соответствующих множеству всех исполнительных прокладок $B \subset A$, есть некоторая линия в X . Тогда для любой исполнительной прокладки $a \in A$, заданной своей временной характеристикой $\Phi(x, t)$, можно найти такую процедуру определения предварительной прокладки $b(a)$ с варьируемым векторным параметром s , чтобы квадратическая метрика вида:

$$\Delta = \int_X [F(x) - F(s)]^2 dx$$

была минимальной.

Такую процедуру можно назвать оптимальной аппроксимацией исполнительной прокладки и эта процедура оперирует выбором элементов из множества S , соответствующих элементам из множества всех предварительных

прокладок B , связанных подынтегральной функцией в Δ . По сути, рассматриваемое выражение связано с отображением для получения результата $Y_2(G)$ и может быть определено так

$$H_2 : V \times \Lambda_2 \rightarrow \Delta \rightarrow \min_{v_2^n \in V_2},$$

где последовательность $v_2^1, \dots, v_2^n \in V$ является управлениями из проекта (плана) безопасного перехода судна по маршруту.

Пусть далее при проработке маршрута плавания последовательность $v_2^1, \dots, v_2^n \in V$ выбирается, так что учитываются только опасные факторы, определяемые в соответствии с механизмом выбора, использующего систему отношений порядка и алгоритм ФОБ. Тогда величина квадратической метрики, характеризующей оптимальную аппроксимацию, будет стремиться к нулю. Следовательно, проработка маршрута перехода судна и представление этого плана в виде последовательности управлений $v_2^1, \dots, v_2^n \in V$, выбранных только на основе опасных навигационных факторов, определенных с помощью механизма выбора с системой отношений порядка и алгоритма ФОБ, позволяет минимизировать количество ситуаций, в которых будет возникать необходимость их разрешения.

Однако минимизация количества будущих проблемных ситуаций не гарантирует того, что при реализации проекта перехода не будут возникать текущие проблемные ситуации. Разрешение текущих проблемных ситуаций должно осуществляться при выборе и принятии однократных решений, когда такой выбор приходится осуществлять исключительно среди альтернатив с потерями. Поэтому при разработке алгоритмов разрешения текущих проблемных навигационных ситуаций целесообразно использовать такие критерии выбора, которые обеспечивали бы, насколько это возможно, уменьшение вероятности возникновения больших затрат (экономических потерь) [1].

В рамках данного подхода ниже дается решение задачи для случая, когда ЛПР при появлении не запланированного опасного фактора должен выбирать среди управлений $v_2^m \in V$ такое конкретное управление, которая определена на множестве альтернатив вида:

$$A = (l_{i1}p_{i1}; \dots; l_{ij}p_{ij}; \dots), i = 1, 2, \dots, n,$$

где l_{ij} – величина потерь, возникающих при j -м исходе в управлении, p_{ij} – вероятность j -го исхода альтернативы A_i .

Наиболее полную информацию относительно вероятностей возникновения больших потерь может содержать функция, записанная следующим образом:

$$p_i(l) = P(\xi_i \geq l),$$

где ξ_i – вероятностная переменная, выражающая величину потерь в случае реализации альтернативы $A_i \in A$, l – определенное значение величины затрат.

Уменьшение, насколько это возможно, вероятности возникновения больших потерь можно осуществить в том случае, если ЛПР выбирает такую альтернативу $A_i \in A$, при которой было бы истинно следующее высказывание:

$$\forall l \in L \quad p(l) = \min_i p_i(l),$$

где L – область интересующих ЛПР значений l .

Таким образом, при реализации навигационного плана перехода $v_2^n \in V$ с наличием не запланированных производственных или навигационных опасностей, судоводитель с близким к единице показателем q , владея ситуацией, способен "правильно" выбрать управления (альтернативы с минимальной вероятностью больших затрат) $v_2^m \in V$ для получения одного из альтернативных результатов $Y_1(G)$ или $Y_2(G)$. "Правильно" выбранные управления $v_2^m \in V$ позволят судовым специалистам разрешать возникающие проблемные производственные ситуации с результатом $Y_1(G)$ или проблемные навигационные ситуации с результатом $Y_2(G)$, в произвольно выбранные эксплуатационные моменты времени.

Библиографический список

1. Лохов, С. С. Критерий выбора оптимальной альтернативы по переводу судна из критического состояния в эксплуатационное состояние / Лохов С. С., Поздняков С. И., Меньшиков В. И. // Вестн. МГТУ : Труды Мурман. Гос. техн. Ун-та. – 2011. – Т. 14. – № 4.

Моделирование инновационного способа управления судном при швартовке к борту судна партнера

Холичев С. Н., Юдин Ю. И., Петров С. О. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: petrovso@mstu.edu.ru; yudinyui@mstu.edu.ru; holichevsn@mstu.edu.ru)

Аннотация. В данной статье представлен инновационный способ швартовки судов на ходу в открытом море. На основе предложенного авторами запатентованного способа швартовки судов в открытом море, проведено компьютерное моделирование первого этапа швартовки, доказавшие возможность использования данного способа в практическом судовождении.

Abstract. This article presents an innovative way of mooring on the move in the open sea. On the basis of the proposed authors patented method of mooring vessels on the high seas, carried out computer simulations of the first stage of mooring, which proved the possibility of using this method in practical seamanship.

Ключевые слова: швартовка в море, автоматизация процесса швартовки, моделирование швартовки.

Key words: mooring at sea, mooring process automation, modeling mooring.

Введение. Швартовка судов в открытом море распространенный вид судовых ключевых операций, сопровождающийся большим риском столкновения судов. Оптимизация процесса этих судовых ключевых операций никогда не потеряет своей актуальности. В представленной статье авторами предложен современный способ швартовки судов в открытом море. В первой части работы представлен запатентованный способ швартовки судов в открытом море на ходу. Во второй части работы представлены результаты моделирования, доказывающего возможность применения способа, представленного в первой части работы.

Способ швартовки. Запатентованный авторами "Способ управления швартуемым судном при выполнении им швартовочной операции к борту судна партнёра" (патент №2475410), когда в пределах контуров швартуемых судов, в диаметральных плоскостях выбирают по две точки, одна находится в носу – точка A (швартуемое судно), A_n (судно партнёр), другая находится в корме B (швартуемое судно), B_n (судно партнёр) (рис. 1) относительно плоскости мидель-шпангоута.

В неподвижной системе координат с высокой точностью ($\pm 1,0$ м) непрерывно определяют координаты точек A , B , A_n , B_n . Зная координаты первой заданной точки и координаты центра тяжести швартуемого судна, определяют траекторию сближения, проходящую через первую точку $P_1(X_{0P1}, Y_{0P1})$ и центр тяжести швартуемого судна $G(X_{0G}, Y_{0G})$. Далее определяются поперечные смещения точек A и B от траектории сближения.

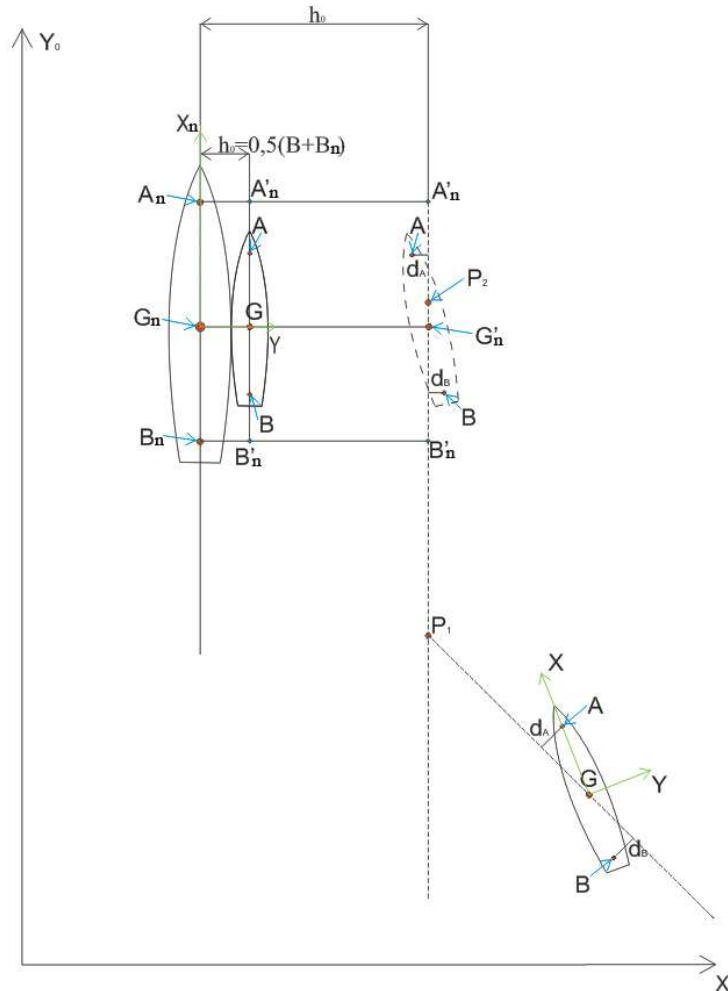


Рисунок 1 – Схема способа швартовки судов в открытом море

Перманентно определяемые координаты точек A и B , A_n и B_n , позволяют вычислять актуальные координаты центра тяжести швартуемого судна G , а в месте с ним и значение длины тормозного пути S_T , и первой заданной точки P_1 . Вместе с ним определяются и поперечные смещения d_A и d_B точек A и B швартуемого судна от актуального положения траектории сближения (Юдин, Пашенцев, 2012).

Рассчитанные поперечные смещения позволяют выработать сигнал для отклонение руля швартуемого судна, согласно следующему закону:

$$\alpha = -k_A \times d_A + k_B \times d_B, \quad (1)$$

где k_A, k_B – коэффициенты усиления поперечных смещений носовой и кормовой точек швартуемого судна от актуального положения траектории сближения.

В конечном счете, швартуемое судно движется в направлении точки P_1 вдоль линии GP_1 .

Возникающие поперечные смещения позволяют выработать сигнал на отклонение руля швартуемого судна. В итоге, швартуемое судно движется по линии $A'_n B'_n$ в заданную точку P_2 .

Моментом окончания сближения швартуемых судов считается момент прихода швартуемого судна во вторую точку – P_2 .

Модельный эксперимент. При осуществлении первого этапа швартовой операции, мы должны достигнуть точки, удаленной на заданное расстояние от линии прицеливания. Координаты этой точки легко определить по заданной дистанции D и уравнению прицельной линии:

$$\begin{aligned} x &= x_z + dd0 \times \cos(K_z) + D \times \sin(K_z) \\ y &= x_z + dd0 \times \sin(K_z) - D \times \cos(K_z) \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $dd0$ – параллельное смещение ЛП от цели, а параметры с индексом z относятся к самой цели. Управляющий сигнал соответствует отклонению курса нашего судна от направления на переменную точки с координатами определяемые уравнением (2). Результаты моделирования представлены на рис. 2. На нем показаны три траектории, которые отличаются местоположением прицельной точки и первоначальными курсами судна. Начальная скорость судна одинакова для всех траекторий и равна 3 м/с, ветер и волнение отсутствует, время слежения 50 минут.

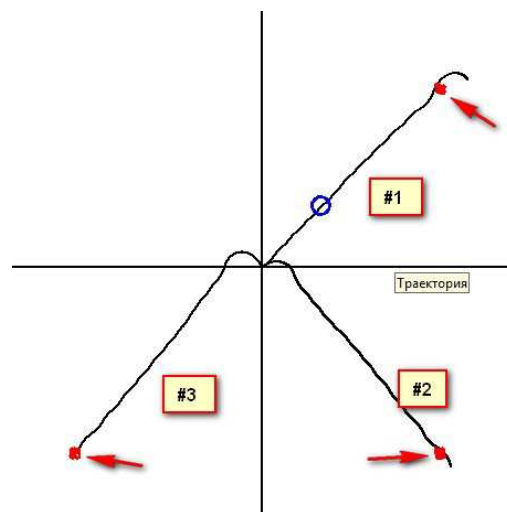


Рисунок 2 – Траектории приближения судна к цели при управлении отклонением курса от заданного направления – траектории № 1, № 2, № 3

Полученные данные приведены в табл. 1. Стрелки указывают "облака" целевых точек, полученные вариацией положения заданных точек в районе образованном окружностью с радиусом 250 м. Таким образом достигается управление по направлению на нефиксированную точку.

Таблица 1

№ траектории	$K_0, ^\circ$	$V_0, \text{м/с}$	$X_{ц}, \text{м}$	$Y_{ц}, \text{м}$	$T, \text{секунд}$
1	55	3	5000	5000	3000
2	65	3	5000	-5000	3000
3	320	3	-5000	-5000	3000

Управление осуществляется в соответствии с заданной стратегией:

– сигнал управления

$$\text{sign} = -b \times \Delta K - c \times d(\Delta K)/dt,$$

– скорость изменения кладки рулевого органа определена как функция управляющего сигнала

$$v_\alpha = 0 \quad \text{sign} \leq \text{lim1}$$

$$v_\alpha = v_{\alpha \max} \frac{\text{sign} - \text{lim1}}{\text{lim2} - \text{lim1}} \quad \text{lim1} < \text{sign} < \text{lim2}$$

$$v_\alpha = v_{\alpha \max} \quad \text{sign} \geq \text{lim2}$$

Параметры этой стратегии управления выбраны подбором, оптимизацией управления с помощью принятых критериев:

$$b = 160, c = 400, \text{lim1} = 3, \text{lim2} = 14.$$

Они найдены методом градиентного спуска (Юдин, Пашенцев, 2013).

На рис. 3–5 в графической форме представлены основные параметры, описывающие движение судна по траектории № 1. Например на рис. 3 продемонстрированы девиации курса судна, угловой скорости поворота, кладки руля и угла дрейфа в градусах (или град/с). На рис. 4 – изменение продольной и поперечной скорости судна, скорости перекладки руля и сама траектория №1. Зачернения на рис. 4 возникли из-за шкалы времени и частым изменением кладки пера руля. Поэтому на рис. 5 приведены скорости кладки пера руля для двух диапазонов времени: от 0 с до 100 с и от 2000 с до 2100 с, т. е. оба диапазона имеют длительность всего 100 с. Это позволяет увидеть характер изменений скорости перекладки руля во время работы применяемой системы управления.

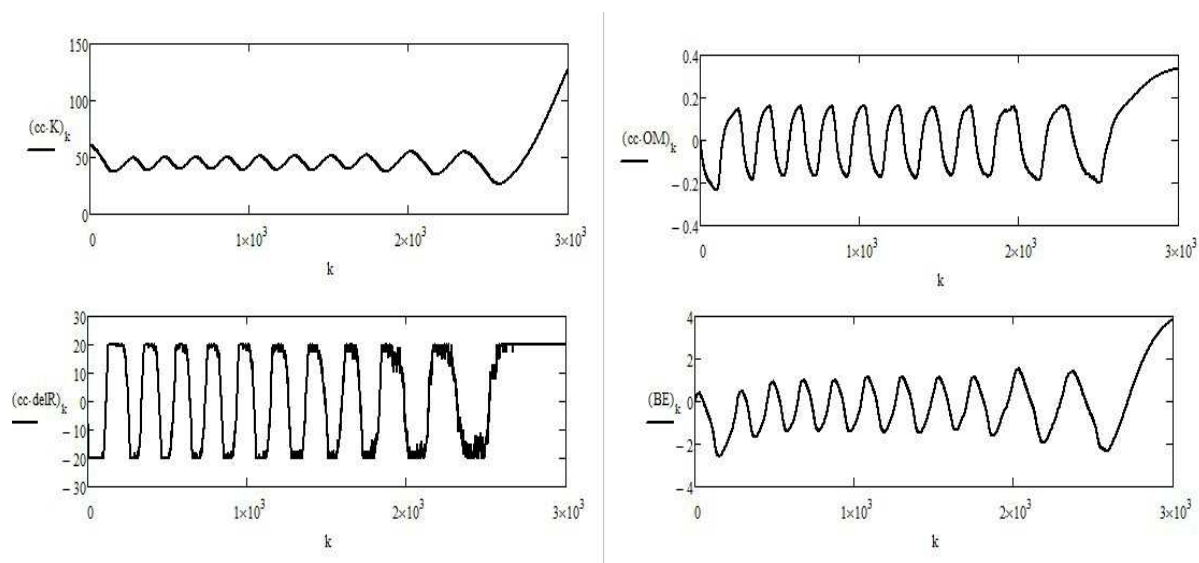


Рисунок 3 – Изменение курса судна, угловой скорости поворота, кладки пера руля и угла дрейфа на траектории № 1 танкера

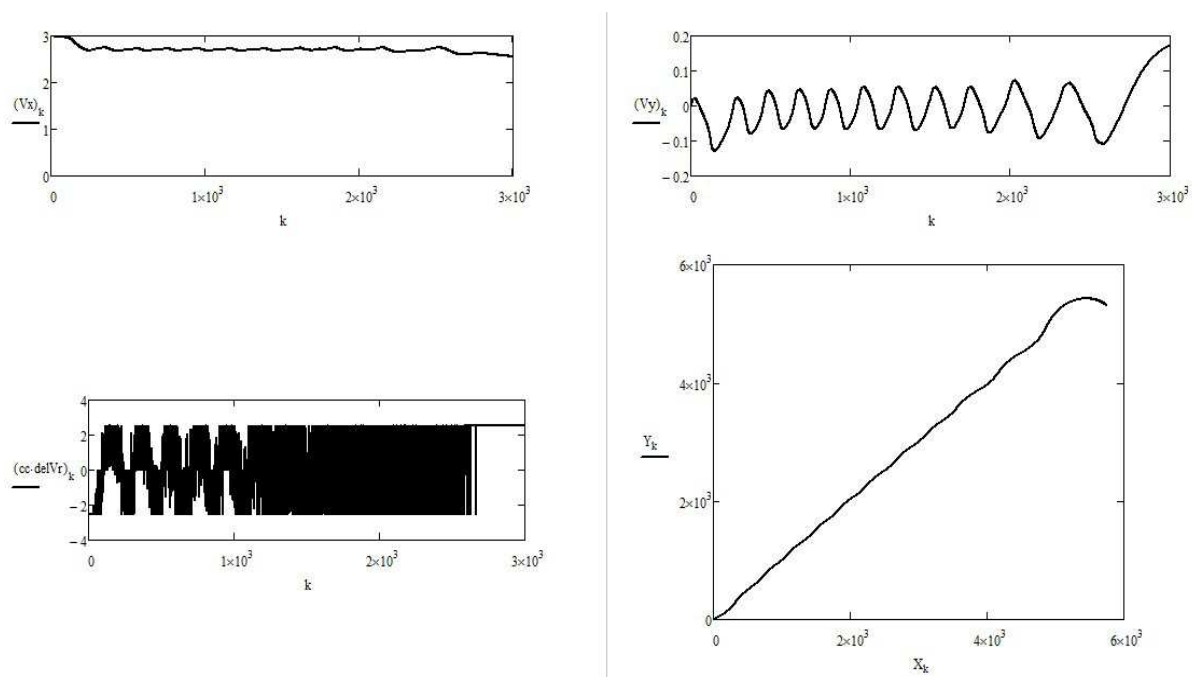


Рисунок 4 – Изменение продольной и поперечной скорости судна, скорости кладки руля на траектория № 1 танкера

Для проверки работы системы в условиях возможных воздействий внешних сил в процесс моделирования на 1000 секунде были внесены точечные пятикратные изменения угловой скорости и угла дрейфа, причем с изменением знака. Система оперативно устранила влияние этих возмущений и продолжила обычное управление примерно через 250 сек.

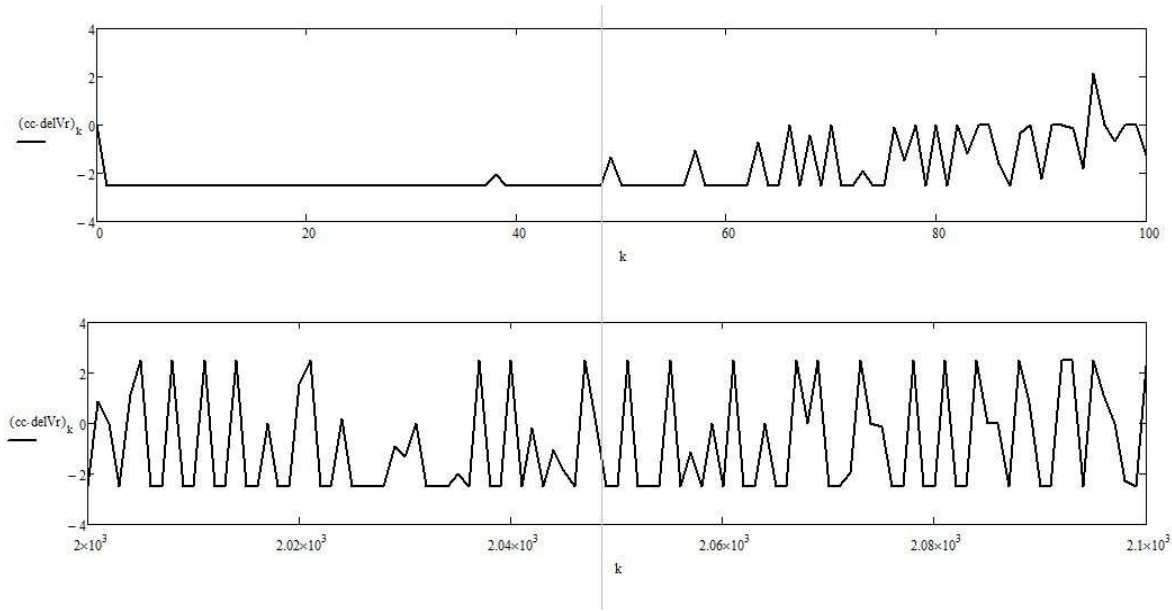


Рисунок 5 – Изменение скорости кладки руля от 0 с до 100 с и от 2000 сек до 2100 сек на траектории № 1 танкера

Заключение. В представленной статье авторы предлагают инновационный способ швартовки судов в открытом море. Проведен модельный эксперимент с целью доказать возможность использования, предложенного в первой части работы, способа швартовки судов в открытом море. На основании представленных данных, можно сделать однозначный вывод, что данный способ управления судами при швартовке в открытом море может быть использован для частичной автоматизации заявленной операции, что соответствует представленным в работе расчетам.

Библиографический список

1. Пат. 2475410 Российская Федерация, МПК В 63 Н 25/00 (2006.01). Способ управления судном при выполнении им швартовочной операции к борту судна партнера / Юдин Ю. И., Холичев С. Н., Петров С. О. ; заявитель и патентообладатель Мурманский гос. техн. ун-т. – № 2011137696/11 ; заявл. 13.09.2011 ; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5. – 7 с. : ил.

2. Пашенцев, С. В. Моделирование процесса управляемого движения судна вдоль линии положения / С. В. Пашенцев, Ю. И. Юдин // Вестник

МГТУ : тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2013. – Т. 16, № 1. – С. 141–147.

3. Юдин, Ю. И. Моделирование управляемого движения судна по произвольной траектории / Ю. И. Юдин, С. В. Пашенцев // Эксплуатация водного транспорта : ежекварт. сб. науч. ст. / Гос. мор. акад. им. адм. С. О. Макарова. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2012. – Вып. 3 (69). – С. 32–36.

4. Юдин, Ю. И. Способ управления судном при выполнении им швартовной операции к борту судна стоящего на якоре / Ю. И. Юдин, С. Н. Холличев, С. О. Петров // Вестник МГТУ : тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2013. – т. 16. – № 1. – С. 187–192.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

Мультиагентная система информационной поддержки управления экологической безопасностью региона

Бокарева А. В., Маслобоев А. В. (*г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, e-mail: bokareva@arcticsu.ru, masloboev@iimm.ru*)

Аннотация. Для повышения оперативности решения задач управления и принятия решений в сфере промышленной экологии разработана мультиагентная система информационной поддержки управления экологической безопасностью. В системе используются автономные программные агенты для сбора и анализа разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона, что сокращает время на выработку и реализацию управленческих решений.

Abstract. For management and decision-making problem-solving efficiency enhancement in the field of industrial ecology a multi-agent system for management information support of environmental safety has been developed. The system use autonomous software agents for diverse data acquisition and analysis on heterogeneous factors impact on regional ecosystem pathology. That provides time reduction for managerial decision generation and realization.

Ключевые слова: мультиагентная система, информационная поддержка, управление, экологическая безопасность, арктический региона.

Key words: multi-agent system, information support, control, environmental safety, Arctic region.

В ходе исследований по проекту Российского фонда фундаментальных исследований № 15-07-04290 "Разработка когнитивных методов и технологий информационного мониторинга жизненного цикла угроз региональной безопасности (на примере Арктической зоны Российской Федерации)" разработан прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экологической безопасностью региона. Система представляет собой тренажерно-моделирующий комплекс и предназначена для информационной поддержки принятия управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности региона.

В системе реализованы средства автоматизированной децентрализованной обработки данных и имитационного моделирования, сокращающие время на сбор, обработку и анализ разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона и повы-

шающие оперативность выработки и реализации управленческих решений. Эффект достигается за счет использования интеллектуальных автономных программных агентов, имеющих гибридную архитектуру [1].

Система имеет распределённую клиент-серверную архитектуру с выделенным веб-сервером и ориентирована на открытые сети агентов.

Отличительной особенностью разработки от аналогичных систем является возможность формирования в автоматизированном режиме комплекса альтернативных природоохранных мероприятий для минимизации наносимого экологического ущерба с учетом затрат промышленных предприятий региона на их проведение, а также с учетом оценки и анализа текущего состояния окружающей среды по ряду нормативных показателей экологической безопасности.

Система рекомендуется к использованию органам государственной исполнительной власти муниципального и регионального уровня, а также научным организациям и промышленным предприятиям, профиль деятельности которых связан с управлением промышленно-экологической безопасностью и экологической экспертизой.

Возможный эффект от внедрения – повышение оперативности решения задач управления экологической безопасностью, что обеспечивается за счет сокращения времени на сбор, обработку и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона и автоматизации рутинных операций по формированию оптимальных планов природоохранных мероприятий в динамически изменяющихся условиях и с учетом имеющихся в наличии материальных ресурсов.

Функциональные и технологические характеристики системы:

- модульная структура и расширяемость;
- одноранговая архитектура;
- агентная реализация;
- возможность работы с показателями атмосферного ресурса
- возможность работы с показателями почвенного ресурса
- возможность работы с показателями водного ресурса
- мониторинг состояния показателей экологической безопасности критически важных объектов региона;
- проблемно-ориентированный поиск в открытых информационных базах статистической отчетности и веб-ресурсов;

- оценка экологических рисков (ущербов) на основе имитационного моделирования;
- автоматизированное формирование перечня рекомендуемых природоохранных мероприятий для определенного промышленного объекта (предприятия) в заданных условиях обстановки;
- формирование отчётности.

Структура и функциональные компоненты системы представлены на рис. 1.

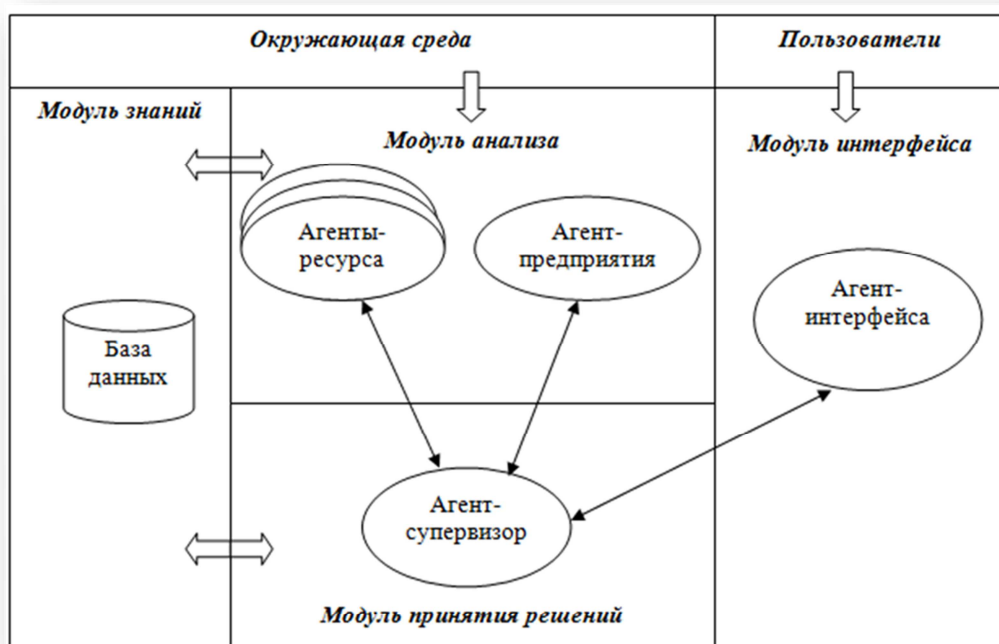


Рисунок 1 – Функциональная структура и компоненты системы

Экранные формы пользовательского интерфейса системы и процесса реализации спецификаций программных агентов приведены на рис. 2. – рис. 5.

Система разработана в соответствии со стандартом разработки много-агентных систем FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [2] в инструментальной среде AgentBuilder [3] с использованием платформы JADE (Java Agent Development Environment) [4], языка программирования Java и инструментария интегрированной среды разработки приложений Eclipse.

Бизнес-логика системы при необходимости может быть расширена за счет совместного использования открытых веб-сервисов в сети Интернет и сервисов агентов [5].

В настоящее время разработанный прототип мультиагентной системы информационной поддержки управления экологической безопасностью

используется для научно-исследовательских целей в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и проходит апробацию в Министерстве природных ресурсов и экологии Мурманской области.

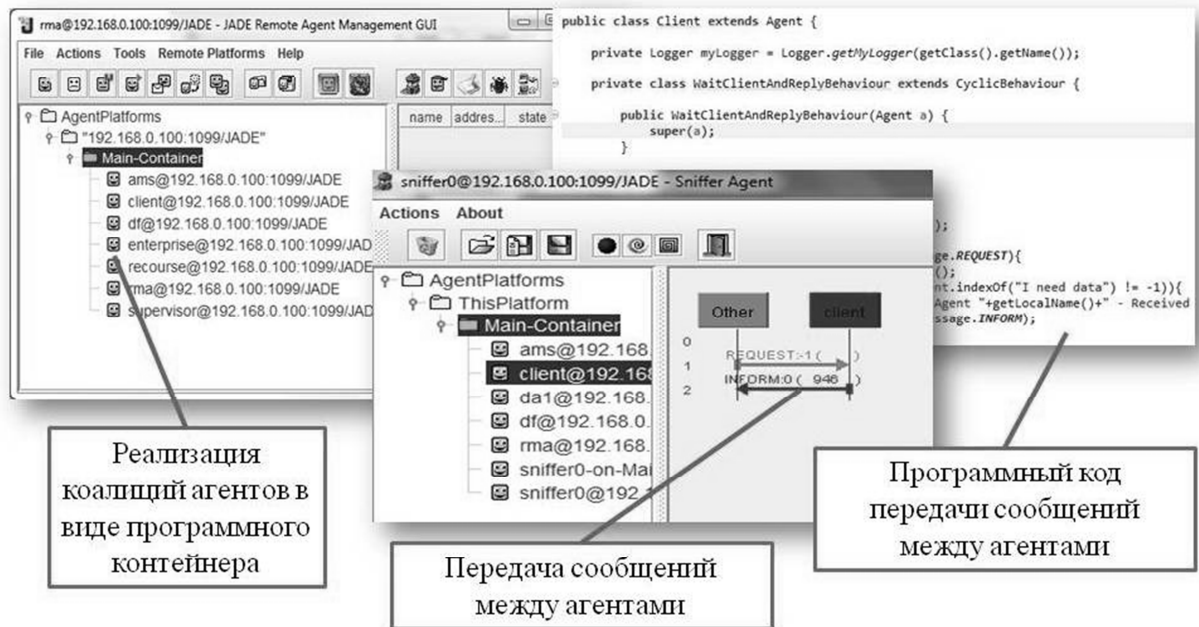


Рисунок 2 – Экранные формы создания и настройки агентов системы

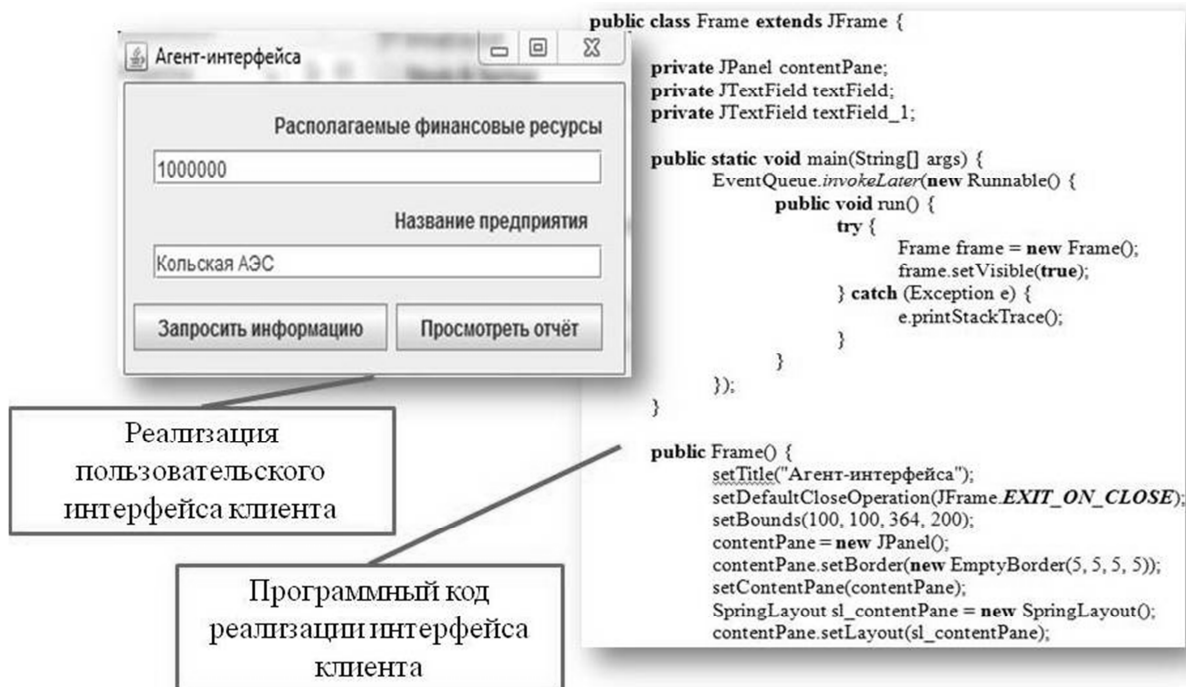
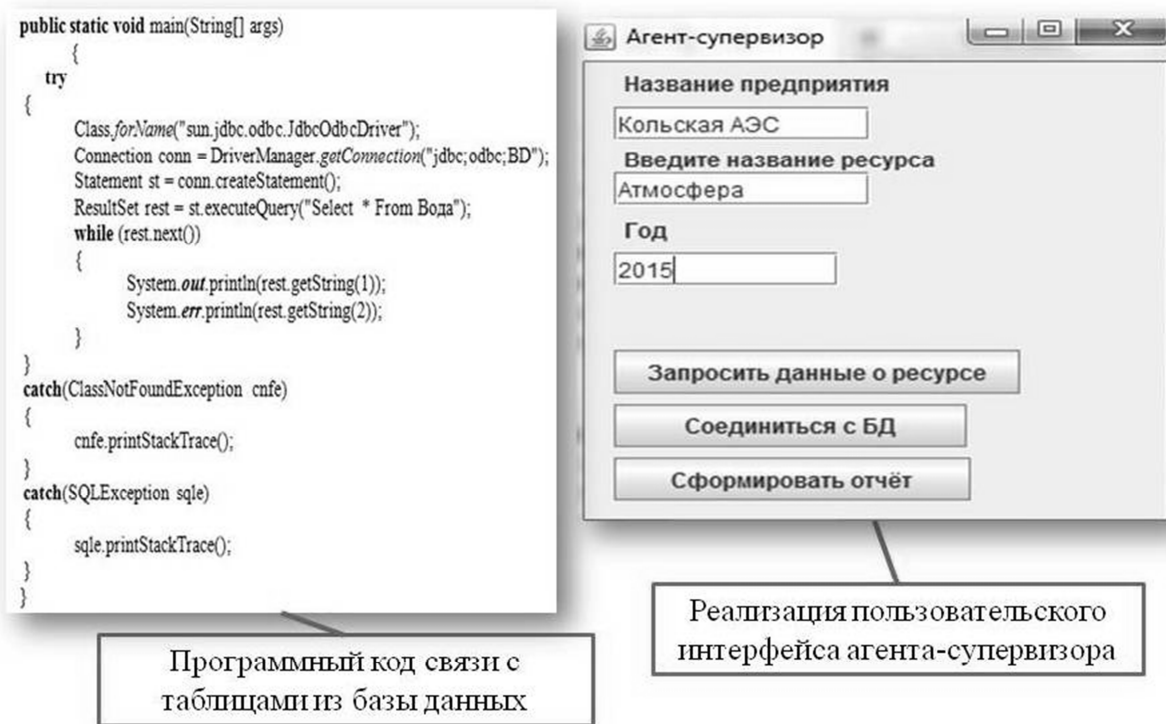


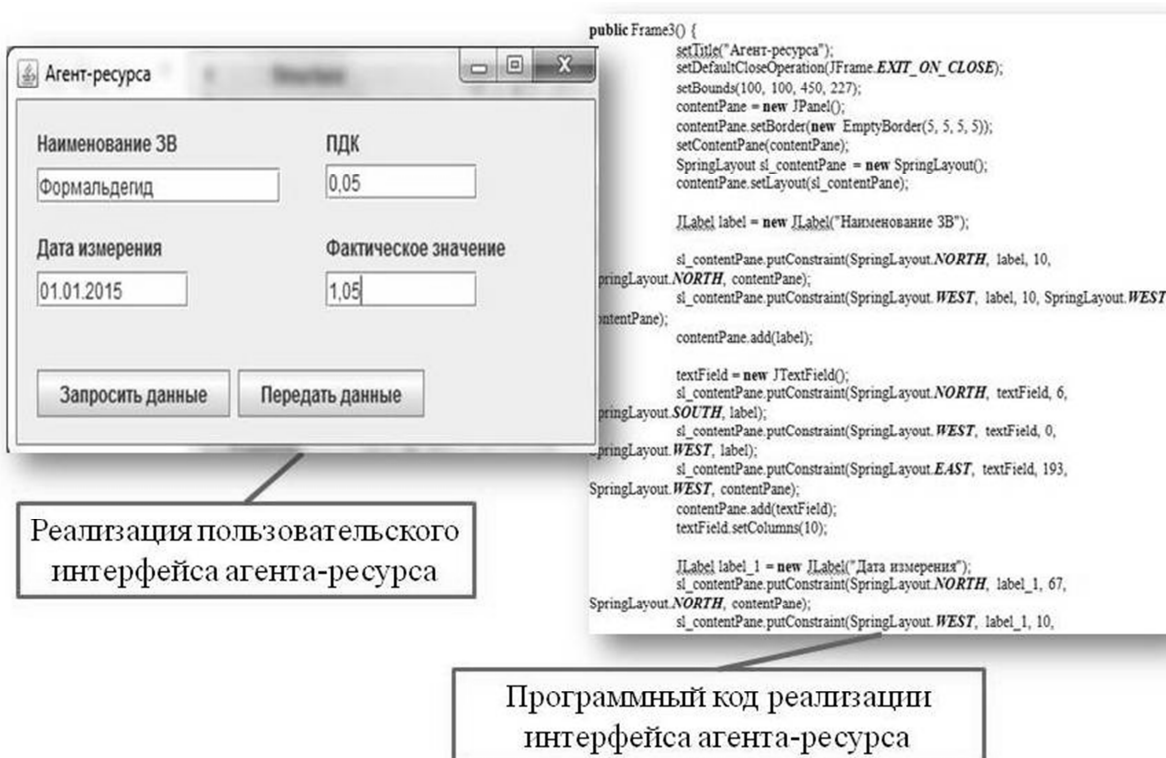
Рисунок 3 – Реализация спецификации программного агента-интерфейса



Программный код связи с таблицами из базы данных

Реализация пользовательского интерфейса агента-супервизора

Рисунок 4 – Реализация спецификации программного агента-супервизора



Реализация пользовательского интерфейса агента-ресурса

Программный код реализации интерфейса агента-ресурса

Рисунок 5 – Реализация спецификации программного агента-ресурса

В частности, система прошла апробацию при решении ряда практических задач, связанных с мониторингом и индикаторным оцениванием показателей экологической безопасности региона с учетом влияния разнородных факторов (на примере Мурманской области). Использование системы обеспечило возможность комплексной оценки экологических рисков (ущербов) антропогенного воздействия промышленных предприятий региона на окружающую среду, а также автоматизацию процессов стратегического и оперативного планирования природоохранных мероприятий.

Разработка зарегистрирована в Объединенном фонде алгоритмов и программ ФГАНУ "ЦИТиС" (гос. рег. № АААА-А16-616022510065-8 от 25.02.2016 г.).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-07-04290-а).

Библиографический список

1. Маслобоев, А. В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 113–125.
2. Wooldridge, M. An Introduction to Multi-Agent Systems. Second Edition. John Wiley & Sons, 2009. – 484 p.
3. AgentBuilder – an integrated software toolkit that allows software developers to quickly develop intelligent software agents and agent-based applications. URL: <http://www.agentbuilder.com>, свободный.
4. Bellifemine F., Caire G., Greenwood D. Developing Multi-Agent Systems with JADE. John Wiley & Sons, 2007. – 300 p.
5. Sallam, A. Integration of Web Services and Agent technologies: Web Services supervision system based on JADE. LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 96 p.

Проектирование иерархической структуры объектов имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation

Гусев П. Ю., Куралесина Е. В. (г. Воронеж, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", кафедра компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, e-mail: gusevpvl@gmail.com)

Аннотация. В статье рассматривается возможность организации объектов имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation в виде иерархической структуры. Описываются особенности объектов при организации подобной структуры, а также даются пояснения по возможным проблемам при наследовании.

Abstract. The article discusses the possibility of organizing the objects in a simulation model Tecnomatix Plant Simulation in a hierarchical structure. The features of the objects in the organization of such a structure, as well as given clarification on possible problems with the inheritance.

Ключевые слова: имитационное моделирование, объекты, иерархия, Tecnomatix.

Key words: simulation, objects, hierarchy, Tecnomatix.

Современное производство представляет собой сложную высокотехнологичную систему с множеством потребностей. Особенности современного производства диктуют необходимость принятия точных и оперативных решений. Такие решения не всегда могут быть приняты на основе традиционных аналитических методов. В этом случае применение имитационного моделирования является универсальным средством решения возникающих производственных проблем.

Множество современных программных средств имитационного моделирования позволяют в кратчайшие сроки создавать и анализировать имитационные модели производственных процессов. При этом точность получаемых решений будет всегда выше аналитических методов при одинаковых исходных данных.

Однако не все средства имитационного моделирования одинаково хороши для создания имитационных моделей производственных процессов. Некоторые из них не учитывают особенности производства или не позволяют провести моделирование определенных участков производства. Поэтому выбор средства имитационного моделирования крайне важен. В статье применяется программное средство имитационного моделирования Tecnomatix

Plant Simulation. Это программное средство позволяет четко структурировать данные в имитационной модели, что является важной особенностью при оперативном принятии решений. В качестве исходных данных имитационной модели выступили технологические процессы производства трех деталей.

Первоочередной задачей при проектировании имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation является разработка структуры модели. Правильно построенная структура позволяет легко управлять имитационной моделью и вносить изменения в кратчайшие сроки. При этом внесение изменений, не будет вызывать необходимость перестройки и переналадки имитационной модели.

Для каждого объекта, который будет использован в имитационной модели, создается свой родительский объект. Этот объект, при необходимости, позволяет изменять свойство одновременно у всех дочерних объектов. Такой подход является актуальным в условиях современных производств. Производственная программа изготовления деталей может меняться в течение планового периода и, в таком случае, имитационная модель будет служить надежным инструментом производственного планирования. Иерархия объектов позволит внести изменения параметров только в родительский объект, а все остальные объекты перестроятся под эти изменения.

Моделирование оборудования решено производить на основе объектов SingleProc. Этот объект позволяет учесть все особенности оборудования, применяемого при обработке деталей. Наличие большого количества настроек также повышает гибкость созданной имитационной модели. Также характерной особенностью объекта, имитирующего оборудование, выступает возможность задания пользовательских атрибутов. Это позволит проводить контроль над перемещением конкретных деталей по имитации производства.

Еще одним очевидным преимуществом применения иерархической схемы построения имитационных моделей в Tecnomatix Plant Simulation является возможность отслеживания состояния порождаемых объектов. Для этого достаточно открыть окно наследования и просмотреть все объекты, которые зависят от базового объекта.

На рисунке 1 представлено окно наследования объектов от родительского объекта. При этом первый уровень вложенности показывает объекты, которые не находятся непосредственно в рабочей области. Это объекты, которые моделируют либо какое-то конкретное оборудование, либо являются родительскими объектами для объединенных типов оборудования.

В рассматриваемой имитационной модели также создан родительский объект для поступления имитаций деталей. Он является объектом Source раздела MaterialFlow программного средства Tecnomatix Plant Simulation. Создание родительского объекта для поступления имитаций деталей в модель необходимо ввиду того, что в рассматриваемой модели имитируется обработка трех различных деталей. При этом каждая из деталей обрабатывается на своей поточной линии.

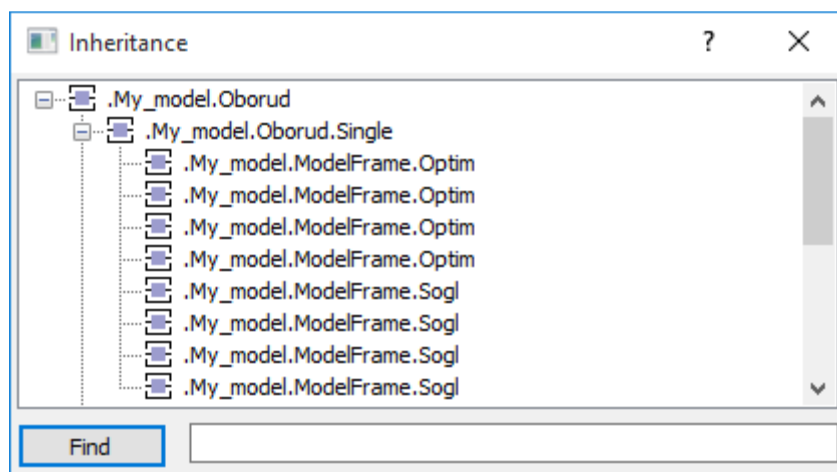


Рисунок 1 – Окно наследуемых объектов

Объект поступления имитаций деталей в модель содержит ряд наследуемых параметров и ряд параметров, переопределяемых потомками. К наследуемым параметрам относятся:

- тип создания имитаций деталей;
- тип выбора имитации детали;
- отказы в поступлении деталей (имитируют проблемы с поступлением заготовок);
- программные методы;
- выходная стратегия.

При этом особенности некоторых из наследуемых параметров позволяют вносить изменения в эти параметры. Так, например, параметр "тип создания имитаций деталей" устанавливается как "создание количества деталей". При этом само количество деталей и время между поступлениями соседних деталей определяют уже наследники родительского объекта. Поэтому в рассматриваемой имитационной модели создано 3 наследника родительского объекта поступления имитаций деталей. Каждый из этих наследников определяет свои не наследуемые параметры:

- объект, имитирующий деталь;

- количество создаваемых имитаций деталей;
- время между созданиями имитаций деталей;
- уточненные параметры отказов.

На рисунке 2 представлено окно наследования объектов от родительского объекта поступления имитаций деталей.

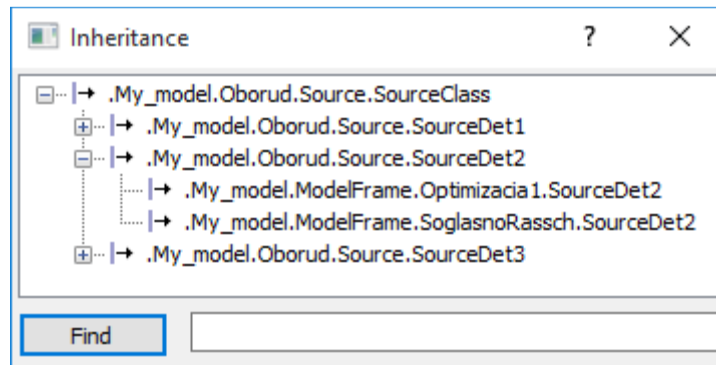


Рисунок 2 – Окно наследования объекта поступления

Следует также отметить, что окно наследования объектов показывает объекты во всех частях имитационной модели. Как видно из рисунка 2 SourceDet2 присутствует как в части программы под названием "Optimizacia1", а также в части программы под названием "SoglasnoRassch". При этом обращаясь к конкретному объекту в какой-либо части имитационной модели можно получить информацию о его родительском объекте любого уровня. Это особенно важно при программном выборе времени поступления имитации детали или обработки детали.

Одним из важнейших объектов программного средства Tecnomatix Plant Simulation при разработке имитационных моделей является таблица. С помощью таблицы возможно:

- автоматически задавать время обработки деталей;
- управлять планом запуска имитаций деталей в модель;
- сводить информацию, получаемую в ходе моделирования, в удобный вид.

Создание родительских объектов для таблиц имеет свои особенности. При этом также необходимо учитывать, что таблицы используемые для определённых операций автоматически форматируются программным средством. Одной из таких операций, например, является создание таблицы поступления имитаций деталей в модель. При этом, если пользователь внесет какие-либо изменения в формат, имитационное моделирование не запустится.

Однако одной из самых распространенных задач, решаемых с использованием таблиц в Plant Simulation, является задание времени процесса имитации оборудования или внесение технологического процесса в модель. При этом пользователь сам формирует структуру таблицы и определяет тип переменных, записанных в строки и столбцы.

Наиболее сложным этапом формирования структуры таблицы технологического процесса для имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation является выбор способа поиска операции. При этом операции можно размещать как по столбцам, так и по строкам. Конечный выбор способа размещения операций остается за разработчиком модели и основывается на личных предпочтениях и опыте.

В объектах, реализующих представление таблиц в Tecnomatix Plant Simulation, существует 3 типа наследования:

- наследование формата;
- наследование контекста;
- наследование комментариев.

В созданной имитационной модели таблицы применяются для хранения технологических маршрутов и операционного времени. Поэтому таблицы наследуют от родительского объекта формат и комментарии, а контекста заполняется непосредственно в таблицах-потомках.

Необходимость применения наследования таблиц возникла при отладке имитационной модели. Потребовалось помимо указания операционного времени обработки на оборудовании указывать количество оборудования. Применение наследования объектов позволило одновременно добавить новый столбец в родительский объект, а в наследуемых объектах только заполнить соответствующие ячейки.

Еще одна проблема имитационной модели возникла при установке времени обработки деталей. Ввиду сложности материальных потоков перемещений деталей в рассматриваемой модели возникла необходимость написания программного метода выбора времени обработки для каждой детали. Для подключения этого метода к событиям модели достаточно добавить его в родительский объект. При этом все наследуемые объекты автоматически примут метод в качестве наследуемого параметра. Однако необходимо учитывать, что метод должен быть универсальным и должен иметь возможность применяться к любой имитации детали на любом оборудовании.

На рисунке 3 изображено добавление программного метода в родительский объект.

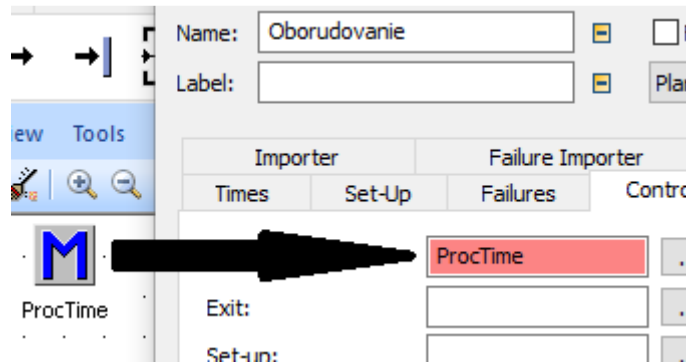


Рисунок 3 – Добавление программного метода в объект

Таким образом, в статье рассмотрена возможность создания иерархической структуры имитационной модели. Такая структура позволила оперативно и с минимальной трудоемкостью вносить изменения в имитационную модель. При этом, изменения затрагивали только те объекты, которые необходимо изменить.

Программное средство имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation позволило создать иерархическую структуру имитационной модели и может применяться для разработки моделей, используемых структуру объектов с наследованием.

Рост и развитие систем

Качала В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра прикладной математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: vvk21@yandex.ru)

Аннотация. В работе рассматривается вопрос оценки уровня развития систем. В качестве критериев такой оценки предлагается использовать число и сложность решаемых системой задач, а также энтропию системы, при этом различая "функциональную" и "анархическую" энтропии.

Abstract. This paper considers the question of assessing the level of development of systems. The criteria for this assessment are encouraged to use the number and complexity of the system problems, as well as the entropy of the system, with the distinction between "functional" and "anarchic" entropy.

Ключевые слова: система, развитие, рост, энтропия.

Key words: system, development, growth, entropy.

Мы часто употребляем слово "развитие" в отношении систем, в частности, в экономике. При этом возникают вопросы: чем развитие отличается от роста и как оценить уровень развития?

Любая система со временем претерпевает количественные и качественные изменения. Для этих изменений вводятся понятия "рост" и "развитие" [1]. Рост и развитие далеко не одно и то же, и даже не обязательно одно связано с другим. Рост – увеличение размеров системы, а развитие – изменения процессов в системе во времени, выраженные в количественных, качественных и структурных преобразованиях от низшего (простого) к высшему (сложному). Как видно в качестве критериев оценки степени развития используются неформализуемые понятия "высшее" и "сложное". Например, если говорить о сложности, то будет ли более развитой система, которая стала более сложной в эксплуатации? Отсюда возникает задача оценки уровня развития системы.

Рассмотрим, что происходит в системе при росте и развитии. Возьмет состояние ее функции в первый момент времени SF_1 . Это состояние определяется структурой St_1 и параметрами системы A_1 :

$$SF_1 = \{St_1, A_1\}.$$

Со временем функция системы переходит во второе состояние:

$$SF_2 = \{St_2, A_2\}.$$

При этом могут происходить следующие изменения:

- а) меняется структура системы (добавляются и/или обрываются связи);
- б) меняются параметры (заменяются и/или преобразовываются элементы системы);
- в) добавляются и/или удаляются элементы.

Что считать ростом, а что развитием? С ростом, вроде, все понятно: происходит увеличение числа элементов в системе. Могут ли при этом происходить качественные изменения? Конечно, закона перехода количества в качество еще никто не отменял, но это нельзя назвать развитием. Простейший пример из таблицы Менделеева: если к атому одного вещества добавить несколько протонов, нейтронов или электронов, то получаем новое вещество с новыми свойствами. При этом сказать, что одно вещество развитее другого, нельзя.

Рассмотрим две системы (или два состояния одной и той же системы). Какую из них назвать более развитой? Если сравнивать систему, состоящую из двух элементов, с системой из ста элементов, то вторая, видимо, более развитая. Но в этом случае речь идет, в первую очередь, о росте, который не всегда сопровождается развитием. Далее, в системе из ста элементов имеется 99 связей, а у другой системы при этих же ста элементах имеется предельное число связей – 9900. Можно ли вторую систему считать более развитой?

Рассмотрим, к примеру, самую простую структуру управления: 100 сотрудников подчиняются одному руководителю. Считая, что такая система плохо реализует свою функцию, изменим систему: добавим 10 менеджеров и построим иерархическую структуру управления. Система, безусловно, выросла, но и стала более развитой – она способна работать более эффективно и выполнять более сложные функции. Далее, доводим численность менеджеров до 100 и связываем их между собой управленческими связями. Система выросла значительно, но стали ли она более развитой? Ответ неоднозначный.

Нельзя рассматривать развитие в отрыве от главного вопроса: что мы ждем от системы, какова ее цель? Цель любой создаваемой системы – наилучшим образом реализовывать функции, ради которых она была сделана. Но это цель-направление, необходимы критерии оценки достижения этой цели. Ви-

димо, более развитой можно называть ту систему, которая может реализовывать больше функций, сами функции позволяют решать более сложные задачи, система выполняет эти задачи быстрее, надежнее, эффективнее и т. п.

В экономике часто источником проблем является ошибочное предположение, будто для развития необходим экономический рост, и будто пределы роста ограничивают развитие [2]. Но развитие связано не столько с наличием ресурсов, сколько с умением их использовать. Недостаток ресурсов может ограничивать рост, но не развитие, которое больше зависит от информационных ресурсов, чем от материальных. По мере развития система все менее зависима от наличных ресурсов и все более способна добывать или производить недостающие ресурсы.

Для того чтобы система была способна выполнять более сложные функции, она должна иметь больше свободы – большее число состояний, в которых она может находиться, т. е. иметь большую энтропию. Особенно это касается систем управления, для которых справедлив так называемый "закон необходимого разнообразия" У. Р. Эшби [3]: для успешного управления управляющая система должна иметь свободу действий (читай, энтропию) больше, чем число возможных состояний у объекта управления. Т. е. более развитая система имеет большую энтропию. На первый взгляд, все правильно. Но...

Наряду с положительными тенденциями, приписываемых росту и развитию, можно говорить и об отрицательных тенденциях: отрицательный рост – сокращение, уменьшение; отрицательное развитие – деградация, дезорганизация, деструкция.

Если рост (положительный и отрицательный) и развитие, как правило, реализуются путем целенаправленных воздействий на систему, то деградация – является естественным процессом (хотя иногда и деградацию системы проводят целенаправленно). Отсюда следует, что пока существует целенаправленное воздействие на систему, она будет развиваться. Если прекратить такое воздействие, то система будет деградировать.

Рассмотрим в качестве примеров некую механическую конструкцию и трудовой коллектив. В первом состоянии они реализуют некоторые функции – решают требуемые задачи. Начинаем увеличивать их энтропию – даем больше свободы. У механической конструкции ослабляем и даже откручиваем некоторые гайки, в результате чего детали получают большую свободу (могут находиться в больше числе состояний). А в трудовом коллективе

тоже предоставляем большую свободу сотрудникам – они могут заниматься в рабочее время не только тем минимумом действий, которые они выполняли раньше, но и кое-чем дополнительно, в том числе личными делами. Получаем ли мы в результате более развитые системы? Видимо, нет – скорее всего, мы увидим деградацию систем.

С другой стороны, если мы уменьшаем "разболтанность" как деталей, так и сотрудников, т. е. уменьшаем их энтропию, то получаем более точный и надежный механизм и более работоспособный коллектив. Развитие системы произошло при уменьшении энтропии.

Уменьшаем энтропию дальше. У механизма ограничиваем свободу движения деталей и получаем "комок" железа, не способный выполнять вообще никаких функций. В коллективе ужесточаем правила работы: сотрудники должны действовать только в предельно строгом исполнении своих должностных обязанностей и правил, ни на шаг не отступая от них и ни на шаг не выходя за их пределы, и получаем "итальянскую забастовку" – работу по правилам. Дело в том, что никакая должностная инструкция не может предусмотреть всех нюансов работы – всегда можно найти какие-то нестыковки и пункты, выполнение которых невозможно или затруднительно или вообще нигде не прописано. В результате работа будет парализована, не говоря уже о том, что сотрудники не могут проявлять инициативу, что часто является основой развития.

И здесь возникает вопрос: приводит ли увеличение энтропии к развитию системы? Как видим, в одних случаях – да, в других – нет. Т. е. энтропия не может выступать в качестве критерия оценки развития?

Видимо, речь следует вести о разных энтропиях. Согласно второму началу термодинамики, энтропия замкнутой (изолированной) системы монотонно возрастает со временем. Т. е. в системе предоставленной самой себе (условно – изолированной) энтропия будет возрастать, что мы можем наблюдать как в механической конструкции, так и в трудовом коллективе. Будет ли при этом происходить развитие? Безусловно – нет!

А если мы приложим управленческие усилия и без роста системы добьемся появления у нее новых функций или лучшей реализации имеющихся, мы тоже увеличим энтропию системы, но это будет развитие.

Получается, что мы имеем дело с разными энтропиями: увеличение одной способствует развитию, а второй – деградации.

Предлагается первую энтропию называть энтропией развития (или функциональной энтропией), вторую – энтропией деградации (или анархической энтропией) [4].

Анархическая энтропия связана со свободой (числом возможных состояний) как элементов системы, так и ее самой, безотносительно полезности этого для достижения целей системы.

Функциональная энтропия оценивает функциональные свойства системы – число полезных состояний системы, число функций, которые она может реализовывать. Даже если у системы имеются избыточные функции (по отношению к ее основным целям), то она будет более развитой, чем система с числом функций, точно соответствующих ее целям. Система с большим числом функций обладает большей адаптивностью к изменениям окружающей действительности, и, соответственно, к решению новых задач. При этом правда, остается открытым вопрос, о каких задачах идет речь. Микроскопом можно колоть орехи. Это дополнительная функция микроскопа? С одной стороны, он создавался для других задач, но если он способен решать и задачи, изначально не заложенные при его проектировании, то почему это плохо?

Таким образом, развитие системы можно оценивать по ее энтропии, но при условии, если мы будем говорить о двух типах энтропий: функциональной и анархической. При развитии анархическая энтропия убывает, а функциональная – растет.

Однако не все так однозначно. Мы можем повысить развитие системы, увеличивая число реализуемых функций и при этом минимизировать анархическую энтропию, сведя ее, практически, к нулю. Мы получим идеальную жесткую систему, но... дальнейшее развитие системы будет невозможно.

Дело в том, что в своей основе развитие имеет три фактора – изменчивость, наследственность и отбор. Новые свойства система может получить, только имея "свободу выбора", т. е. возможность изменяться, наследуя все положительное, эффективное, что подтверждено ее функционированием, с последующим отбором по некоторым критериям наилучшей структуры и параметров системы, благодаря которым система выводит на новый уровень упорядоченности. В жестко упорядоченной системе не может быть ее развития, которое осуществляется не благодаря укреплению элементов и связей, а посредством возникновения зон неупорядоченности [5], а движущей силой любого развития являются противоречия, т. е. развитие осуществляется не благодаря ограничению свободы (укреплению элементов и связей),

а посредством изменчивости, часто стихийной. Чем более устойчивая система, тем хуже она развивается [6]. Как пишет Акофф [7]: "Не имея выбора, невозможно делать ошибки; не делая ошибки нельзя научиться; без науки нет развития".

Еще одним критерием развития системы является изменением ее целей, что, в частности, связано с появлением новых функций. Например, приобретая новый компьютер или телефон, мы стараемся получить более развитую модель, которая имеет больше функций и может быть использована для новых целей. Особенно это ярко видна на примере телефона: сначала цель его приобретения была только осуществлять телефонные разговоры, затем – выходить в Интернет, а сегодня – еще и фотографировать.

Таким образом, развитие – более сложный процесс, чем рост. Развитие системы можно оценивать по увеличению количества и сложности решаемых задач, а так же по ее энтропии – числе возможных состояний, в которых она может находиться. Но при этом следует различать два типа энтропий: функциональную и анархическую. При развитии анархическая энтропия убывает, а функциональная – растет.

Библиографический список

1. Качала, В. В. Теория систем и системный анализ. – М. : Издательский центр "Академия", 2013. – 272 с.
2. Перегудов, Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. – М. : Высш. шк., 1997. – 389 с.
3. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику. – М. : Либроком, 2009. – 432 с.
4. Качала, В. В. Развитие и энтропия систем / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции "Основные проблемы естественных и математических наук" (7 октября 2014 г.). Волгоград : Изд-во инновационного центра развития образования и науки, 2014. – С. 18–20.
5. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ : учеб. пособие. – М. : КНОРУС, 2010. – 224 с.
6. Жилин, Д. М. Теория систем: опыт построения курса. – М. : Едиториал УРСС, 2004. – 184 с.
7. Акофф, Р. Акофф о менеджменте. – СПб. : Питер, 2002. – 448 с.

Математическое моделирование гибкой связи для процесса буксировки судовых устройств

Лиштван А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Управление информатизации; e-mail: lishtvanaa@mstu.edu.ru)

Аннотация. Представлены математические основы для построения модели буксировки судовых устройств с использованием гибкой связи.

Abstract. The paper considers the mathematical basis for modeling ships towing with a flexible connection.

Ключевые слова: буксировка на гибкой связи, гибкая нить, моделирование пространственной кривой, буксирная линия.

Key words: towing with a flexible connection, flexible filament, modeling of a space curve, towing line.

Возможность моделирования хода буксировки при помощи специального программного обеспечения позволит контролировать процесс буксировки на воде и вовремя реагировать на изменившиеся условия, обеспечивая безопасность процесса.

При построении математической модели для описания такого физического объекта как буксирный канат за прототип берется гибкая нить. С таким физическим объектом, моделирующим гибкую связь и приобретающим во время работы форму пространственной кривой, сталкиваются при моделировании многих процессов, систем и физических объектов: якорных устройств для глубоководной стоянки судов, подводных буксируемых систем, промышленных устройств, что свидетельствует об актуальности темы исследования.

При плавании на взволнованном море или на мертвой зыби в буксирном тросе могут возникнуть усилия, которые во много раз превысят средние нормальные значения тяги. Это объясняется тем, что при плавании против волны, по волне или косвенным к волне курсом буксирующее и буксируемое суда, участвуя в орбитальном движении частиц воды, то сближаются между собой, то удаляются друг от друга, вследствие чего натяжение буксирного троса все время изменяется (Вабищевич, 1993).

При таком орбитальном движении центр тяжести каждого из судов, предполагая это судно свободным, описал бы около своего среднего положения

некоторую орбиту. Уравнение такой орбиты в параметрической форме имеет вид:

$$x = \frac{\alpha \cos 2\pi t}{\tau}; \quad (1)$$

$$y = \frac{\beta \sin 2\pi t}{\tau}, \quad (2)$$

где t – период волны; α и β – некоторые постоянные для данного судна и данной волны.

Для определения возможности буксировки на волнении при заданной высоте волны, скорости буксировки и длине буксирной линии выполняется расчет буксирной линии. Важно отметить, что скорость буксировки на волнении должна быть меньше допустимой скорости буксировки на тихой воде, поскольку в буксирном кабеле – тросе возникают дополнительные внешние динамические нагрузки за счет орбитального движения судов на волнении (Каян, 2014).

Во время процесса буксировки буксирная линия принимает форму цепной линии (см. рис. 1).

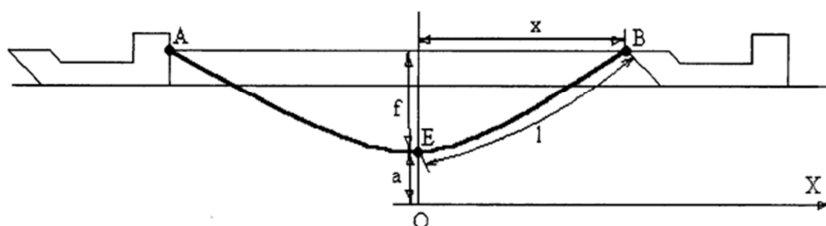


Рисунок 1 – Схема буксирной линии

Цепная линия в системе координат XOY описывается следующими уравнениями:

$$a = \frac{Fr}{p}; \quad (3)$$

$$y = a + f = ach \frac{x}{a}; \quad (4)$$

$$l = ash \frac{x}{a}, \quad (5)$$

где α – параметр цепной линии, зависящий от величины горизонтальной составляющей силы ее натяжения (Fr) и веса единицы длины цепной линии (p), f – стрелка провеса, x – половина расстояния между буксирующим и буксируемым судовым средством, l – длина нити (Краснощёков, Петров, 2000).

Из этих уравнений находим:

$$\frac{x}{a} = \operatorname{arsh} \frac{l}{a} = \ln \left[\frac{l}{a} + \sqrt{\left(\frac{l}{a}\right)^2 + 1} \right]; \quad (6)$$

$$\frac{f}{a} = ch \frac{x}{a} = \sqrt{\left(\frac{l}{a}\right)^2 + 1} - 1. \quad (7)$$

Полученные выражения 6–7 используются при расчетах буксирной линии.

Пусть на гибкую нить (рис. 1) действует распределённая по её длине сила интенсивностью q , Н/м, с составляющими вдоль касательной к кривой q_t , главной нормали – q_n и бинормали q_b (на рисунке не показана). Тогда можно записать следующие уравнения равновесия нити:

$$dT/ds = -q_t; \quad (8)$$

$$kT = T/R = q_n; \quad (9)$$

$$q_b = 0, \quad (10)$$

которые дополняет физическое соотношение однородной нити:

$$f(T) = ds/dl. \quad (11)$$

В уравнениях (8)–(11) T – натяжение нити, Н; $R = l/k$ – радиус кривизны кривой; l – длина нити в её недеформированном состоянии, s – длина дуги. Выражение (10) говорит о том, что под действием внешней нагрузки нить принимает всегда такую форму, при которой вектор нагрузки находится в соприкасающейся плоскости (Чомаков, 2003).

В проекциях на прямоугольные декартовы координаты уравнения равновесия гибкой нити, воспринимающей распределённую нагрузку с составляющими $q_x \equiv X$, $q_y \equiv Y$, $q_t \equiv Z$, имеют вид

$$\frac{d}{ds} \left(T \frac{dx}{ds} \right) = -X; \quad (12)$$

$$\frac{d}{ds} \left(T \frac{dy}{ds} \right) = -Y; \quad (13)$$

$$\frac{d}{ds} \left(T \frac{dz}{ds} \right) = -Z, \quad (14)$$

Чтобы система (12)–(14) была замкнутой, к ней добавляется геометрическое соотношение

$$\left(\frac{dx}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dy}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 = 1. \quad (15)$$

Выражения равновесия в натуральных координатах (8)–(10) довольно понятны и легко интегрируются, если силы q_t и q_n заданы в функции от длины дуги s . Однако большинству задач такого типа в моделировании внешние нагрузки задаются в зависимости от угла между касательной к кривой и некоторым направлением, например скорости потока жидкости. Из этого следует, что для определения координат концов моделируемой связи требуется переход от натуральных величин к величинам x, y, z (Самарский, Михайлов, 2001).

Для гибких связей силу сопротивления воды можно задать, например, от направляющих косинусов $dx/ds, dy/ds, dz/ds$. При этом система (11)–(15) интегрируется в квадратурах. Обозначив $dx/ds = u, dy/ds = uw$, т. е.

$$w = dy/dx, \quad (13)$$

и представив $X = X(u, w), Y = Y(u, w), Z = Z(u, w)$, мы получим выражения для искомого натяжения нити, длины дуги в напряжённом s и начальном l состояниях, координат x, y, z .

Библиографический список

1. Вабищевич, П. Н. Численное моделирование. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 152 с.
2. Каян, В. В. Разработка безопасных способов маневрирования судна при выполнении буксирных операций [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.19 / В. В. Каян ; науч. рук. Ю. И. Юдин ; ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". – Мурманск, 2014. – 147, [4] с. : ил. – Библиогр. : С. 143–147.
3. Краснощёков, П. С., Петров А. А. Принципы построения моделей. – издание второе, пересмотренное и дополненное. – М. : ФАЗИС; ВЦ РАН, 2000. – xii + 412 с. – (Математическое моделирование; Вып. 1). – 215 с.
4. Самарский, А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2001. – 121 с.
5. Чомаков, Д. Б. Приближенные расчеты для морских буксировок [Текст] / Д. Б. Чомаков// Морской транспорт. Серия: Судовождение, связь и безопасность мореплавания: экспресс-информ. / Мортехинформреклама. – 2003. – Вып. 3. – С. 1–16.

Информационный ресурс для обучения конструированию технологического оборудования

Мокрозуб А. В. Ерохина И. Н. (г. Тамбов, ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет", кафедра компьютерно-интегрированных систем в машиностроении, e-mail: mokrozubv@yandex.ru; inerohina@yandex.ru)

Аннотация. Описан виртуальный кабинет "Конструирование технологического оборудования". Кабинет предназначен для студентов, изучающих устройство, методы расчета и методы конструирования технологического оборудования.

Abstract. Described virtual cabinet "Design of process equipment." Cabinet is designed for students of the device, methods of calculation and design methods of technological equipment.

Ключевые слова: конструирование, технологическое оборудование, автоматизированные обучающие системы.

Key words: engineering, technological equipment, automated training systems.

Развитие перерабатывающих отраслей промышленности, является в настоящее время актуальной задачей экономики Российской Федерации.

Проектирование и эксплуатация технологического оборудования невозможны без квалифицированного инженерно-технического персонала. Применение современных информационных технологий в учебном процессе при подготовке специалистов различных уровней (бакалавры, магистры, инженеры-специалисты) и направлений (конструкторы, механики, системотехники) требует разработки интегрированных автоматизированных систем (АИС), а именно учебно-промышленных АИС. Причем термин "учебная" понимается не в смысле упрощенная или облегченная, а в смысле, что промышленная система "утяжелена" компонентами, позволяющими производить обучение.

Одним из элементов, разрабатываемой учебно-промышленной АИС автоматизированного конструирования химического оборудования, является виртуальный кабинет "Конструирование технологического оборудования".

Под виртуальным кабинетом понимаются компоненты информационной системы, предназначенные для студентов, изучающих специализированные учебные курсы по устройству, методам расчета и методам конструирования технологического оборудования.

Функции системы определены тем, что должны знать и уметь студенты для того, чтобы выполнять проекты, максимально приближенные к реальным [1–4].

Первая очередь системы позволяет:

- проводить механические расчеты технологического оборудования. Механические (прочностные) расчеты являются обязательными при конструировании технологического оборудования, так как оно представляет собой объекты повышенной опасности [5];

- выбирать типоразмеры отдельных элементов технологического оборудования. Типовое технологическое оборудование состоит из стандартных или типовых элементов и узлов (обечайки, крышки, днища, опорные и строповые устройства, фланцы и др.) [6,7];

- получать справочные данные, необходимые для разработки конструкции (механические свойства материалов, коррозионная стойкость материалов, виды сварных швов и др.);

- по 3D моделям ознакомиться с типовыми конструкциями элементов. Современные графические средства позволяют создавать 3D модели элементов и узлов максимально приближенные к реальным [8, 9].

Кроме того, система содержит расчетные и курсовые задания по курсу "Конструирование и расчет элементов технологического".

Описанные функции системы определяют ее структуру. Система состоит из следующих элементов:

- модуль механических расчетов элементов технологического оборудования;

- база применяемости и свойств сталей;

- база типоразмеров элементов технологического оборудования;

- каталоги типового технологического оборудования;

- 3D модели типовых элементов технологического оборудования;

- расчетные и курсовые задания.

Виртуальный кабинет представлен программами и информационными ресурсами, работающими в сети Internet и в локальной сети (включая монопольное использование).

Адрес виртуального кабинета в сети Internet www.gaps.tstu.ru/kir. На рисунке 1 представлена стартовая страница.

Следует учитывать, что кабинет постоянно развивается, поэтому его содержание, включая и стартовую страницу, может изменяться.

В каталогах типового технологического оборудования представлена информация о существующем оборудовании и его элементах. Эта информация необходима для подбора оборудования при решении задачи определения размеров аппаратов для выпуска заданного объема продукции в заданный период времени, кроме того, она служит отправной точкой при выполнении курсового и дипломного проекта (как аналог задания на курсовой и дипломный проект).

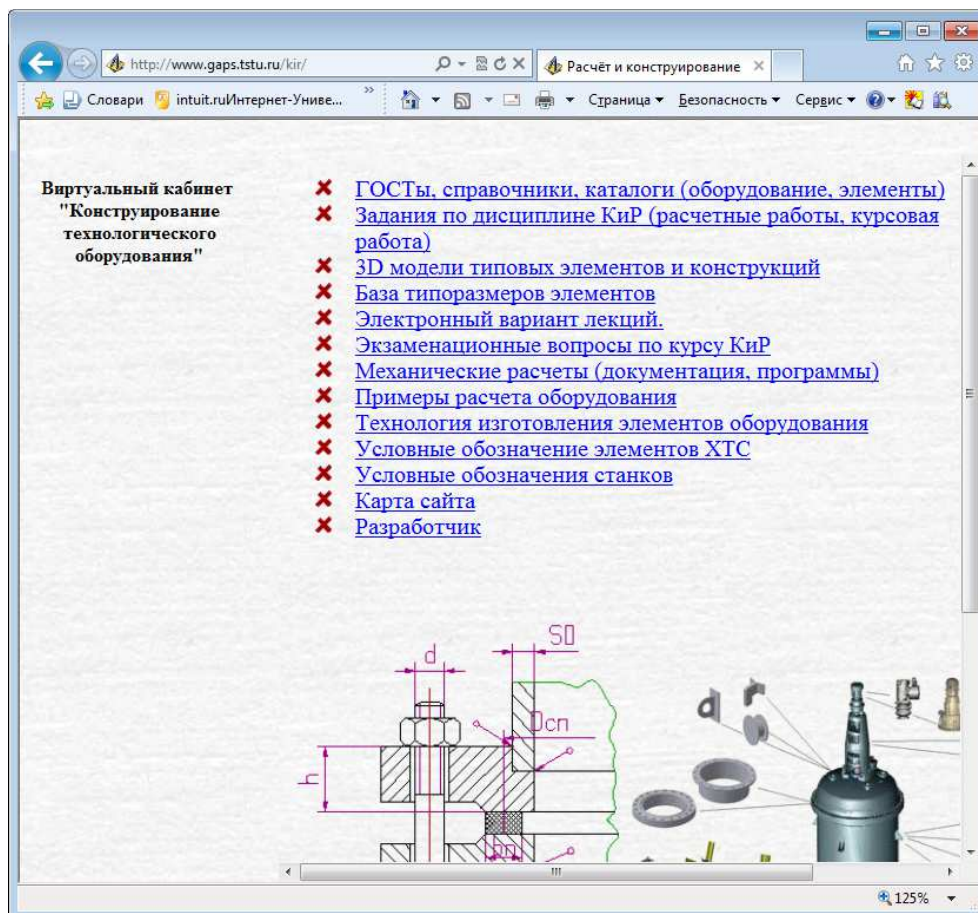


Рисунок 1 – Первичное меню виртуального кабинета "Конструирование технологического оборудования"

3D модели типовых элементов технологического оборудования являются одним из эффективных способов изучения конструкций химического оборудования (рисунок 2). Современные средства создания 3D моделей позволяют создавать очень реалистические виртуальные образы конструкций. Имеются так же свободно распространяемые средства визуализации 3D моделей, в том числе и в глобальной сети Internet. В качестве формата хранения 3D моделей, предназначенных для визуализации в сети Internet, выбран формат easm. Для визуализации используется свободно распространяемая

программа EDrawing, которую можно установить с сайта фирмы SolidWorks www.solidworks.com.

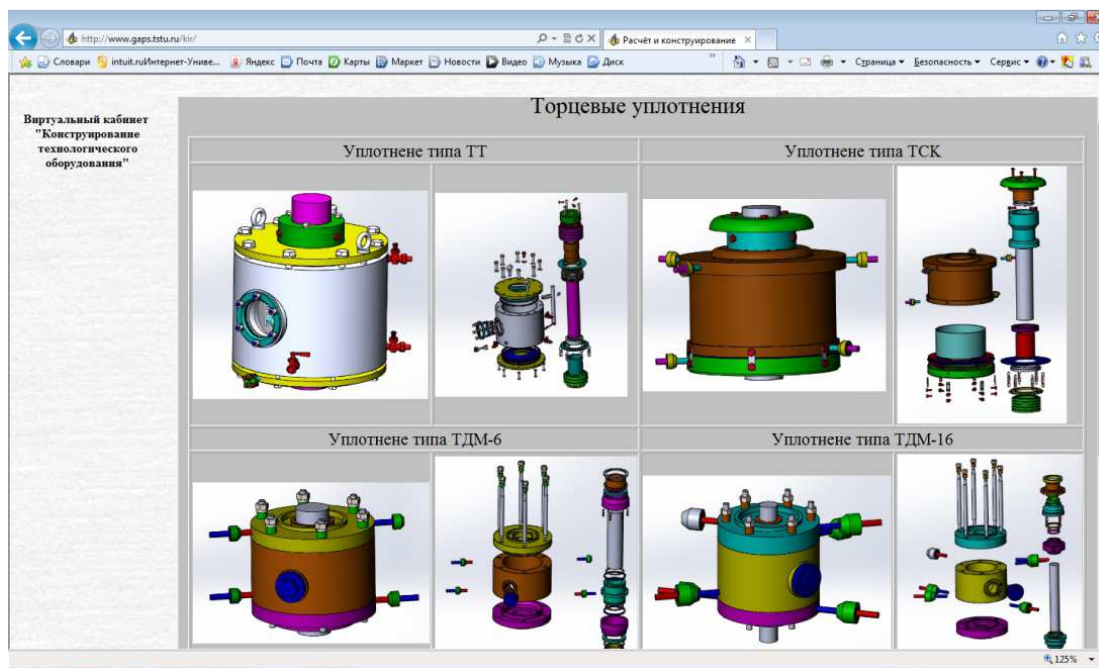


Рисунок 2 – Пример 3D моделей типовых элементов технологического оборудования

Работа выполнена под руководством профессора кафедры КИСМ ТГТУ Мокрозуба В. Г. Авторы готовы предоставить бесплатно программное и информационное обеспечение по принципу "как есть" всем заинтересованным организациям, при условии получения акта внедрения в учебный или производственный процесс.

Библиографический список

1. Мокрозуб, В. Г., Борисяк А. А., Егоров, Е. С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет "Конструирование технологического оборудования" // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – № 10. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (дата обращения 10.02.2016).

2. Мокрозуб, В. Г., Мариковская М. П., Красильников В. Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 27. – № 1.2. – С. 259–262.

3. Мокрозуб, В. Г. Создание виртуального кабинета "конструирование технологического оборудования" в Тамбовском государственном техническом университете // САПР и графика. – 2015. – № 1 (219). – С. 38–39.

4. Новые информационные технологии в открытом инженерном образовании / Малыгин Е. Н., Карпушкин С. В., Краснянский М. Н., Мокрозуб В. Г., Борисенко А. Б. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 124 с.

5. Мокрозуб В. Г. Интеллектуализация механических расчетов в виртуальном кабинете "Конструирование технологического оборудования" // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 12. – С. 34–40.

6. Мокрозуб В. Г. Интеллектуальные информационные системы автоматизированного конструирования технологического оборудования. Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011. – 128 с.

7. Мокрозуб, В. Г. Графовые структуры и реляционные базы данных в автоматизированных интеллектуальных информационных системах. – М. : Издательский дом Спектр, 2011. – 108 с.

8. Применение n-ориентированных гиперграфов и реляционных баз данных для структурного и параметрического синтеза технических систем / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, А. С. Мордвин, А. А. Илясов // Прикладная информатика. – 2010. – № 4 (28). – С. 115–122.

9. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем // В. А. Немтинов, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб [и др.]. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г. Р. Державина, 2011. – 282 с.

Мультиагентная система информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода

Семакова Е. А., Маслобоев А. В. (*г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, e-mail: katyasemak@mail.ru, masloboev@iimm.ru*)

Аннотация. Разработана мультиагентная система информационной поддержки принятия решений в сфере управления экономической безопасностью моногорода. В системе совместно используются имитационная модель устойчивого развития моногорода и программные агенты для мониторинга и прогнозирования показателей экономической безопасности. Система обеспечивает координацию локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности моногорода на разных уровнях управления.

Abstract. A multi-agent system for decision-making information support in the field of mono-city economic security management has been developed. Mono-city sustainable development simulation model and software agents are shared within the system for economic security index monitoring and forecasting. The system provides local decision-making coordination on mono-city economic security index optimization at the all level of management.

Ключевые слова: мультиагентная система, информационная поддержка, управление, экономическая безопасность, моногород.

Key words: multi-agent system, information support, control, economic security, mono-city.

В ходе реализации проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 15-29-06973 "Развитие методологии, модельного инструментария и информационных технологий системной оценки рисков нового освоения Арктики" разработан исследовательский прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода Севера России на примере Мурманской области. Система предназначена для поддержки принятия решений в сфере управления устойчивым развитием моногорода и представляет собой тренажерно-моделирующий комплекс. В системе совместно используются имитационная модель устойчивого развития моногорода и автономные программные агенты для мониторинга и прогнозирования показателей экономической безопасности.

Функциональные возможности системы обеспечивают построение и анализ сценариев развития моногорода, расчет и прогнозирование показателей экономического риска для различных сценариев развития моногорода на основе имитационного моделирования. Система предоставляет эксперту/ЛПР воз-

возможность вариативного расчета и оперативного корректирования показателей социально-экономического развития моногорода в рамках существующей статистической отчетности.

Технологической основой (ядром) системы являются имитационная модель устойчивого развития моногорода [1], которая моделирует поведение экономических агентов моногорода, и программные агенты с имитационным аппаратом [2], которые осуществляют мониторинг показателей безопасности развития моногорода и оценивают экономические риски при различных сценариях его функционирования на основе имитационной модели. В модели используется оригинальная система показателей устойчивого развития, созданная в результате обобщения существующих индикаторных систем и формирования интегральных показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности.

Система обеспечивает сокращение времени на сбор и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние социально-экономической системы моногорода и координацию локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности на разных уровнях управления.

Отличительной особенностью разработки от современных аналогов является возможность координации показателей экономической безопасности развития моногорода, оптимизируемых различными элементами многоуровневых систем управления региональной безопасностью [3].

Система имеет модульную структуру и реализована в рамках архитектуры "тонкий клиент" [4]. Архитектура и функциональные блоки системы представлены на рис. 1.

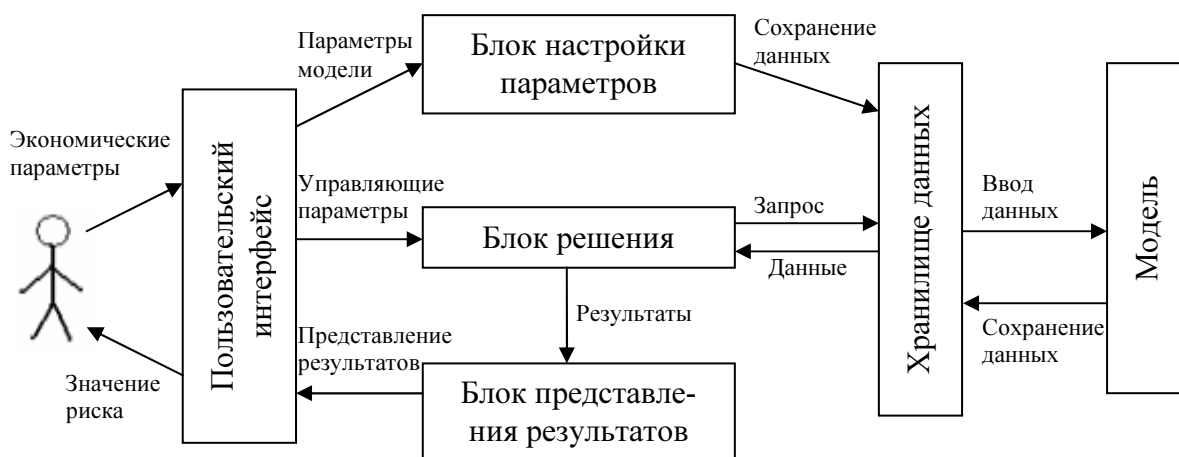


Рисунок 1 – Архитектура и функциональные блоки системы

Система рекомендуется к использованию органам государственной исполнительной власти муниципального и регионального уровня, руководителям градообразующих предприятий для сценарного анализа и прогнозирования динамики социально-экономического развития моногорода.

Программная реализация системы выполнена в среде программирования Embarcadero RAD Studio XE10 на языке Java. Для создания имитационной модели устойчивого развития моногорода использована инструментальная среда агентного имитационного моделирования AnyLogic [5]. В качестве серверной базы данных использована СУБД MySQL Server.

Экранные формы пользовательского интерфейса системы приведены на рис. 2.

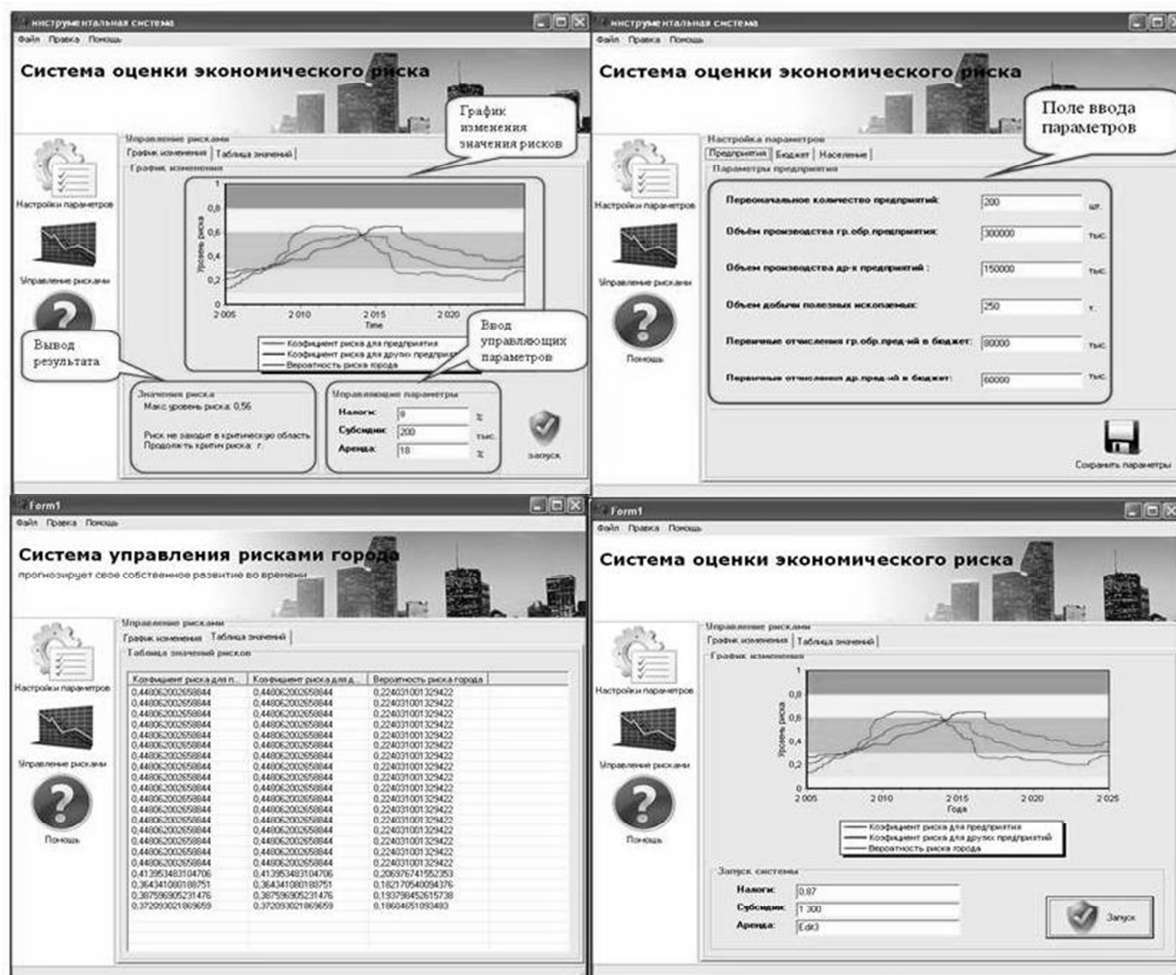


Рисунок 2 – Экранные формы пользовательского интерфейса системы

Бизнес-логика системы при необходимости может быть расширена за счет интеграции новых имитационных моделей в единый полимодельный комплекс системы, а также за счет совместного использования сторонних веб-сервисов и сервисов агентов.

В настоящее время разработанный прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода используется для научно-исследовательских целей в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и проходит апробацию в Министерстве экономического развития Мурманской области на задачах оценки результативности реализации рекомендаций комплексных инвестиционных планов развития монопрофильных муниципальных образований Мурманской области.

В частности, система прошла частичную апробацию при решении задач оценки экономической безопасности развития моногородов Мурманской области на примере города Кировска (градообразующее предприятие ОАО "Апатит"). Использование системы обеспечило возможность комплексного анализа и прогнозирования вариантов развития моногорода и результатов реализации различных сценариев управления экономической безопасностью с учетом влияния разнородных факторов.

Возможный эффект от внедрения – повышение оперативности решения задач управления устойчивым развитием монопрофильных муниципальных образований за счет сокращения времени на сбор, обработку и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние социально-экономической системы моногорода и координации локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности на разных уровнях управления.

Разработка зарегистрирована в Объединенном фонде алгоритмов и программ ФГАНУ "ЦИТиС" (гос. рег. № АААА-А16-616022510065-8 от 25.02.2016 г.).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-29-06973).

Библиографический список

1. Путилов В. А., Горохов А. В. Системная динамика регионального развития. – Мурманск : НИЦ "Пазори", 2002. – 306 с.
2. Маслобоев А. В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 113–125.

3. Маслобоев, А. В. Путилов В. А., Сютин А. В. Координация в многоуровневых сетцентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 130–138.

4. Маслобоев, А. В. Олейник А. Г., Шишаев М. Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т.15. – № 4. – С. 748–755.

5. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

Применение бионических методов оптимизации для решения задачи криптоанализа при разработке компьютерных технологий информационной безопасности и защиты информации

Сергеев А. С. (*г. Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет, кафедра автоматизации производственных процессов, e-mail: sergeev00765@mail.ru*)

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения биоинспирированных оптимизационных методов для решения задачи криптоанализа классических и современных систем шифрования. Приведен обзор некоторых авторских разработок, посвященных проблемам криптоанализа. Отмечается применение нового класса биоинспирированных методов – алгоритмов колонии пчел – для криптоанализа блочных криптосистем.

Abstract. Questions of application of the bioinspired optimizing methods for the solution of a problem of cryptanalysis of classical and modern systems of enciphering are considered. The review of some author's developments devoted to cryptanalysis problems is provided. Application of a new class of the bioinspired methods – algorithms of a colony of bees – for realization of cryptanalysis of block cryptosystems is noted.

Ключевые слова: криптоанализ, биоинспирированные алгоритмы, генетические алгоритмы, пчелиные алгоритмы, алгоритмы блочного шифрования.

Key words: cryptanalysis, the bioinspired algorithms, genetic algorithms, bee algorithms, algorithms of block enciphering.

В настоящее время при разработке компьютерных технологий, обеспечивающих информационную безопасность и защиту информации, широкое применение находят криптографические методы защиты. Основными задачами в криптографии являются: разработка новых способов шифрования, сложных для вскрытия, и вскрытия существующих шифров. Для решения этих задач, относящихся к классу NP-полных, в последние годы применяются алгоритмы, основанные на природных системах (генетические алгоритмы (ГА), алгоритмы роевого интеллекта (алгоритмы муравьиных и пчелиных колоний) и т. д.).

Ранее в [1] рассматривалась задача криптоанализа классических криптографических алгоритмов и были приведены результаты программных разработок для криптоанализа симметричных шифров перестановок (методы шифрующих таблиц, маршрутных перестановок и магических квадратов, аффинный шифр, шифры Цезаря, Плейфейра, Уитстона, Вижинера). В [1] также

рассматривается применение данных подходов для реализации шифров простой замены, шифров многоалфавитной подстановки, приводятся также результаты эксперимента по применению ГА для решения задач криптоанализа данных шифров.

Наряду с классическими симметричными алгоритмами шифрования сравнительно новой областью является асимметричная криптография, основанная на применении однонаправленных функций. В [2] рассматривается применение генетических методов для решения основных теоретико-числовых задач криптографии, а также приводится ряд экспериментальных результатов.

Отметим, что обзор авторских работ, посвященных решению задачи криптоанализа классических криптографических методов, а также реализации асимметричных алгоритмов шифрования на основе решения теоретико-числовых задач криптографии приведен в [3,4].

Тем не менее, в настоящее время в ряде работ отмечаются недостатки ГА, являющихся "слепыми" поисковыми структурами. Поэтому представляет интерес применение конструктивных эвристических методов, в которых решение задачи строится поэтапно путем добавления нового компонента к частично построенному решению. К методам данного вида относят и муравьиные алгоритмы, основу которых составляет имитация самоорганизации муравьиной колонии. В [2] рассматривается возможность применения алгоритмов муравьиных колоний для реализации криптоанализа шифров перестановок, показано, как эта проблема может быть сведена к классической задаче о назначениях. Отличительной особенностью применения алгоритмов "муравьиных колоний" является необходимость представления задачи в виде графовой модели, на которой муравьи могут строить решения.

Таким образом, на данном этапе исследования задачи криптоанализа возникает вопрос о возможности применения биоинспирированных методов для криптоанализа современных блочных алгоритмов шифрования. Важно отметить, что отличительной особенностью применения биоинспирированных методов криптоанализа (в частности, генетических методов) является возможность использования самого алгоритма шифрования (или расшифрования) в качестве целевой функции для оценки пригодности ключа, определенного с помощью генетических операций. Вследствие этого при использовании биоинспирированных методов криптоанализа процесс определения секретного ключа (например, при криптоанализе 2 типа) зависит не столько

от сложности шифрующих преобразований, сколько от самого биоинспирированного метода, который должен обеспечивать достаточное разнообразие генерации ключей. В [5,7] предлагается алгоритм криптоанализа блочных методов на примере стандарта DES на основе его параллельной версии, приводятся результаты эксперимента при определении квазиоптимального ключа, полученные при параллельной реализации алгоритма на 8-буквенных блоках текста. В [6,7] аналогичная задача решена для стандарта шифрования России. Отмечается, что временные затраты алгоритма в общем случае в значительной степени зависят от длины исходного текста, что может привести к эффективному использованию вычислительных систем, допускающих параллельную обработку информации (в частности, многопроцессорных систем класса SIMD).

Следует заметить, что одной из последних разработок в области роевого интеллекта является алгоритм пчел, который успешно используется для нахождения глобальных экстремумов сложных многомерных функций. В соответствии с [2,8] алгоритм колонии пчел включает следующие основные операции:

1. Формирование пространства поиска и создание популяции пчел.
2. Оценка целевой функции (ЦФ) пчел в популяции путем определения ЦФ, определяющей оптимальность исходного текста.
3. Формирование перспективных участков для поиска в их окрестности.
4. Отправка пчел-разведчиков и поиск агентами-разведчиками перспективных позиций для поиска в их окрестности.
5. Выбор пчел с лучшими значениями ЦФ с каждого участка.
6. Отправка рабочих пчел (пчел-фуражиров) для случайного поиска и оценка их ЦФ.
7. Формирование новой популяции пчел.
8. Проверка условия окончания работы алгоритма. Если они выполняются, переход к 8, иначе к 2.
9. Конец работы алгоритма.

Рассмотрим описание данного алгоритма для реализации криптоанализа, где на основе блока шифртекста требуется определить блок исходного текста и секретный ключ. Как и ранее в [2,8] будем использовать допущения, что каждый бит шифртекста определяется каждым битом исходного текста и каждым битом ключа (т. е. зная секретный ключ и шифртекст, можно сразу определить исходный текст и зная шифртекст и исходный текст можно опре-

делить соответствующий ключ) и что шифртекст и исходный текст содержат символы из одного и того же алфавита (т. е. применение секретного ключа осуществляет операции шифров перестановок). В этом случае, определяя с помощью алгоритма пчел исходный текст (аналогично [8]), можно, очевидным образом, определить соответствующий секретный ключ.

На первом этапе пчелиного алгоритма осуществляется формирование пространства поиска. Будем далее предполагать, что каждая позиция a_s пространства поиска представляет собой размещенный в пространстве символ алфавита текста, при этом каждая пчела-агент содержит в памяти упорядоченный список $E_s = \{e_{si}, i = 1, 2, \dots, n\}$ посещенных символов. Этот список E_s , поставленный в соответствие каждому символу, посещенному пчелой, в пространстве поиска, фактически представляет решение – текст, для которого могут быть определены секретный ключ и ЦФ (например, с помощью функции Якобсена [1]).

Следующим этапом пчелиного алгоритма является формирование перспективных участков и поиск в их окрестности. Как и в [8], будем предполагать, что пространство поиска, в котором размещено m символов алфавита шифртекста, представляет собой квадратную матрицу A размером $m \times m$. Для каждой позиции a_s определена окрестность размера λ для поиска, т. е. множество позиций a_{si} , находящихся на расстоянии (определяемом как количество элементов матрицы), не превышающем λ , от позиции a_s .

Таким образом, в соответствии с [2,8] алгоритм колонии пчел можно описать следующим образом. На начальном этапе работы алгоритма N пчёл располагаются случайно на m участках. На следующем шаге определяются ЦФ участков. Далее те участки, на которых значения ЦФ больше (элитные участки) отбираются для поиска решений в их окрестностях, причём, на этих участках проводятся более детальные исследования, т. е. отправляется большее количество пчёл. На следующем шаге проводится оценка значений ЦФ и выбираются лучшие пчёлы в соответствии со значениями ЦФ исследуемых ими участков. Эти пчёлы формируют новую популяцию решений, которая будет участвовать в следующей итерации алгоритма. Далее рабочие пчёлы осуществляют случайный поиск в окрестности элитных участков в поисках новых решений. Данная операция продолжается до тех пор, пока не будет достигнут критерий останова алгоритма.

Применительно к решению задачи криптоанализа этапы данного алгоритма реализуются в следующей форме. Начальными параметрами алго-

ритма являются: общее количество пчел-агентов N , количество итераций L , количество агентов-разведчиков n_r , количество агентов-фуражиров n_f , значение максимального размера окрестности для поиска λ_{\max} .

На $l = 1$ итерации алгоритма n_r агентов-разведчиков случайным образом размещаются в пространстве поиска, т. е. выбирается произвольным образом n_r символов в матрице A . Поскольку на данном этапе фрагменты текста не определены (состоят из одного символа), значение ЦФ R на начальном этапе полагается равным малому положительному числу.

Далее в соответствии с [8] выбирается n_b лучших (базовых) решений, у которых значения ЦФ R не хуже, чем значения ЦФ у любого другого решения. На начальной итерации этот выбор может быть осуществлен случайным образом. Формируется множество базовых позиций $A_b = \{a_{bi}\}$ в пространстве поиска, соответствующих базовым решениям.

На следующем шаге алгоритма в окрестности каждой базовой позиции направляется заданное число рабочих пчел (фуражиров), имитирующих поиск нектара, в соответствии с методикой, описанной в [2,8].

После выбора агентом-фуражиром n_{fi} базовой позиции a_i реализуется случайный выбор позиции a_s , расположенной в окрестности базовой позиции a_i . При этом случайным образом определяется значение окрестности λ в границах $1 \leq \lambda \leq \lambda_{\max}$.

Таким образом, каждой пчеле-агенту можно поставить в соответствие упорядоченный список E_s посещенных символов пространства поиска с определенной для этого списка ЦФ, и данная последовательность ставится в соответствие последнему посещенному пчелой-агентом символу (позиции) пространства поиска.

Аналогично [2,8] вводится понятие области D_i , представляющей собой $D_i = a_i \cup O_i$, где O_i – множество позиций, выбранных агентами-фуражирами в окрестности позиции a_i . В каждой области D_i выбирается позиция a^* с лучшей оценкой ЦФ R_i^* (оценка области D_i). Среди всех оценок областей R_i^* выбирается лучшая оценка R_i^* и соответствующее решение (список E_s). Вариант исходного текста с лучшим значением ЦФ запоминается, и осуществляется переход к следующей итерации.

На последующих итерациях алгоритма n_{rl} агентов-разведчиков отправляются на поиск новых позиций ($n_{rl} < n_r$). Множество базовых позиций $A_b(l)$ формируется из двух частей $A_{b1}(l)$ и $A_{b2}(l)$, при этом часть $A_{b1}(l)$ содержит n_{b1}

лучших решений a^* , найденных в каждой из областей на итерации $l-1$, часть $A_{b_2}(l)$ содержит n_{b_2} лучших решений из n_{l1} позиций, найденных пчелами-разведчиками на итерации l .

Таким образом, $n_{b1} + n_{b1} = n_b$. Далее, как и на первой итерации, определяется число агентов-фуражиров, отправляемых в окрестности каждой базовой позиции. Каждым агентом-фуражиром n_{fi} выбирается базовая позиция $a_i(l)$, а также позиция $a_s(l)$, расположенная в окрестности этой базовой позиции. Формируются области $D_i(l)$. В каждой области $D_i(l)$ выбирается лучшая позиция a_i^* с лучшей оценкой ЦФ R_i^* , и среди оценок R_i^* выбирается лучшая R^* . Если $R^*(l)$ предпочтительней, чем $R^*(l-1)$, то соответствующее решение запоминается, и осуществляется переход к следующей итерации.

Пошаговое описание данного алгоритма приведено в [2,8].

Таким образом, в данной работе был проведен обзор некоторых авторских разработок, посвященных проблемам криптоанализа классических и современных алгоритмов шифрования, а также приведено описание нового оптимизационного "природного" метода пчелиных колоний для реализации криптоанализа блочных методов шифрования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-01-00634)

Библиографический список

1. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Третьяков О. П. Криптографические методы и генетические алгоритмы решения задач криптоанализа : монография. – Краснодар : ФВАС, 2013. – 138 с.
2. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Капустин С. А., Рязанов А. Н. Биоинспирированные алгоритмы решения задач криптоанализа классических и асимметричных криптосистем : монография. – Краснодар : КВВУ, 2015. – 132 с.
3. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О. Обзор алгоритмов решения задач криптоанализа на основе биоинспирированных технологий искусственного интеллекта // Вестник Воронежского государственного университета. – 2014. – № 2, сер. "Системный анализ и информационные технологии". – С. 83–89.
4. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О. Информационная безопасность и биоинспирированные алгоритмы решения задач криптоанализа // Труды Международного симпозиума "Надежность и качество – 2014". – Пенза : ПГУ, 2014. – С. 342–346.

5. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Венцов Н. Н., Рязанов А. Н. Исследование возможности применения генетических алгоритмов для реализации криптоанализа блочных криптосистем // Вестник Донского государственного технического университета. – 2015. – № 3(82). – С. 65–72.

6. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Капустин С. А., Рязанов А. Н. Исследование возможности применения методов эволюционной оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2015. – № 10. – С. 32–40.

7. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Рязанов А. Н. Применение методов генетического поиска для реализации криптоанализа блочных методов шифрования // Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2015): материалы конференции. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ, 2015. – С. 274–277.

8. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Рязанов А. Н. Исследование возможности применения бионических методов пчелиных колоний для реализации криптоанализа классических шифров перестановок. – Вестник ДГТУ, том 14. – № 1(76). – 2014. – С. 62–75.

Применение генетических алгоритмов оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования

Сергеев А. С. (*г. Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет, кафедра автоматизации производственных процессов, e-mail: sergeev00765@mail.ru*)

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения биоинспирированных оптимизационных методов (генетических алгоритмов) для решения задачи криптоанализа современных блочных систем шифрования на примере стандарта шифрования России. Отмечается, что основной отличительной особенностью применения биоинспирированных методов криптоанализа (в частности, генетических алгоритмов) является возможность использования самого алгоритма шифрования (или расшифрования) в качестве целевой функции для оценки пригодности ключа, определенного с помощью генетических операций. Приводится описание некоторых экспериментальных результатов, полученных при реализации генетического алгоритма криптоанализа.

Abstract. Questions of application of the bioinspired optimizing methods (genetic algorithms) for the solution of a problem of cryptanalysis of modern block systems of enciphering on the example of the standard of enciphering of Russia are considered. It is noted that the main distinctive feature of application of the bioinspired cryptanalysis methods (in particular, genetic algorithms) is the possibility of use of the algorithm of encryption (or decryption) as criterion function for an assessment of suitability of the key defined by genetic operations. The description of some experimental results received at realization of genetic algorithm of cryptanalysis is provided.

Ключевые слова: криптоанализ, биоинспирированные методы, генетические алгоритмы, блочные алгоритмы, популяция решений, информационно-логическая граф-схема.

Key words: cryptanalysis, bioinspired methods, genetic algorithms, block algorithms, populations of solutions, information and logical flow graph.

В настоящее время надежность защиты информации с использованием криптографических методов определяется стойкостью к криптоанализу используемой системы шифрования. Для этой цели в науке и технике находят широкое применение алгоритмы, основанные на природных системах. К ним относятся методы моделирования отжига, генетические алгоритмы (ГА), алгоритмы роевого интеллекта (алгоритмы муравьиных, пчелиных колоний) и т. д.

В [1] рассматривались задачи криптоанализа и приведены результаты криптоанализа классических симметричных криптографических алгорит-

мов с использованием методов эволюционной оптимизации и генетического поиска для симметричных шифров перестановок, а также для реализации шифров простой и многоалфавитной замены. Таким образом, возникает вопрос о возможности применения биоинспирированных методов для криптоанализа современных блочных алгоритмов шифрования, так как переход к блочному шифрованию открывает дополнительные возможности для повышения стойкости криптоалгоритмов.

Следует отметить, что отличительной особенностью применения биоинспирированных методов криптоанализа (в частности, ГА) является возможность использования самого алгоритма шифрования (или расшифрования) в качестве целевой функции для оценки пригодности ключа, определенного с помощью генетических операций. Поэтому можно утверждать, что при использовании ГА процесс определения секретного ключа (например, при криптоанализе 2 типа) зависит не столько от сложности шифрующих преобразований, сколько от самого биоинспирированного метода, который должен обеспечивать достаточное разнообразие генерации ключей.

Реализация криптоанализа блочных методов с использованием ГА на примере представителя блочных шифров – стандарта DES наряду с экспериментальными результатами была представлена в [2,3]. Аналогичным образом рассмотрим кратко применение генетических методов для организации криптоанализа стандарта шифрования ГОСТ 28147-89 [4].

Для разработки криптоанализа алгоритма с помощью эволюционного подхода рассматривается вначале процесс параллельной реализации составляющих его этапов. В режиме простой замены на глобальном уровне в соответствии со структурной схемой, приведенной в [5], можно выделить следующие параллельно выполняемые этапы:

- параллельная обработка 64-битовых блоков исходного текста;
- параллельная обработка 32-разрядного вектора в 8 узлах замены.

С учетом этих очевидных преобразований структурная схема одного цикла режима простой замены представлена в [4].

Для данной структурной схемы, осуществляется формирование информационно-логической граф-схемы, путем отображения в ней связи по управлению и по информации. Для данного графа вводится в рассмотрение матрица следования S .

Далее на основе алгоритмов, описанных в [6], матрица S дополняется транзитивными связями, далее формируется симметричная матрица следо-

вания и вводится в рассмотрение матрица L логической несовместимости операторов, также дополненная транзитивными связями. Путем дизъюнктивного сложения этих матриц формируется матрица независимости M . Отметим, что структуры данных матриц приведены в [4].

Очевидно, что в общем случае применение ГА возможно для организации криптоаналитической атаки 2 типа, т. е. при наличии известного текста и шифртекста требуется определить секретный 256-битовый ключ (с целью дешифрования других сообщений, зашифрованных тем же ключом), либо 64-битовую синхропосылку \hat{S} , используемую для генерации гаммы шифра (при известном секретном ключе и таблицах перестановки в режиме гаммирования), либо таблицы перестановки (при известном секретном ключе и синхропосылке). Таким образом, реализация ГА заключается в генерации популяции секретных ключей (синхропосылок или таблиц перестановок) и оценкой их оптимальности с последующим применением стандартного набора генетических операций. Структурная схема, иллюстрирующая применение ГА для реализации криптографической атаки 2 типа (при наличии 64-битовых блоков открытого текста и шифртекста) алгоритма DES приведена в [3]. В соответствии с данной схемой после формирования начальной популяции ключей производится оценка их пригодности, т. е. проверка, насколько полученный с их помощью шифртекст совпадает с заданным. После оценки производится селекция индивидуумов популяции для проведения множества генетических операций и получения множества потомков, далее полученная расширенная популяция подвергается дальнейшему оцениванию. Процесс заканчивается либо когда прекращается эволюционирование популяции, либо когда исчерпан заданный временной ресурс (пройдено заданное количество генераций). Процесс криптоанализа алгоритма ГОСТ в общем случае может протекать аналогично.

Отметим, что описание результатов экспериментальной реализации, полученных при реализации ГА криптоанализа 2 типа алгоритма DES по определению квазиоптимального ключа, обеспечивающего максимальное совпадение полученного при расшифровании текста с исходным, приведено в [3].

Очевидно, что минимизация значения T времени работы ГА приводит к повышению быстродействия и эффективности ГА и возможна за счет распараллеливания процесса оценки элементов популяции как на глобальном уровне (параллельная обработка P элементов популяции на n процессорах),

так и на локальном (параллельная реализация процесса оценки одного элемента популяции). Таким образом, для повышения эффективности реализации ГА на локальном уровне необходимо определение минимального числа процессоров однородной вычислительной системы при заданных оценках времени выполнения операторов. Решение данной задачи основано на использовании методов и алгоритмов, описанных в [6], и приведено в [4]. В [4] проводится оценка числа процессоров $n = 2$, позволяющая выполнить алгоритм оценки элемента популяции за минимальное время $T = T_{кр}$, где $T_{кр}$ – длина критического пути в информационно-логическом графе. Данная оценка получена путем определения ранних τ_{pi} и поздних τ_{ni} сроков окончания выполнения операторов, составляющих информационно-логическую граф-схему, а также определения внутренне устойчивых множеств, представляющих множества взаимно независимых операторов. На основе значений τ_{pi} и τ_{ni} производится определение оценки минимального числа процессоров для выполнения алгоритма за время $T_{кр}$ в соответствии с визуальной методикой, описанной в [6], т. е. путем построения диаграмм ранних и поздних сроков окончания выполнения операторов и нахождения такого распределения временных границ операторов, при котором число используемых процессоров минимально.

Приведем описание некоторых экспериментальных результатов, полученных при реализации ГА криптоанализа, проводимого с использованием процессора CORE I7-4820K, CPU 3,7 GHz, ОЗУ 64 Гб. Результаты для двух серий экспериментов представлены в таблицах, приведенных в [4], где показан номер итерации, соответствующее количество хромосом, подвергнувшихся мутации и инверсии, а также соответствующее значение процента для 10 лучших хромосом популяции, определяющего совпадение полученного текста с исходным. При реализации эксперимента задавались следующие параметры: размер начальной популяции – 1000; количество итераций – 100; норма мутации и инверсии – 0,05; тип кроссинговера – простой двухточечный. Как свидетельствуют результаты, на 24 генерации наилучшая хромосома обеспечивает совпадение полученного текста с исходным на 50 %, на 32–33 генерации на 62,5 % [4].

Время реализации алгоритма для получения квазиоптимального ключа (50 %) составило при двухточечном кроссинговере (мутации и инверсии 5 %) от 74 м. до 24 часов.

Приведем результаты 2 экспериментов по определению квазиоптимального ключа, обеспечивающего максимальное совпадение полученного текста с исходным [4,7]. В качестве исходного при 1 эксперименте был использован следующий текст:

"У лукоморья дуб зеленый, золотая цепь на дубе том; и днем и ночью кот ученый все ходит по цепи кругом; идет направо – песнь заводит, налево – сказку говорит".

При реализации алгоритма криптоанализа путем разбиения исходного текста на 8-буквенные блоки, отмеченные ниже слэшами, и использовании параллельного вычислительного процесса был определен квазиоптимальный ключ, обеспечивающий получение следующего текста:

*"У*лук*м*/*ья*ду* _/***еный_/*ла*a*_ц/
*нь_н**д/*б*_то*;/_и*д*ем*/**н*чью_/
т*_чен/ы*_в*e*x/*д*т_по*/цепкр*/
го*;*ид*/*_н*n*ав/о_**не*n*/_зав**и/
т**на*ев/о***сказ*/у_*ов*р/ит.*_**_*

При 2 эксперименте в качестве исходного был использован следующий текст:

*"Белеет парус одинокой в тумане моря голубом !..
Что ищет он в стране далекой? Что кинул он в краю родном?..
Играют волны- ветер свищет, и мачта гнется и скрипит..."*

При реализации алгоритма криптоанализа был определен квазиоптимальный ключ, обеспечивающий получение следующего текста:

*"*еле*т*n/ар*c**ди/нок***в/т**ане*m/*ря_г**у/ом!..**/
то*ище**/о*_в_с**/ан*_a*e/ко*?***то/**ин*_л_о/н*v*кр*ю/
_ро*n**?/.**игр*ю/*_вол**/_-**т*р_/*виц**,/_и*ма*т*_/
*не**я_и/_*к*и*ит/*..*_**_*

Как можно заметить, полученные тексты достаточно близки к исходным (совпадение в пределах 62,5 %), содержат почти осмысленные слова (д*нем, н*чью, сказ*у, и*ма*т*), из чего следует, что процесс расшифрования (например, при использовании ГА для криптоанализа 1 типа) может быть доведен до конца вручную.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-01-00634)

Библиографический список

1. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Третьяков О. П. Криптографические методы и генетические алгоритмы решения задач криптоанализа: монография / Ю. О. Чернышев, А. С. Сергеев, Е. О. Дубров, О. П. Третьяков. – Краснодар : ФВАС, 2013. – 138 с.
2. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Рязанов А. Н., Москалев В. М. Разработка метода криптоанализа блочных шифров в системах защиты информации на основе параллельного генетического поиска // Сборник докладов XVII Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Т. 1. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2015, С. 408–411.
3. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Венцов Н. Н., Рязанов А. Н. Исследование возможности применения генетических алгоритмов для реализации криптоанализа блочных криптосистем // Вестник Донского государственного технического университета. – 2015. – № 3(82). – С. 65–72.
4. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Капустин С. А., Рязанов А. Н. Исследование возможности применения методов эволюционной оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ". – 2015. – № 10. – С. 32–40.
5. Романец, Ю. В., Тимофеев П. А., Шаньгин В. Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. – М. : Радио и связь, 1999. – 328 с.
6. Сергеев, А. С. Параллельное программирование / А. С. Сергеев. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2002. – 77 с.
7. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Рязанов А. Н. Применение методов генетического поиска для реализации криптоанализа блочных методов шифрования // Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2015) : материалы конференции. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ, 2015, С. 274–277.

Имитационная модель нефтяного терминала

Тимченко В. С. (г. Санкт-Петербург, Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, лаборатория проблем организации транспортных систем, e-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru)

Аннотация. Рассматривается структура имитационной модели, позволяющая оценить возможность освоения рассматриваемого грузопотока при заданных параметрах функционирования нефтяного терминала и соотношения категорий транспортных средств, а также решать оперативные, тактические и стратегические задачи.

Abstract. The imitating model structure allowing to estimate a possibility of the considered freight traffic development at the functioning set parameters of the oil terminal and a ratio of vehicles categories, and also to solve operational, tactical and strategic problems is considered.

Ключевые слова: нефтяной терминал, транспортный комплекс, инфраструктура, имитационная модель.

Key words: oil terminal, transport complex, infrastructure, imitating model.

Транспортный комплекс РФ работает в условиях ежегодного роста объемов грузовых перевозок и дефицита пропускных и провозных способностей [1-2], что вызывает необходимость больших объемов инвестиций в поэтапное развитие инфраструктуры.

Одним из основных экспортных грузов РФ является нефть и нефтепродукты. Так экспорт Российской Федерации только сырой нефти увеличился с 144, 4 млн т в 200 году до 223,4 млн т [3].

Исследования показывают, что 85–95 % общей продолжительности логистической цепи производственного цикла товародвижения составляет ожидание обработки, транспортировки и других операций, включая нахождение в пунктах перевалки, поэтому столь важна надежная оценка соответствия перерабатывающей способности объектов временного хранения, в том числе нефтяных терминалов, потребностям экономики.

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. ставится задача интенсивного развития транспортной инфраструктуры. Одним из направлений ее научного обеспечения является создание имитационных систем, позволяющих моделировать системы различных видов транспорта.

Имитационная модель позволяет автоматически определять значения параметров рассматриваемой системы, меняя при этом условия протекания процесса и случайные события, учет которых при традиционных подходах

вызывает существенные затруднения. Это позволяет оперативно учитывать все изменения в проекте, а также получить более точные значения оптимальных параметров функционирования системы, чем при традиционно применяемом расчете [4].

Целью исследования является демонстрация возможностей метода имитационного моделирования при комплексном рассмотрении процесса функционирования объектов транспортной инфраструктуры.

Имитационная модель была построена в среде AnyLogic, которая является на сегодняшний момент универсальным средством имитационного моделирования, в рамках которой реализованы: дискретно-событийный, агентный и системнодинамический подходы. В рамках данного исследования был использован дискретно-событийный подход [5], который позволил рассмотреть процесс перевалки нефтепродуктов с железнодорожного транспорта на морской, с помощью имитационной модели [6–7], структура которой представлена на рис. 1.

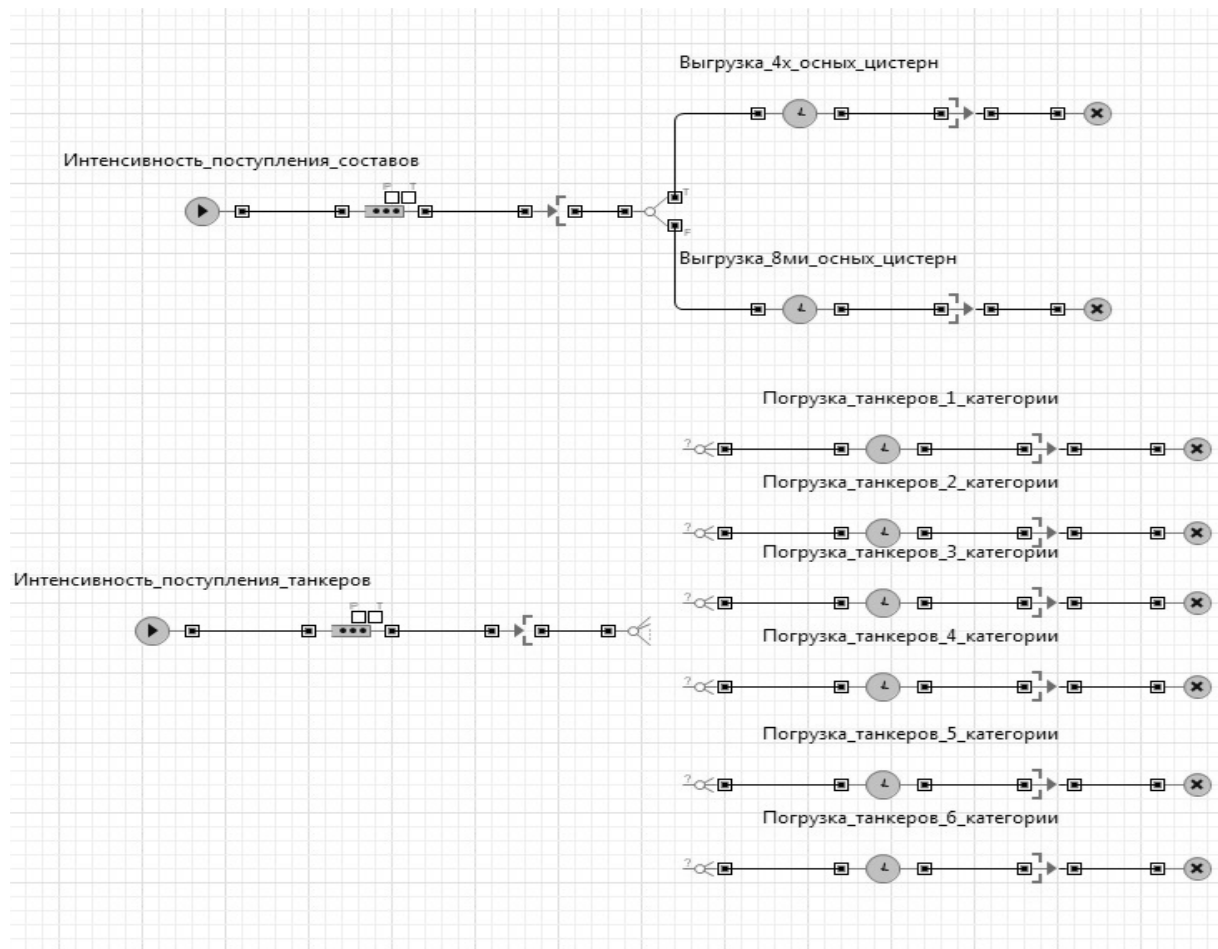


Рисунок 1 – Структура имитационной модели нефтяного терминала

Структура модели представляет собой два параллельных процесса:

1. Выгрузка нефти из цистерн.
2. Погрузка нефти на танкеры.

Первыми в обоих процессах идут блоки, отвечающие за интенсивность поступления заявок в модель. Его параметры заданы таким образом, чтобы исключить межоперационные простои, так как мы рассчитываем максимальную перерабатывающую способность склада. Если бы мы рассматривали задачу оптимизации работу имеющегося нефтяного терминала, то в этих блоках использовался бы закон распределения интенсивности поступления транспортных средств.

Далее идут блоки, имитирующий очереди поступления транспортных средств, после которых расположены блоки, ограничивающие количество одновременно выгружаемых транспортных средств.

Затем идет сеть развилки, которые позволяют "размножить" ту часть модели, которая отвечает за процесс выгрузки [8–13], позволяющие учесть разные вместимости составов из 4-х и 8-ми осных цистерн и дедвейт танкеров. Завершают модель блоки отвечающие за подсчет количества обслуженных транспортных средств разных категорий и удаление заявок из модели.

Если в процессе моделирования при заданных параметрах системы объем нефтяного терминала будет полностью заполнен, то моделирование завершается и делается вывод о невозможности освоения заданного грузопотока при заданных параметрах нефтяного терминала. Оператору имитационной модели при следующем эксперименте следует сделать одно из двух возможных действий:

1. Увеличить максимальный объем нефтяного терминала.
2. Сократить объем грузопотока.

По мнению автора, наилучшим вариантом будет задание изначально завышенной емкости нефтяного терминала, и вывести на временной график динамику его фактического заполнения, пиковое значение которого и будет характеризовать максимальное использование перерабатывающей способности склада.

Модель позволяет рассмотреть работу нефтяного терминала, при разных процентных соотношениях рассматриваемых категорий транспортных средств, а также увеличить их количество, при несложной ее модификации. При наличии законов распределения интенсивности поступления транспортных средств, имитационная модель позволяет не только оценить максималь-

ную перерабатывающую способность, но и достаточность инфраструктурных и технологических мероприятий по ее увеличению, в случае необходимости увеличения перерабатывающей способности нефтяного терминала.

С помощью имитационной модели можно рассчитать следующие основные показатели эффективности работы нефтяного терминала:

- Коэффициент загрузки каналов;
- Средняя длина очереди;
- Среднее время ожидания обслуживания;
- Вероятность ожидания обслуживания.

Заключение. В статье представлена имитационной модели работы нефтяного терминала ада, которая позволяет оценить достаточность его перерабатывающей способности в условиях обслуживания нескольких категорий транспортных средств, предназначенная для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы.

Библиографический список

1. Белый, О. В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2010. – № 4. – С. 97–100.
2. Белый, О. В. Задачи и проблемы транспортной стратегии Российской Федерации // Доклады Международной Юбилейной научно-практической конференции Транспорт России: проблемы и перспективы 2015. – СПб., 2015. – С. 8–17.
3. Экспорт Российской Федерации сырой нефти за 2000–2015 годы [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: www.cbr.ru/statistics/credit_statistics/print.aspx?file=crude_oil.htm
4. Долматов, М. А., Нисенбаум Р. С., Плотников А. М., Федотов Д. О. Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России // Национальное общество имитационного моделирования. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-64-69.pdf> (дата обращения 24.01.2015 г.).
5. Борщев, А. В. Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем // Сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции "Имитационное моделирование. Теория и практика" (ИММОД-2013). Том 1. // ISBN 978-5-9690-0221-0 // Издательство "ФЭН" Академии наук РТ, Казань, 2013. – С. 21–34.

6. Тимченко, В. С. Имитационная модель нефтяного терминала // Новые технологии в газовой промышленности. – 2015. – С. 197.
7. Тимченко, В. С. Имитационная модель оценки технических и экономических параметров работы нефтяного терминала в морском порту // Нефть и газ, 2015. – 2015. – С. 192.
8. Котенко, А. Г., Ковалев К. Е., Тимченко В. С. Оценка достаточности перерабатывающей способности распределительного склада тарно-штучных грузов, при обслуживании семи категорий транспортных средств // Интеллектуальные системы на транспорте. – 2015. – № 5. – С. 135–144.
9. Галкина, Ю. Е., Ковалев К. Е., Тимченко В. С. Оценка перерабатывающей способности грузового фронта методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 54–58.
10. Константинов, Е. В., Тимченко В. С. Применение имитационного моделирования в учебном процессе транспортного ВУЗа // Мир науки. – 2015. – № 3. – С. 12.
11. Тимченко, В. С. Имитационная модель автосервиса // Сборник трудов по материалам VI межвузовской научно-практической студенческой конференции, посвященной 60-летию Смоленского филиала МИИТ "Молодежь. наука. инновации" – 2015 – Смоленск : МГУПС, 2015. – С. 120–122.
12. Тимченко, В. С. Имитационная модель склада тарно-штучных грузов при обслуживании семи категорий автомобилей // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2015. – Том 2. – С. 82–87.
13. Тимченко, В. С. Имитационное моделирование грузового фронта // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2015. – Том 1. – С. 383–386.

Оценки потерь по причине отставления грузовых поездов от движения методом имитационного моделирования

Тимченко В. С. (г. Санкт-Петербург, Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, лаборатория проблем организации транспортных систем, e-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru)

Аннотация. В статье представлена имитационная модель оценки потерь ОАО "РЖД" по причине отставления грузовых поездов, следующих в адрес морских портов, от движения, разработанная в рамках системнодинамического подхода в среде AnyLogic и обоснование актуальность данной работы.

Abstract. The imitating model of an assessment of losses of Russian Railways because of excess of date of cargo delivery of the following to seaports developed within System Dynamic Simulation approach in the environment of AnyLogic and justification relevance of this work is presented in article.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, экспортные перевозки, морские порты, имитационное моделирование.

Key words: railway transport, export transportations, seaports, imitating modeling.

Несмотря на снижение грузооборота железнодорожного транспорта в январе-августе 2015 года на 0,1 %, экспортные перевозки в адрес морских портов увеличились, так как грузооборот морского транспорта за тот же период вырос на 13,6 % [1], что в условиях отставания в развитии пропускных способностей железнодорожных направлений и перерабатывающих способностей технических станций вызывает задержки грузовых поездов и отставление их от движения ("бросание") [2].

В 2012 году на подходах к морским портам ежедневно простаивало в ожидании выгрузки 31,2 тыс. вагонов с экспортными грузами. За 9 месяцев 2015-го количество отставленных от движения поездов в адрес морских портов [3] по сравнению с аналогичным периодом 2014 года сократилось на 22 %, в том числе на Дальневосточной магистрали – на 31 %, Октябрьской – на 35 %, Северо-Кавказской – на 4 %.

Классификатор причин "бросания" составов поездов [4] содержит 25 различных наименований, каждая из которых требует своего воздействия по устранению.

Особенности железнодорожного обслуживания морских портов обусловлены неравномерностью погрузки в адрес портов и прибытия морских судов, нехваткой портового оборудования и вместимости складов, малым количеством приемо-отправочных путей на припортовых станциях, смерзанием грузов в зимних условиях и т. д. Поэтому задержки грузовых поездов, движущихся к морским портам, значительно выше, чем поездов других назначений.

При этом возникают скопления железнодорожных составов на припортовых станциях и подходах к ним в пиковые периоды, которые серьезно осложняют работу других станций и участков.

Из-за сложностей с организацией ритмичной работы двух видов транспорта на подходах к морским портам [5], появляется большое число "брошенных" поездов.

Отставление составов поездов от движения снижает показатели эксплуатационной работы железных дорог [6], нарушает технологический процесс подачи вагонов, влечет невыполнение перевозчиком обязательств по срокам доставки грузов.

Оперативно-диспетчерскому персоналу Дирекции движения совместными усилиями с сотрудниками ЦФТО подсилу сократить количество "брошенных" поездов, но целиком устранить практику бросания они не смогут из-за особенностей работы на стыке железная дорога – морской порт, связанных как с технологией работы, так и с особенностями рыночной экономики – практика массового увеличения отправок в конце кварталов и года для закрытия контрактов и увеличения выручки в статистических отчетах грузоотправителей.

А раз это нельзя устранить, это нужно учитывать, в том числе прогнозировать потери по причине отставления грузовых поездов от движения и отвлекаемые на бросание и подъем поездов ресурсы.

Уменьшение количества отставленных от движения поездов позволит сократить:

1. Отвлечение локомотивов и локомотивных бригад на отставление от движения и "подъем" поездов.
2. Использование работников службы вагонного хозяйства к опробованию тормозов на станциях отставления поезда от движения.
3. Использование работников станций и снегоочистительных машин для очистки станции "бросания" поезда.

4. Затраты на продвижение брошенных поездов на станции назначения в условиях дефицита пропускной способности.

5. Выплату пени за несоблюдение сроков доставки грузов.

Суммарные потери по причине отставления грузовых поездов от движения предлагается определять по авторской методике [7–8]:

$$C_{bn2} = C_{зб} + C_{зпр} + C_{зн} + C_е + C_n + C_{зо},$$

где $C_{зб}$ – суммарные затраты на отставление поезда от движения за рассматриваемый период, тыс. руб;

$C_{зпр}$ – затраты на простой поезда, тыс. руб;

$C_{зн}$ – суммарные затраты на "подъем" поезда за рассматриваемый период, тыс. руб;

$C_е$ – стоимость одного часа рабочего времени работника Службы вагонного хозяйства, тыс. руб;

C_n – пени за невыполнения срока доставки, тыс. руб;

$C_{зо}$ – суммарные затраты при очистке от снега станции отставления поезда от движения, тыс. руб.

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. ставится задача интенсивного развития транспортной инфраструктуры. Одним из направлений ее научного обеспечения является создание имитационных систем различных видов транспорта [9–10].

Имитационная модель позволяет [11] автоматически определять значения параметров рассматриваемой системы, меняя при этом условия их функционирования и учитывая стохастические процессы, учет которых аналитическими методами вызывает затруднения.

Имитационная модель оценки потерь по причине отставления грузовых поездов от движения (рис. 1) была построена с использованием системно-динамического подхода в универсальной среде AnyLogic [12].

В имитационной модели (рис. 1) использовались: накопители (квадраты), параметры (круги с черным треугольником), динамические переменные (однотонные круги) и связи между элементами.

Шаг моделирования в модели равен одним суткам. С помощью табличной функции задается динамика отставленных от движения грузовых поездов по видам тяги, так как затраты на их бросание будут разными.

Законы распределения, используемые в процессе имитационного моделирования, получены в результате обработки статистических данных отставления грузовых поездов от движения при их движении со всей сети в адрес одного из портов Северо-Западного региона в 2014 году (табл. 1). При интеграции имитационной модели оценки потерь по причине отставления грузовых поездов от движения с сетевыми информационными системами ОАО "РЖД" будут получены более точные результаты, так как исходные данные можно будет дифференцировать по регионам управления, морским портам и т. д., что является достаточно трудоемкой задачей при получении и обработке данных в ручном режиме.

Таблица 1 – Законы распределения, используемые в процессе имитационного моделирования

Наименование переменной	Параметры законов распределения	Единицы измерения
Расстояние от станции стоянки поезда до локомотивного депо или станции смены локомотивов	lognormal(3.4756, 1.033, 2)	км.
Длительность простоя поезда на станции	lognormal(1.3235, 0.9962, 1)	ч.
Стоимость доставки поезда	lognormal(15.1549, 0.7593, 92814)	руб.
Превышение тарифного срока	lognormal(1.3592, 0.8619, 1)	сут.

Результаты моделирования выводятся с помощью временных графиков: динамика суммарных потерь по причине отставления грузовых поездов от движения с шагом в один день и суммарные потери по причине отставления грузовых поездов от движения за период моделирования. Также можно оценить количество отвлекаемых на бросание и подъем поездов ресурсов и длительность их отвлечения.

Имитационная модель на основе статистических значений грузовых поездов, отставленных от движения и длительностей превышения договорных сроков доставки грузов и их прогнозных значений позволят оценить потери ОАО "РЖД" в текущем году и на перспективу, на основании которых можно оценить срок окупаемости мероприятий по сокращению количества отставленных от движения грузовых поездов.

При простоях вагонов на путях станции общего пользования после договорной даты, в соответствии с Уставом железных дорог и измененным Та-

рифным руководством № 2 [13], ОАО "РЖД" будет получать плату за нахождение подвижного состава на путях общего пользования [14], что снизит срок окупаемости мероприятий по сокращению количества отставленных от движения грузовых поездов.

Если бы в 2014 году за все отставленные от движения поезда ОАО "РЖД" получало плату по текущим ставкам, то дополнительный доход компании за "брошенные" поезда составил более 700 млн. руб. [15] при отставлении от движения каждого грузового поезда на одни сутки.

Заключение. В статье представлена имитационная модель оценки потерь ОАО "РЖД" по причине отставления грузовых поездов от движения, вызванной особенностью работы на стыке железная дорога – морской порт.

Библиографический список

1. Грузооборот транспорта в РФ в январе-августе снизился на 1,4 % // ТАСС Северо-Запад [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tass.ru/transport/2270790>

2. Кокурин, И. М., Катцын Д. В., Малыгин И. Г. Организация экспорта каменного угля на основе Концентрации логистической цепи поставок // Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. – 2013. – № 2. – С. 15–17.

3. Поезда в отставке / РЖД Партнер [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rzd-partner.ru/news/zheleznodorozhnye-gruzoperevozki/poezda-v-otstavke/>.

4. Распоряжение ОАО "РЖД" от 21.08.2008 г. № 1757р "Об организации учета и составлении оперативной отчетности по временно отставленным от движения ("брошенным") составам поездов", 13 с.

5. Рецепты ускорения / Пульт управления [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=917608>.

6. Велиева Е. А. Систематизация причин бросания поездов на дальневосточной железной дороге // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2014. – № 2. – С. 65–69.

7. Тимченко, В. С. Буферный парк в припортовом железнодорожном узле // Доклады XIV Международной научно-практической конференции Логистика: современные тенденции развития (ГУМРФ). – СПб., 2015. – С. 350–353.

8. Тимченко, В. С. Методика обоснования строительства парка отстоя в припортовом железнодорожном узле // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 4. – С. 44–49.

9. Тимченко, В. С. Перспективы применения отечественного опыта расчёта железнодорожных станций, участков и транспортных узлов методом имитационного моделирования при развитии железнодорожной инфраструктуры Крымского полуострова // Интернет-журнал "Мир науки". – 2014. – № 4. – С. 17–25.

10. Белый, О. В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2010. – №4. – С. 97–100.

11. Долматов, М. А., Нисенбаум Р. С., Плотников А. М., Федотов Д. О. Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России // Национальное общество имитационного моделирования [электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-64-69.pdf>.

12. Борщев, А. В. Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем // Сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции "Имитационное моделирование. Теория и практика" (ИММОД-2013). Том 1. // ISBN 978-5-9690-0221-0 // Издательство "ФЭН" Академии наук РТ, Казань, 2013. – С. 21–34.

13. Правила применения ставок платы за пользование вагонами и контейнерами федерального железнодорожного транспорта (тарифное руководство № 2), утверждены постановлением Федеральной энергетической комиссии Российской Федерации от 19 июня 2002 г. № 35/12. – 17 с.

14. Приказ ФСТ России "Об утверждении платы за нахождение на железнодорожных путях общего пользования подвижного состава и правил ее применения (Тарифное руководство), а также о внесении изменений и дополнений в Правила применения ставок платы за пользование вагонами и контейнерами федерального железнодорожного транспорта (Тарифное руководство №2), утвержденные постановлением Федеральной энергетической комиссии Российской Федерации от 19 июня 2002 года № 35/12" от 29.04.2015. – № 127-т/1. – 22 с.

15. Кузнецов А. В. Отставим груз на колёсах по договору / Гудок [электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1276081&archive=2015.06.04>.

Исследование потребности рыбопромышленного комплекса Мурманской области в кадрах

Халиуллина Д. Н., Малыгина С. Н., Быстров В. В. (*г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, khaliullina@iimm.ru, malygina@iimm.ru, bystrov@iimm.ru*)

Аннотация. Доклад посвящен прогнозированию динамики численности рабочих мест в рыбной отрасли Мурманской области на основе имитационного моделирования. Имитационная модель построена на базе экспертных знаний и данных официальной государственной статистики и позволяет проигрывать различные сценарии изменения кадровой потребности рыбной отрасли.

Abstract. The paper focuses on forecasting of dynamics of workplaces number in the fishing industry of Murmansk region based on simulation. The simulation model was built with the consideration of expert knowledge and data of official state statistics. The model allows run different scenarios of manpower needs changes in the fishing industry.

Ключевые слова: кадровая потребность, имитационное моделирование

Key words: manpower needs, simulation

Введение. Рыбное хозяйство в Российской Федерации является комплексным сектором экономики, включающим широкий спектр видов деятельности – от прогнозирования сырьевой базы отрасли до организации торговли рыбной продукцией в стране и за рубежом. В экономике страны рыбное хозяйство играет важную роль в качестве поставщика пищевой, кормовой и технической продукции [1].

Одним из передовых регионов, занимающимся выловом рыбы и морепродуктов является Мурманская область. Промысел рыбодобывающими компаниями данного региона осуществляется в основном в 200-мильных зонах иностранных государств на основе достигнутых международных соглашений и договоров в области рыболовства (62,3 % улова), в рыболовной зоне России (24,5 % улова), а также в открытых районах Мирового океана, за пределами 200-мильных зон (13,2 % улова). Во внутренних водоемах, расположенных на территории Мурманской области, добывается очень незначительная часть годового улова (0,01 %) [2].

Предприятиями региона ежегодно вылавливается свыше 600 тысяч тонн водных биоресурсов (рис. 1). Годовой объем выпуска рыбной продукции

колеблется в пределах 510–580 тысяч тонн. 60 % вырабатываемой продукции поставляется на внутренний рынок России [3].

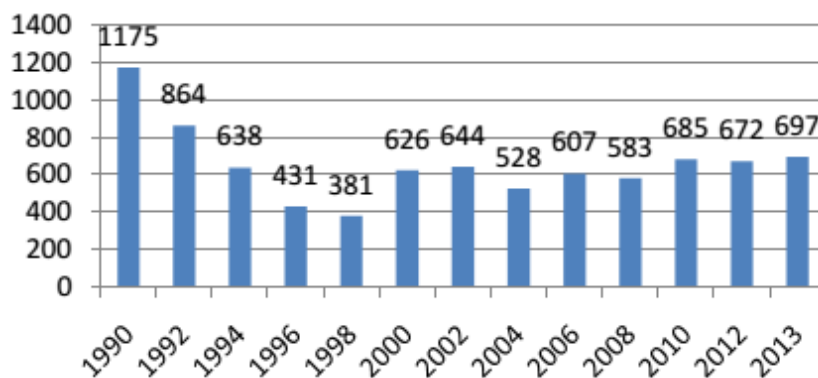


Рисунок 1 – Динамика уловов водных биоресурсов предприятиями Мурманской области с 1990 по 2013 гг. (тыс. т)

Основу отрасли составляют ее добывающий флот, который насчитывает 219 морских промысловых судов. Кроме того, при промысле используются до 100 маломерных судов прибрежного лова. Основу берегового комплекса составляют портовые сооружения, береговые рыбоперерабатывающие предприятия, компании по судоремонту. Рыболовством, рыбоводством, переработкой и консервированием рыбо- и морепродуктов занимаются 191 организация Мурманской области, среднесписочная численность работников которых составляет 7,9 тысяч человек.

Прирост объемов спроса на персонал в отрасли более чем вдвое превышает динамику предложения. Ситуация усугубляется еще и тем, что в отрасль приходит мало молодых соискателей. Так, доля специалистов с опытом от 0 до 3 лет в рыбной промышленности составляет всего 23 %, тогда как на эту категорию персонала приходится 73 % спроса работодателей (рис. 2). Самая активная возрастная категория в рыбной отрасли – соискатели старше 35 лет.



Рисунок 2 – Динамика спроса и предложения на рынке труда рыбопромышленного комплекса СЗФО за 2010–2013 гг.

Многие выпускники специализированных рыболовных и рыбопромышленных учебных заведений предпочитают более привлекательные с точки зрения карьеры и заработных плат профессиональной сферы, либо находят применение своим знаниям не в промысле и обработке, а в продаже рыбы [4].

В связи с этим на сегодняшний день актуальным остается вопрос прогнозирования кадровой потребности предприятий данной сферы. Наличие информации по дефициту кадров позволит своевременно разрабатывать мероприятия по регулированию и контролю за изменениями рынка труда, а также по стратегическому планированию системы подготовки и переподготовки кадров, ориентированной на спрос. Разработка моделей для прогнозирования даст возможность решить целый ряд задач по исследованию ситуаций и выявлению тенденций развития рыбопромышленного комплекса региона.

Разработка модели. Универсальным и эффективным инструментом познания внутренних закономерностей, присущих явлениям и процессам является математическое моделирование. Построение математической модели заключается в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат.

При построении модели кадровой потребности рыбной отрасли был проведен анализ различных экономических и социальных показателей, что позволило выделить основные параметры и определить их зависимость от других элементов математической модели.

– Pr – количество имеющихся предприятий рыбной отрасли:

$$\frac{dPr}{dt} = V Pr - L Pr, \quad (1)$$

где $V Pr$ – количество возникших предприятий; $L Pr$ – количество ликвидированных малых предприятий.

– N – население области:

$$\frac{dN}{dt} = Im - Em + R - S, \quad (2)$$

где Im – иммиграция населения; Em – эмиграция населения; R – рождаемость; S – смертность.

– rmt – количество вакантных рабочих мест в сфере рыболовства и рыбобоводства:

$$\frac{drmt}{dt} = voz - likv, \quad (3)$$

где voz – число возникших рабочих мест; $likv$ – число ликвидированных рабочих мест.

– Zt – количество людей, занятых в рыбной отрасли:

$$\frac{dZt}{dt} = prin - ush, \quad (4)$$

где $prin$ – количество людей, принятых на работу в отрасль; ush – число уволенных по разным причинам.

Для построения более точной модели был проведен регрессионный анализ для следующих параметров модели:

– возникшие и ликвидированные предприятия:

$$\begin{aligned} VPr &= f_1(Ob, Pr, Proiz) = \\ &= 198.809 - 1.458 \cdot 10^{-6} \cdot Ob - 1.628 \cdot 10^{-3} \cdot Proiz - 0.106 \cdot Pr; \end{aligned} \quad (5)$$

– возникшие предприятия:

$$\begin{aligned} LPr &= f_2(Ob, Pr, Proiz) = \\ &= -153.993 + 9.821 \cdot 10^{-6} \cdot Ob - 6.993 \cdot 10^{-3} \cdot Proiz + 0.351 \cdot Pr; \end{aligned} \quad (6)$$

– ликвидированные предприятия,

где Ob – оборот предприятий; Pr – количество существующих предприятий; $Proiz = 0.55 \cdot ulov$ – производство продукции, где $ulov$ – улов рыбы за год по Мурманской области.

– рождаемость:

$$R = h(dn, kmz, N) = -2.461 \cdot 10^3 + 0.022 \cdot dn + 340.661 \cdot kmz + 3.357 \cdot 10^{-3} \cdot N, \quad (7)$$

где dn – доход населения; kmz – число квадратных метров жилья, приходящееся на одного человека; N – население области.

– эмиграции и миграции:

$$\begin{aligned} Im &= g_1(rmes, kmz, kzp) = \\ &= 1.252 \cdot 10^6 - 27.325 \cdot rmes - 2.716 \cdot 10^4 \cdot kmz - 3.538 \cdot 10^5 \cdot kzp; \end{aligned} \quad (8)$$

– иммиграция населения,

$$Em = g_2(rmes, kmz, kzp) = 1.432 \cdot 10^6 - 24.927 \cdot rmes - 3.009 \cdot 10^4 \cdot kmz - 4.31 \cdot 10^5 \cdot kzp; \quad (9)$$

– эмиграция населения,

где $rmes$ – общее количество рабочих мест; kmz – число квадратных метров жилья, приходящееся на одного человека; kzp – отношение заработных плат области к средней по стране.

Разработанная математическая модель послужила основой для имитационной модели прогнозирования кадровой потребности рыбной отрасли Мурманской области.

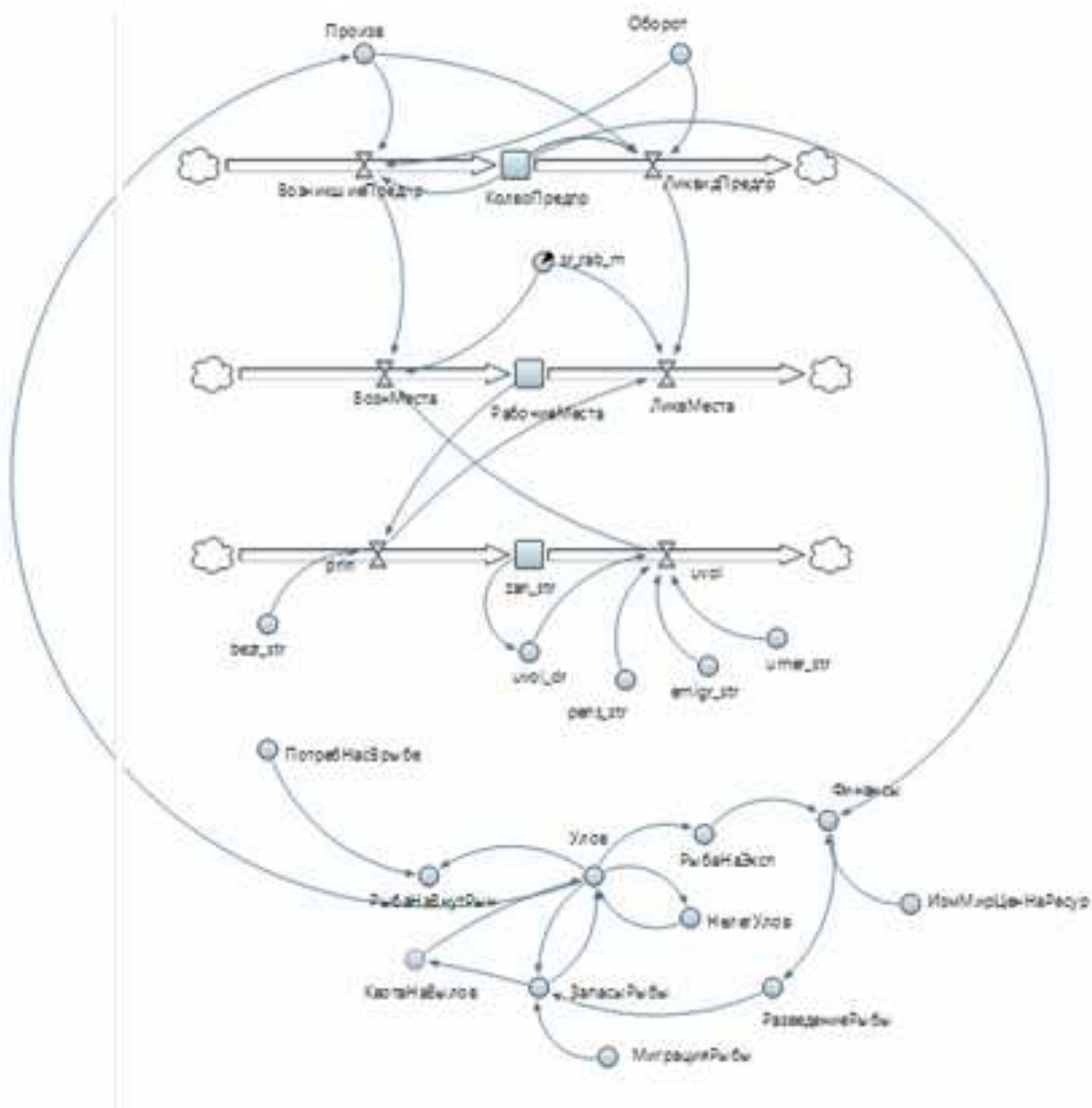


Рисунок 3 – Фрагмент модели распределения рабочих мест рыбной отрасли

Условно модель можно разделить на несколько блоков, которые отражают направленность каждого элемента:

– Демография области. К основным задачам блока относятся: моделирование динамики общей численности населения, учет рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции населения, а также количества рабочих мест по Мурманской области во всех отраслях и другие параметры;

– Население, занятое в рыбной отрасли. В данном блоке оценивается численность населения, которое работает в рассматриваемой отрасли, количество безработных, принятых на работу, уволенных по различным причинам, а также количество рабочих мест данной отрасли и др.;

– Рабочие места рыбной отрасли. Данный блок отражает количество возникших, ликвидированных, а также вакантных рабочих мест рассматриваемой отрасли, количество принятых, ушедших с работы людей по различным причинам, а также среднее число рабочих на предприятии рыбной отрасли и др.

Результаты. Проверка адекватности модели дала следующие результаты: по населению, занятому в рыбной отрасли, полученные данные отличаются от статистических в среднем на 2,6 %, по числу ликвидированных предприятий – на 13,2 %, по числу возникших предприятий – на 7,1 %, по количеству предприятий рыбной отрасли – на 2,7 %, по количеству рабочих мест – на 4,6 %.

Анализ статистических данных [2] показал, что в последние годы количество предприятий рыболовной отрасли сокращается, что приводит к сокращению рабочих мест (рис. 4).

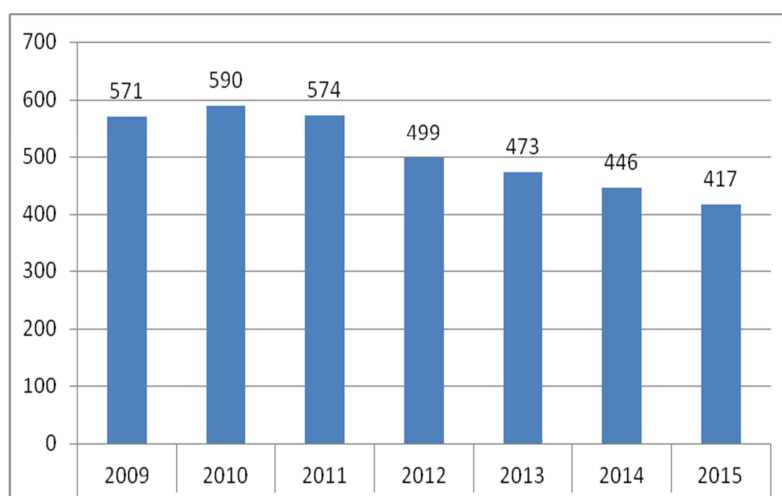


Рисунок 4 – Динамика количества организаций рыбной отрасли

Одним из параметров, влияющим на численность сотрудников, является объем выловленной рыбы. Разработанная имитационная модель позволяет спрогнозировать количество рабочих мест в зависимости от предполагаемого вылова. Прогнозирование осуществлялось на период с 2014 по 2018 гг. (рис. 5).

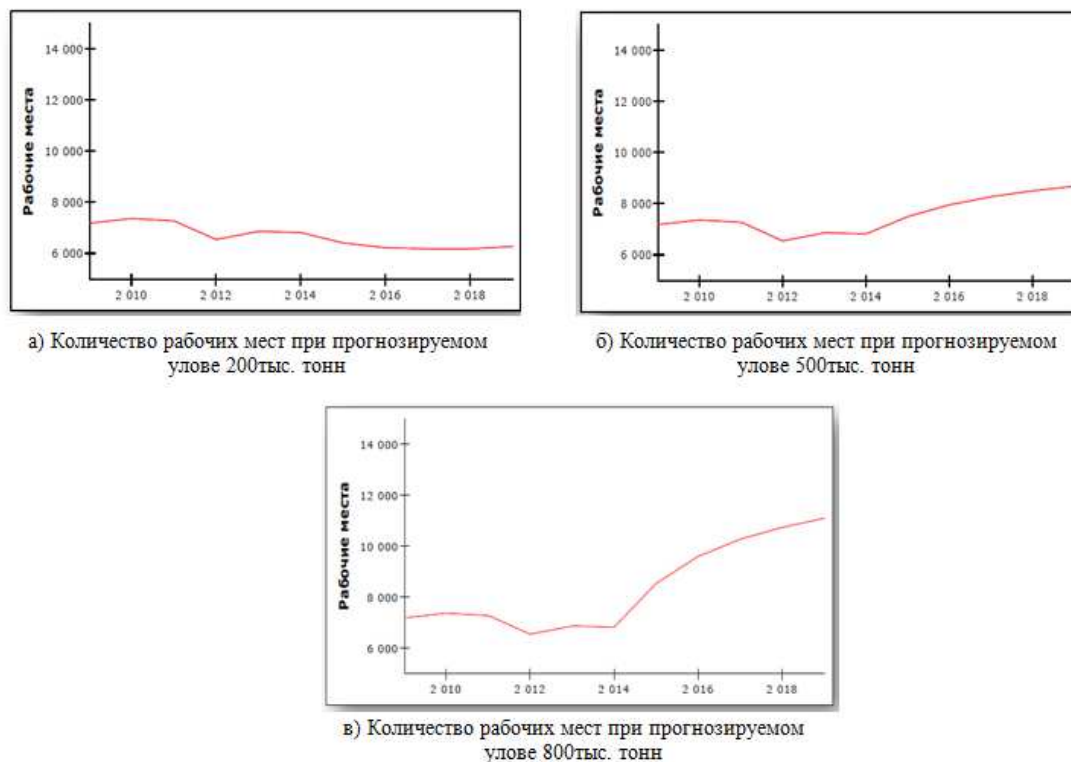


Рисунок 5 – График рабочих мест при различных прогнозируемых объемах улова

Варьируя в модели прогнозируемый объем улова (ОУ), получаем следующие данные: ОУ – 200000 тонн, число вакантных рабочих мест к 2018 году снижается до 6204 человек; ОУ – 500000 тонн, число вакантных рабочих мест к 2018 году увеличивается до 8495 человек; ОУ – 800000 тонн число, вакантных рабочих мест к 2018 году увеличивается до 10746 человек.

Заключение. Разработанную имитационную модель можно рассматривать как часть системы поддержки принятия решения в области кадровой политики рыбопромышленного комплекса Мурманской области. Модель позволяет оценить возможные варианты развития рыбопромышленной отрасли на региональном уровне в зависимости от планируемых объемов улова. На основе анализа результатов моделирования можно выявлять потенциальные угрозы в кадровом обеспечении региональных рыбопромышленных предприятий и вырабатывать предупреждающие меры для их предотвращения.

В данной статье представлены промежуточные результаты, исследования в данной области еще продолжаются. Одним из возможных путей развития (совершенствования) компьютерной модели является более детальный учет инфраструктуры рыбопромышленного отрасли. В частности, можно добавить структуру и варианты развития промыслового флота, который влияет на максимальные объемы вылова, или более подробно рассмотреть финансовые потоки отрасли с учетом ценообразования на всех стадиях производства продукции.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 02.09.2003 N 1265-р (ред. от 21.07.2008) <О Концепции развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года> . Современное состояние рыбного хозяйства Российской Федерации и его роль в экономике государства // Официальный сайт компании "КонсультантПлюс".

URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99310 (дата обращения: 09.03.2016)

2. Рыбная промышленность – традиционная сфера деятельности населения Мурманской области.

URL:http://fish-seafood.ru/news/detail.php_ID=73855.html (дата обращения: 09.03.2016)

3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Мурманской области. URL: <http://murmanskstat.gks.ru> (дата обращения: 09.03.2016).

4. Рыбная промышленность Мурманска испытывает колоссальный дефицит кадров // Портал Мурманской области.

URL:<http://region51.com/node/905253> (дата обращения: 09.03.2016)

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА
НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ**

Современное морское образование и дистанционные образовательные технологии

Висков А. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. В статье рассматриваются новые требования к компетенциям морских специалистов, выявлены некоторые проблемы современного морского образования, обозначены пути их решения, том числе через укрепление связи образовательного процесса с производством и широкого внедрения дистанционных образовательных технологий.

Abstract. In the article some modern requirements of marine specialists competences are overviewed, defined problems of up-to-date marine education are found out. Some approaches to solve the mentioned problems are shown, including strengthening the alliance between the education process and real practice and wider implementation of e-learning.

Ключевые слова: морское образование, автоматизация, компьютерные системы, электроники, дистанционное обучение.

Key words: marine education, automation, computer systems, electronics, e-learning.

Современный этап развития флота характеризуется следующими особенностями:

- ускорение смены поколений судов;
- внедрение достижений современной силовой электроники;
- расширение применения схем с электродвижением;
- тотальная автоматизация всех судовых процессов;
- массовое внедрение компьютерных систем управления;
- сокращение численности экипажа.

Эффективная и безопасная эксплуатация современного флота влечет изменение требований к компетенциям эксплуатирующих специалистов. Все большее значение приобретают:

- способность к быстрому изучению новых технических комплексов;
- наличие достаточного объема фундаментальных знаний в области физики, механики, электротехники, электроники, информатики;
- повышение ценности системного подхода к практической деятельности;
- хорошая подготовка в области автоматизации и компьютерной техники;
- готовность к постоянному самообразованию.

Система морского образования сталкивается с новыми вызовами как в области базовой подготовки новых специалистов, так и в области пере-

подготовки действующего плавсостава. Основными трудностями в организации основного образовательного процесса являются:

- труднодоступность информации о современных судах и судовых технических средствах;
- невозможность для преподавателей практически познакомиться с судами и комплексами судовых технических средств;
- отсутствие современных специализированных технических средств обучения;
- существенное снижение уровня общей подготовки абитуриентов;
- снижение мотивации обучающихся к приложению усилий в получении профессии;
- недостаточная выстроенность системы наставничества на флоте.

Трудности в организации повышения квалификации и переподготовки в основном связаны с:

- необходимостью собирать группы обучающихся во время их отпусков;
- невозможностью организовать учебный процесс длительностью более месяца;
- неопределенностью фактических потребностей практики за пределами конвенционных требований;
- недостатком общей подготовки в области электроники, автоматизации и компьютерной техники, требующим значительного увеличения длительности и интенсивности переподготовки;
- недостаточностью мотивации к дополнительному образованию.

Анализ ситуации в области морского образования, сложившихся отношений образовательных учреждений с бизнесом, определенная ограниченность возможностей всех участников процесса позволяет предложить, в частности, следующие подходы к повышению эффективности морского образования:

- более широкое вовлечение специалистов-практиков в формирование содержательной части подготовки;
- укрепление связи науки с производством на основе потребностей практической деятельности;
- инициирование отраслевых научно-образовательных программ;
- широкое внедрение методов дистанционного обучения с применением информационно-телекоммуникационных технологий;
- создание положительного имиджа системы непрерывного морского образования.

Укрепление связи основного морского образования с практической морской деятельностью может осуществляться через:

1. Развитие института наставничества, включая:

- привлечение высококвалифицированных специалистов к передаче опыта;
- создание для наставников соответствующих условий труда;
- создание системы распространения лучших наставнических практик;
- разработка мер материального и нематериального поощрения наставников.

2. Более широкое вовлечение практиков в формирование содержательной части подготовки:

- участие представителей промышленности в формировании целей и направлений образовательной деятельности;
- передача технической информации образовательным учреждениям;
- участие флотских специалистов в разработке учебно-методических пособий и материалов;
- проведение регулярных круглых столов по вопросам актуализации содержания морского образования.

Наука только тогда является производительной силой, когда цели научной деятельности формулируются за пределами научного сообщества, поэтому управление научной деятельностью должно осуществляться в рамках следующих подходов:

- промышленность формулирует потребности, исходя из собственных представлений и нужд;
- государственные органы синтезируют из потребностей промышленности цели научной деятельности с учетом общегосударственных интересов и формулируют задачи для всех участников процесса;
- научные и образовательные учреждения находят способы решения задач и получают научные и методические результаты;
- научные и образовательные учреждения совместно представителями промышленности под контролем государственных органов внедряют полученные результаты в практику.

Поскольку весомость и ценность получаемых результатов не в последнюю очередь зависит от масштабов проекта, объема привлекаемых ресурсов, количества и разнопрофильности вовлекаемых специалистов желательна

инициировать крупномасштабные отраслевые научные и образовательные программы, такие как:

- программа создания специализированных тренажеров оборудования, систем и процессов рыбной промышленности;
- программа создания лучших отраслевых образовательных практик;
- программа унификации системы морского образования в образовательных учреждениях Росрыболовства;
- программа создания системы непрерывного морского образования;
- программа создания отраслевой открытой образовательной платформы на базе дистанционных образовательных технологий;
- программа создания привлекательного имиджа системы дистанционного обучения на основе отраслевых критериев оценки качества.

Решению большинства из вышеперечисленных задач способствует широкое внедрение методов дистанционного обучения с применением информационно-телекоммуникационных технологий, включая:

- создание видеолекций по основным теоретическим курсам;
- создание видеоматериалов о практической деятельности судовых специалистов;
- создание программных средств, воплощающих утвержденные расчетные методики;
- создание информационно-советующих систем по вопросам эксплуатации судовых технических средств;
- создание базы учебно-методических материалов и хороших морских практик;
- создание у морских специалистов положительного отношения и стремления пользоваться дистанционными средствами при решении текущих задач;
- более широкое вовлечение морских специалистов в систему непрерывного образования.

Развитие компетентностного подхода для обеспечения качества образования в области техники и технологий

Власова С. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе анализируется Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) технических направлений подготовки, который сравнивается со стандартом предыдущего поколения, а также с концепцией CDIO реформирования высшего технического образования.

Abstract. The paper analyzes the federal state educational standard of higher education in the technical areas, which is compared with the previous generation standard, as well as the concept of CDIO reform of higher technical education.

Ключевые слова: федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, концепция CDIO реформирования высшего технического образования.

Key words: federal state educational standard of higher education, the concept of CDIO reform of higher technical education.

Начиная с 2010–11 учебного года, российская высшая техническая школа перешла к подготовке студентов по Федеральным государственным образовательным стандартам высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Основным критерием подготовленности выпускника к его профессиональной деятельности было выдвинуто требование освоения определённого набора компетенций. То, что характеризовало ФГОСВПО всех направлений, – это огромное число компетенций, которыми должен обладать выпускник. Например, для направления подготовки 140400 "Электротехника и электроэнергетика" число общекультурных компетенций (ОК) составляло 16, а общее число компетенций достигало 67 [1]. При этом отсутствовало понимание того, каким образом можно проконтролировать сформированность компетенций, и как они согласуются с результатами обучения. Сами же результаты обучения были сформулированы достаточно "небрежно"³.

³ Например, в стандарте для направления подготовки «Электротехника и электроэнергетика» написано, что в результате обучения физике обучающийся должен знать: основные физические явления и законы механики, электротехники, теплотехники, оптики и ядерной физики и их математическое описание[1]. Во-первых, теплотехника и электротехника не являются разделами физики. Во-вторых, не упомянут один из важнейших разделов физики – атомная и квантовая физика, без знания которого невозможно представить современного специалиста в области электротехники.

В настоящее время, спустя пять лет после перехода на ФГОС ВПО, подготовка бакалавров осуществляется по Федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования (ФГОСВО). Что же нового появилось в ФГОС ВО? Следует отметить уменьшение общего числа компетенций. Но при этом остаётся непонятной логика разработчиков. Почему иногда некоторые компетенции, формируемые при изучении разных учебных предметов, разработчики не объединяют в одну, а в других случаях объединяют? Например, "способность использовать философские знания для формирования мировоззренческой позиции" (ОК-1) и "способность анализировать основные этапы и закономерности развития общества для формирования гражданской позиции" (ОК-2) – это две компетенции [2]. С нашей точки зрения, резонно ОК-1 и ОК-2 объединить в одну, поскольку нельзя отрицать, что философские знания не в меньшей мере, чем знания закономерностей исторического развития, способствуют ориентации человека в мире и оказывают влияние на его гражданскую позицию. В то же самое время разработчики стандарта охватывают всю естественно-научную и математическую подготовку одной максимально размытой компетенцией "способность применять физико-математический аппарат, методы и модели теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК⁴-2)" [2].

Следует отметить, что из нового стандарта полностью исчезли результаты обучения не только по отдельным дисциплинам, но и по циклам дисциплин. При наличии таких "размытых" формулировок компетенций, как ОПК-2, это, безусловно, недостаток. Простая логика говорит о том, что надо либо детально прописывать компетенции, из которых с очевидностью следовало бы, на что следует обратить первостепенное значение в обучении, либо конкретизировать цели обучения. Но в стандарте нет ни первого, ни второго. В новом стандарте, как и в предыдущем, отсутствует понимание того, каким образом компетенции увязаны с результатами обучения, и как обеспечить проверку сформированности компетенций. В основном, ФГОС ВО посвящён описанию формальных характеристик процесса получения высшего технического образования. Это, безо всякого сомнения, нужно делать. Но создаётся впечатление, что в стандарте нет самого главного, а именно: чему учить, как учить и как проверить качество обучения.

⁴ОПК – общепрофессиональная компетенция.

Прежде всего, ответим на вопрос, прогрессивен и полезен ли переход к формулированию целей обучения в виде освоения набора компетенций, и правилен ли путь, по которому пошло наше высшее образование. По мнению А. М. Новикова, современное развитие компетентного подхода обусловлено осознанием в обществе необходимости придания образованию деятельностной направленности [3]. С позиций компетентного подхода, уровень образованности определяется способностью решать проблемы различной сложности на основе имеющихся знаний. Этот подход не отрицает значения знаний, но он акцентирует внимание на способности использовать полученные знания. Компетентный подход призван повысить конкурентоспособность выпускников вузов. В нём упор делается не столько на содержание, объем часов, процесс преподавания, сколько на ожидаемые результаты [4]. Т. о, образование "от результата", т. е. компетентный подход, на сегодняшний день является одной из основных стратегий модернизации высшей школы во всём мире. Очевидно, что этого подхода невозможно избежать и российской высшей школе. Попытаемся ответить на принципиальный вопрос, возможно ли создать такой нормативный документ, который соответствовал бы современным тенденциям развития мирового образования и, вместе с тем, не забывал сказать о том, чему учить, как учить и как проверить достигнутые результаты обучения.

В настоящее время разработка идеи образования "от результата" продолжается. Например, предлагается развитие компетентного подхода в виде Всемирной инициативы CDIO. Концепция (инициатива) CDIO – международный проект по реформированию базового инженерного образования, начатый в октябре 2000 года в Массачусетском технологическом институте с участием учёных, преподавателей и представителей промышленности. Цель инициативы – приведение содержания и результативности инженерных образовательных программ в соответствие с уровнем развития современных технологий и ожиданиями работодателей [5]. В основе CDIO: *Conceive–Design–Implement–Operate* лежит освоение студентами инженерной деятельности в соответствии с моделью "Планировать – Проектировать – Производить – Применять" реальные системы, процессы и продукты на международном рынке. "Данный международный проект направлен на устранение противоречий между теорией и практикой в инженерном образовании. Новый подход предполагает усиление практической направленности обучения, а также введение системы проблемного и проектного обучения. К 2013 г.

к Всемирной инициативе CDIO присоединились около 90 высших учебных заведений из 25 стран мира, в России – 5 участников" [5].

CDIO Syllabus (версия 2, 2011 г.) содержит перечень компетенций бакалавров в области техники и технологий, которые планируется сформировать в результате освоения соответствующих образовательных программ. В процессе разработки CDIO Syllabus участниками проекта производился тщательный сравнительный анализ и согласование содержащихся в нем требований к компетенциям бакалавров в области техники и технологий с требованиями со стороны высокотехнологичных отраслей промышленности [6].

Планируемые результаты обучения содержат 4 основных уровня:

1. Дисциплинарные знания и основы, куда входят: базовые знания математики и естественных наук (физики, химии, биологии), ключевые знания основ инженерного дела (в зависимости от программы) и углублённые знания основ инженерного дела (также в зависимости от программы).

2. Профессиональные компетенции и личностные качества, куда входят: аналитическое обоснование и решение проблем; экспериментирование, исследование и приобретение знаний; системное мышление; позиция, мышление и познание; этика, справедливость и другие виды ответственности.

3. Межличностные умения, работа в команде и коммуникации, куда входят: работа в команде; коммуникации; коммуникация на иностранных языках.

4. Планирование, проектирование, производство и применение продукции (систем) в контексте предприятия, общества и окружающей среды, куда входят: социальный и экологический контекст; предпринимательский и деловой контекст; планирование, системный инжиниринг и менеджмент; проектирование, производство и применение.

Каждый из 4-х уровней распадается на множество компетенций более глубокого уровня (декомпозиция уровня компетенций). Например, подуровень 2.2. (экспериментирование, исследование и приобретение знаний) уровня 2 распадается на подуровни:

- 2.2.1. Формулирование гипотезы;
- 2.2.2. Информационный поиск (печатные и электронные издания);
- 2.2.3. Экспериментальные исследования;
- 2.2.4. Проверка и защита гипотезы.

Каждый из перечисленных подуровней декомпозируется далее. Например, пункт 2.2.2. включает: стратегию изучения литературы; исследование

информации, литературных источников, электронных баз данных; систематизацию и классификацию первичной информации; оценку качества и надёжности информации, сущности и инновационности информации; вопросы, оставшиеся без ответа; сбор цитат для ссылок. По нашему мнению, на этом уровне декомпозиции становится очевидным, как проверить сформированность компетенций. Например, для проверки сформированности компетенции, определяемой п. 2.2.2., можно дать студенту задание осуществить информационный поиск по какой-либо профессиональной проблеме. По результату поиска можно определить, какие компетенции освоил учащийся, а какие – не освоил. Например, студент, возможно, не сумел оценить качество надёжности найденной информации или неудовлетворительно систематизировал первичную информацию.

Очевидно, что разработать учебные планы, программы по отдельным учебным курсам, а также методики обучения и контроля освоения компетенций, используя которые можно обеспечить освоение такой продуманной системы, очень непросто. Вдохновляет то, что сама система компетенций чётко выстроена "от результата", и более того, на последнем уровне декомпозиции *однозначно можно проверить сформированность компетенций*⁵. В концепции CDIO, на первый взгляд, отсутствуют очевидные ошибки и небрежности, которыми "страдают" как ФГОС ВПО, так и ФГОС ВО. Для реализации концепции CDIO разработаны стандарты. В Стандартах CDIO определены специальные требования к программам CDIO. Стандарты CDIO определяют:

- Концепции инженерных образовательных программ (стандарт 1);
- Подходы к формированию учебного плана (стандарты 2, 3);
- Требования к практико-ориентированной образовательной среде (стандарты 4, 5 и 6);
- Требования к методам обучения и квалификации преподавателей (стандарты 7, 8, 9 и 10);
- Требования к методам оценки результатов обучения студентов и программы в целом (стандарты 11 и 12) [5].

Обратим внимание на некоторые моменты. В соответствии со Стандартом 3, учебный план является интегрированным, т. е. содержит взаимосвязанные дисциплины и ориентирован на интеграцию личностных и межличностных навыков, а также навыков создания продуктов, процессов и систем.

⁵ Чего, к сожалению, нельзя сказать о компетенциях, сформированных в ФГОС ВО.

Стандарт 4 предписывает включение в образовательную программу вводного курса "Введение в инженерную деятельность", что создаёт основу для инженерной практики и способствует формированию основных личностных и межличностных компетенций выпускников. В соответствии со Стандартом 5, учебный план должен включать два (или более) проекта, обеспечивающих получение обучающимися опыта проектно-внедренческой деятельности. Стандарт 6 определяет необходимость создания рабочего пространства, достаточного для приобретения студентами навыков практической инженерной деятельности, социального взаимодействия, командной и самостоятельной работы. Стандарт 7 предписывает вузу при реализации образовательных программ использовать методы интегрированного обучения⁶. В соответствии со Стандартом 8, обучение в вузе должно быть основано на использовании активных и эффективных практико-ориентированных методов. Стандарт 9 и 10 предусматривают необходимость систематического повышения квалификации преподавателей вуза в области личностных, межличностных и профессиональных компетенций, а также использования активных и интегрированных методов обучения и оценки его результатов. Стандартом 12 предусмотрено наличие в вузе системы оценки соответствия ООП концепции CDIO и обеспечение обратной связи со студентами, преподавателями и другими заинтересованными лицами для непрерывного совершенствования образовательных программ [5].

Т. о., мировая практика разработки нормативных документов обеспечения высшего технического образования показывает, что возможно разработать такие концепции, которые отвечают на вопрос, чему учить, как учить и как проверить результаты обучения. Примером является инициатива CDIO. Разработчики российских образовательных стандартов, очевидно, полагают, что всё то, что они не смогли (или не захотели) сделать, разрабатывая ФГОС ВО, сделают преподаватели различных дисциплин в различных вузах. Безусловно, такая позиция разработчиков стандартов не способствует обеспечению высокого качества высшего технического образования в России. По нашему мнению, ФГОС ВО нуждаются вдоработке, прежде всего, в детализации целей обучения, т. е. в том, что в инициативе CDIO называется "декомпозиция уровня компетенций".

⁶ Интегрированное обучение – это педагогические подходы, которые способствуют освоению знаний одновременно с развитием личностных и межличностных навыков, а также навыков инженерной деятельности.

Библиографический список

1. Федеральный государственный образовательный стандарт Высшего профессионального образования по направлению подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника (квалификация (степень) "бакалавр") [Электронный ресурс] : (в ред. приказов Минобрнауки Рос. Федерации от 18 мая 2011 г. № 1657 от 31 мая 2011 г. № 1975 г.) // КонсультантПлюс. – Режим доступа: www.consultant.ru – Загл. с экрана.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования [Электронный ресурс] : уровень высшего образования бакалавриат : направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника : утв. приказом Министерства образования и науки Рос. Федерации от 3 сент. 2015 г. № 955 // Официальный интернет-портал правовой информации. – Режим доступа: <http://www.pravo.gov.ru>, 30.09.2015. – Загл. с экрана.

3. Новиков, А. М. Культура как основание содержания образования / А. М. Новиков // Педагогика. – 2011. – № 6. – С. 3–14.

4. Козырева, О. А. Компетентностный подход в условиях реализации федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования [Электронный ресурс] / О. А. Козырева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Гуманитарные науки" – 2016. – № 1. – Режим доступа: <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/ru/--gn16-01/1783-a/>. – Загл. с экрана.

5. Петровская, Т. С. CDIO: концепция совершенствования инженерного образования [Электронный ресурс] / Т. С. Петровская // Программа повышения квалификации руководителей учебно-научных структурных подразделений ТПУ (2013 г.) "Организация образовательной деятельности" Модуль: "Международные стандарты CDIO" / Томский политехн. ун-т. – Режим доступа: http://www.marstu.net/Portals/Public/troubles/2013_0560.pdf. – Загл. с экрана.

6. Всемирная инициатива CDIO : Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus) : информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной ; ФГБОУ ВПО "Томский политехн. ун-т". – Томск : Изд-во НИ ТПУ, 2011. – 22 с.

Теория в курсе высшей математики: проблемы изучения и пути решения

Жулина О. И., Максимова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: jillsky@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, связанные с изучением теоретического материала, а также подходы к организации изучения теории и формированию навыков самостоятельной работы.

Abstract. The article examines the problems associated with the study of theoretical material, as well as approaches to the study of the theory and the development of skills of independent work.

Ключевые слова: самостоятельная работа, мотивация студентов, теоретический материал, прикладное направление.

Key words: independent work, motivation of students, the theoretical material, applied direction.

Организация процесса обучения в современной высшей школе требует серьезных изменений. Это касается как самого изучаемого материала (содержание, структура, порядок изучения разных разделов во взаимосвязи с другими дисциплинами, объем теоретического и самостоятельно изучаемого материала), а также требований к знаниям, умениям и навыкам выпускников.

Традиционно изучение любой дисциплины высшей школы подразумевает изучение теоретического материала (лекции) и закрепление изученного на практических, лабораторных занятиях. При этом аудиторные часы уменьшаются (на некоторых потоках вообще нет лекций), а объем требуемой изучения информации увеличивается. Ведь появляются новые прикладные разделы, смежные дисциплины. Конечно, высшая математика, являясь одной из фундаментальных дисциплин, подвержена изменениям в содержательной части в меньшей мере, однако и здесь появляются новые, требующие дополнительного рассмотрения, спецкурсы. Использование электронных ресурсов и электронных лекций, а также специальных компьютерных программ для иллюстрации теоретического материала экономит аудиторное время, но возникает вопрос об усвоении студентами изученного таким образом теоретического материала. Возникает проблема мотивации к изучению теории и контроля этого процесса.

Мотивация в педагогике понимается как система целей, потребностей и мотивов, побуждающих учащихся сознательно относиться к учебе. Мотивы делятся на две категории: 1) связанные с содержанием учебной деятельности,

т. е. познавательные (интерес к знаниям), профессиональные (желание в совершенстве овладеть будущей специальностью); 2) связанные более широкими отношениями обучаемого с окружающей средой (потребность в общении с другими людьми, в их оценке и одобрении, престиж, самоутверждение) [2].

Следует также отметить, что работа с информацией в современной системе образования требует не столько знания материала, сколько умения эти сведения находить, применять, интерпретировать к решению конкретных задач. Эта проблема в большей степени касается тех специальностей и направлений, в которых общеобразовательные дисциплины необходимы для решения прикладных задач [1].

Одним из путей решения этих проблем является обеспечение студентов лекциями в электронном виде. Подобный подход имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- отсутствие ошибок при записи теории;
- формирование навыков работы с научным текстом;
- увеличение скорости изучения учебного материала;
- акцентирование на содержании материала, а не на его записи.

В итоге изучения учебного материала у студента формируются полноценные лекции, с выделением наиболее важных моментов и с необходимыми пометками на полях.

Что касается недостатков подобной формы работы, то наиболее существенным минусом является тот факт, что студент может ни разу не открыть электронный конспект в течение семестра, а просмотреть его только перед экзаменом.

Другим путем решения проблемы является организация самостоятельной работы студентов.

В теории педагогики самостоятельная работа выделяется как одна из четырех основных форм учебной деятельности обучаемого. Но реализовать эту форму учебной деятельности возможно только при соблюдении ряда условий, наиболее значимыми из которых являются наличие мотивации и базовых учебных навыков самостоятельной работы у обучаемых и эффективная организация их деятельности преподавателем [3].

С одной стороны вынос ряда тем на самостоятельное изучение экономит аудиторное время, с другой стороны требует обязательной проверки. Это может быть проверка конспектов, решений задач, презентаций, расчет-

ных работ. В зависимости от важности темы работу по проверке теоретического материала можно организовать как совместно, так и индивидуально. В первом случае в аудиторное время преподаватель проговаривает наиболее важные моменты, а студенты проверяют свои записи и вносят в них необходимые поправки, при этом данная проверка может проводиться в форме мини-лекции, презентации, фронтальной работы или мини-семинара. Во втором случае конспекты или иные работы сдаются на проверку.

Несомненное преимущество самостоятельного изучения материала состоит в возможности организации работы в собственном темпе, а также в отсутствии субъективных факторов. Ведь преподаватель систематизирует и интерпретирует теоретический материал исходя из своего видения, которое может отличаться от мнения студента. Такой новый взгляд может оказаться полезным и для самого процесса обучения, открывая неожиданные подходы к решению задач и рассмотрению теоретических вопросов [1].

К средствам организации самостоятельной деятельности обучаемых можно отнести следующие: обеспеченность учебниками, пособиями, методическими указаниями для самостоятельной работы; наличие учебных аудио-, видео- и компьютерных обучающих программ; применение системы коммуникативных заданий для развития всех коммуникативных умений [3].

Представленные подходы к организации учебной деятельности имеют плюсы и минусы. Задача преподавателя в современных условиях состоит в поиске и использовании наиболее оптимальных приемов организации учебного процесса в соответствии с развитием средств технического прогресса.

Библиографический список

1. Жулина, О. И. Организация изучения теоретического материала в курсе высшей математики / О. И. Жулина, О. А. Максимова, А. В. Малыгина // Образование и наука в современных условиях : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 16 апр. 2015 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары, 2015. – С. 78.

2. Заика, Е. В. Психологические вопросы организации самостоятельной работы студентов в вузе / Е. В. Заика. – М. : Харьков, 1991.

3. Смирнова, С. А. Педагогические теории, системы, технологии / С. А. Смирнова. – М., 1999.

О некоторых аспектах изучения численных методов в курсе высшей математики

Малыгина А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения)

Аннотация. В статье рассматриваются различные подходы к изучению численных методов: лабораторные работы, лекции, семинарские занятия.

Abstract. The article describes various approaches to the study of numerical methods: laboratory work, lectures, seminars.

Ключевые слова: численные методы, использование компьютера, лабораторные работы, межпредметные связи.

Key words: numerical methods, computer use, laboratory work, interdisciplinary connections.

Численные методы это раздел высшей математики, изучение которого во многих учебных планах происходит не отдельным блоком, а постепенно, по мере освоения студентами основного материала. Свойства непрерывных функций, вычисление определенных интегралов от сложных функций и многое другое можно проиллюстрировать с помощью решения задач численными методами.

Полный объем теоретического материала по численным методам в курсе математики в условиях сокращения учебного времени изучить невозможно. Однако этот материал помогает в формировании математической культуры, мотивирует изучение математики, показывает возможности использования компьютера при работе с математическими задачами. Численные методы позволяют получать решения различными методами, оценивать рациональность и эффективность этих методов. А одинаковые ответы позволяют убедиться в правильности решения и являются мотивационным компонентом.

Вычисления, которые необходимы для реализации решения задачи численными методами, могут быть выполнены вручную, однако, быстрее и точнее ответ можно получить с помощью компьютера.

Теория приближенного решения математических задач постоянно пополняется все более совершенными численными методами, появление которых стимулируется как особенностями машинной математики, так и расширением функциональных возможностей прикладных программных средств [2].

Заметим, что при этом необязательно пользоваться специальными математическими пакетами, ведь реализовать многие алгоритмы численных

методов позволяет, например простейший табличный редактор Excel. Для такой работы не требуется много времени, используемые компьютерные навыки – в рамках школьной программы, но при этом студенты непосредственно включены в вычислительный процесс, улучшается понимание теоретического материала, формируются навыки самостоятельной работы. Использование компьютера при решении подобных задач также демонстрирует наличие межпредметных связей.

Один из вариантов изучения численных методов с помощью компьютера – это лабораторные работы, которые проводятся в компьютерном классе с использованием заранее подготовленных печатных материалов [1].

В них необходимо указать краткие теоретические сведения по текущей теме со ссылками на соответствующую литературу. Выполнение базового задания осуществляется согласно приведенным подробным инструкциям, благодаря чему даже недостаточно подготовленные студенты смогут справиться с выполнением базового задания в своем темпе. Для закрепления необходимо привести аналогичные или возможно, более сложные задачи для индивидуального или группового решения.

Одной из таких форм обучения является индивидуальная работа студента, которая может быть представлена в виде индивидуального задания, индивидуального вычислительного эксперимента, реферата, курсового и дипломного проекта [2].

Задачи для самостоятельного решения (сложные или стандартные) могут быть предложены в качестве домашнего или исследовательского задания. Данный раздел высшей математики позволяет студентам продемонстрировать при их решении творческий подход: оптимизация алгоритма решения, использование другого программного продукта, поиск и классификация аналогичных задач в других, смежных, дисциплинах, наконец, абсолютно другой подход к решению со сравнительным анализом уже существующих методов.

Такие лабораторные работы (одну, две или три в семестре) можно проводить по мере изучения соответствующего лекционного материала или в конце семестра для иллюстрации изученного материала, что способствует его повторению [1].

На лекции компьютер может быть использован преподавателем для демонстрации реализации наиболее сложных алгоритмов численных методов, например, в методах решения дифференциальных уравнений. В этом случае достигается максимальная экономия времени для иллюстрации точности, сложности, эффективности разных методов.

А студентам, отличающимся хорошей компьютерной подготовкой, можно предложить поучаствовать вместе с преподавателем в таких демонстрациях либо с заранее подготовленными материалами (презентация), либо использовать для решения аналогичных примеров другие программные продукты. Что опять же способствует укреплению межпредметных связей, позволяет продемонстрировать возможности современной вычислительной техники, и наверняка станет полезным не только для студентов, но и для самого преподавателя.

Численные методы могут быть рассмотрены и на семинарском занятии как целиком посвященном этой теме, так и в качестве одного из изучаемых вопросов. Любое занятие подобного типа подразумевает наличие теоретического материала для самостоятельного изучения, который студенты распределяют между собой. Это может быть и групповая работа, когда один из методов демонстрируется поэтапно разными студентами (постановка задачи, алгоритм, реализация на компьютере, точность, альтернативные решения). При этом каждый студент досконально разберется в одном вопросе, а вся группа изучит метод со всеми аспектами, и приобретет навыки работы в команде. Можно рассматривать материал, в котором численный метод является одним из способов решения задачи, например, численное решение нелинейных уравнений, численное интегрирование.

Изучение численных методов даже в минимальном объеме позволяет не только познакомить студентов с новыми способами решения задач, но и научить их пользоваться новыми программными продуктами, формирует исследовательские навыки, умение самостоятельно подбирать материал и программную среду. Особенно важным это становится при решении прикладных задач, возникающих в том числе в смежных дисциплинах (дисциплинах специализации), в том числе для формирования мотивации к изучению высшей математики.

Библиографический список

1. Малыгина, А. В. Использование компьютера при изучении численных методов в курсе высшей математики / А. В. Малыгина, О. И. Жулина, О. А. Максимова // Педагогический опыт: теория, методика, практика : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., (Чебоксары, 09 апреля 2015 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары, 2015. – С. 88–89.

2. Беликов, В. В. Обучение численным методам в условиях информатизации образования / В. В. Беликов // Вестник РУДН. Сер. "Информатизация образования". – 2006. – № 1(3).

Особенности реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики студентам и курсантам Морского института МГТУ

Ромахова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: olgaromahova@gmail.com)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики студентам и курсантам Морского института МГТУ, связанные с распределением количества учебных часов математики и специальных математических курсов в учебных планах.

Abstract. The article describes the features of the implementation of the principle of professional orientation with the presentation of the mathematics students and cadets of the Maritime Institute of MSTU, related to the distribution of the number of teaching hours of mathematics and special mathematics courses in the curriculum.

Ключевые слова: принцип профессиональной направленности, межпредметные связи, преподавание математики.

Key words: the principle of professional orientation, the teaching of mathematics, interdisciplinary communication.

В настоящее время, в условиях реализации компетентностного подхода в образовании, к преподаванию многих дисциплин выдвигаются новые требования. Компетентность будущего инженера необходимо формировать в процессе обучения не только специальным, но и всем общеобразовательным дисциплинам. Особая роль здесь принадлежит математике, которая является и универсальным языком для описания и изучения предметного мира, и формирует мышление будущего инженера [1]. Общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, формируемые несколькими дисциплинами, в числе которых и математика, не могут быть сформированы без взаимодействия всех этих дисциплин, без их общей интеграции в систему междисциплинарных знаний, умений и навыков. Прочные фундаментальные знания по каждой дисциплине являются базой этого междисциплинарного взаимодействия, а профессиональная направленность курса математики – способом реализации межпредметных связей.

При определении содержания курса математики в инженерно-техническом вузе важной задачей является установление баланса между фунда-

ментальностью и профессиональной направленностью математической подготовки, без которой невозможно достичь её высокого качества [2]. Только при успешном их сочетании формируются профессионально значимые приёмы умственной деятельности, создаётся математическая база для специальных дисциплин.

Для установления такого баланса необходимо вести работу на содержательном и методическом уровнях организации процесса обучения математике. Оба эти аспекта разработаны на высоком уровне для фундаментального подхода к изложению курса математики и достаточно слабо для профессионально-направленного обучения математике будущих инженеров.

В педагогической литературе выделяются следующие подходы к реализации профессиональной направленности при обучении студентов математическим дисциплинам:

1. Совершенствование содержания теоретического материала, что предполагает мотивационное обеспечение учебной работы; прогнозирование перспектив использования теоретического материала; обогащение курса вопросами проблемного характера; создание проблемных ситуаций. Реализация этого подхода возможна лишь при тщательно разработанном учебно-методическом сопровождении.

2. Внесение определённых изменений в совокупность задач, решаемых на практических занятиях, что подразумевает увеличение удельного веса задач, представляющих интерес с точки зрения одной из общетехнических или профилирующих кафедр [3].

Наиболее важным средством моделирования математического аспекта профессиональной деятельности инженера является решение профессионально-направленных математических задач. Разработка комплексов профессионально-направленных задач по всему курсу математики для применения их на лекциях, практических занятиях и в самостоятельной работе студентов (в единстве с традиционными математическими задачами) является одним из путей формирования содержания профессионально-направленного обучения математике. Такие комплексы должны содержать задачи, формулировка которых профессионально значима для студентов, следовательно, эти задачи должны касаться объектов их будущей профессиональной деятельности [1]. Однако стоит избегать задач, профессиональная направленность которых искусственно "навязана" составителем и не имеет практиче-

ского применения, например, по определению массы стального обода колеса рулевого управления.

При подборе задач производственного содержания необходимо руководствоваться следующими принципами:

- не перегружать задачи сведениями и расчетами, превышающими силы и возможности курсантов. Подбирать задачи, которые позволят использовать для исследований и вычислений различные технические средства;
- подбирать задачу с четко выраженным математическим моментом, короткой прикладной частью, доступной для понимания курсантам;
- уровень излагаемого материала должен соответствовать уровню образовательной подготовки курсантов, учебным программам;
- задача должна соответствовать реальным требованиям современного производства и отображать его в учебном материале. При этом задача должна содержать известный курсантам понятийный аппарат и терминологию;
- задача должна вызывать у курсантов познавательный интерес, провоцировать их на самостоятельное решение предложенных задач [4];
- главенствующим в задаче должно быть ее математическое содержание, математическая сущность.

На основании вышеуказанного можно обозначить основной критерий подбора практических задач: они должны раскрывать перед учениками технологию применения математических методов к решению практических проблем, а на основе их решения должно происходить накопление опыта применения методов математического моделирования. Такая работа, проводимая непосредственно в процессе преподавания математики будет способствовать формированию профессиональных качеств и умений, необходимых будущим специалистам для выполнения предстоящей профессиональной деятельности [5].

Стоит, однако, отметить, что решение большинства профессиональных задач основано на знании материала общетехнических и специальных дисциплин. Из-за особенностей содержания обучения в вузе, где математика изучается на первом курсе, а общетехнические и специальные предметы – на курсах последующих, использование таких задач в курсе математики достаточно затруднительно, поскольку преподаватель математики вынужден будет заниматься объяснением материала не своей дисциплины. Должен ли он делать это в условиях сильно ограниченного времени, отводимого на изучение математики?

Итак, включение задач технического содержания в процесс преподавания математики – не такой простой подход осуществления профессиональной направленности преподавания этого предмета, как может показаться на первый взгляд. А в рамках резкого уменьшения количества аудиторных часов на математику и тенденции укрупнения лекционных потоков – и вовсе сомнительный.

Другое дело, если речь идёт о дисциплинах, относящихся к спецкурсам (специальные главы математики, дополнительные разделы математики, математические основы электротехники, механики, радиосистем и т. п.), которые имеются в учебных планах большинства специальностей Морского института. Эти дисциплины является своеобразным "мостиком" между курсом математики и её приложениями в задачах специальности.

Задача данных курсов состоит не в общей математической подготовке, его задачи чуть уже:

- связать математику как общетеоретическую дисциплину с практическими её применениями в работе инженера;
- дать конкретный практический аппарат для инженерных исследований в этой области [6].

Например, в курсе дисциплины "Математические основы электротехники" курсанты специальности "Эксплуатация судового оборудования и средств автоматизации" более глубоко, чем студенты других направлений подготовки, изучают тему "Комплексные числа". Профессиональная направленность изложения этой темы состоит в применении комплексных чисел для изображения синусоидальных функций. Решаются задачи о нахождении суммарного тока при помощи перехода к комплексным числам в показательной, а затем в алгебраической формам и обратного перехода к мгновенному значению переменного тока.

Таким образом, анализируя учебные планы специальностей и направлений подготовки Морского института в части дисциплин математического профиля, можно сделать вывод, что преподавание дисциплины Математика базового блока возможно лишь в традиционном фундаментальном изложении. Дисциплины, относящиеся к спецкурсам математического профиля, читаются каждой специальности отдельно, а значит имеется больше возможностей для реализации профессиональной направленности.

Работа по формированию содержания этих дисциплин, их методического обеспечения – задача не только преподавателя математики. Опыт ре-

ализации профессиональной направленности других вузов [7] показывает, что хорошие результаты даёт именно тесное взаимодействие между преподавателями математической и специальных (в том числе выпускающей) кафедр. Кому как не выпускающей кафедре знать, какие именно разделы математики являются базовыми для их науки, какие задачи можно поставить студентам на математике, чтобы отработать необходимый математический аппарат и сформировать высокую мотивацию к изучению предметов математического цикла.

Кроме того, для успешной интеграцию математики с техническими науками при обучении крайне желательно, чтобы преподаватели специальных дисциплин на своих занятиях почаще делали акцент на накопленные студентами математические знания. Стремление "ужать" математическую часть решаемых на специальных дисциплинах задач, "урезать" математические обоснования при изложении теории, воспитывает ложное представление о том, что в современных инженерных исследованиях можно обойтись без математики.

Польза от взаимодействия преподавателей математической и специальных кафедр при формировании содержания математических спецкурсов и их методического обеспечения очевидна:

- материал таких дисциплин будет отражать многообразие междисциплинарных связей, что положительно скажется как на мотивации к обучению математики, так и на математической подготовке к изучению специальных дисциплин;

- совместная работа с преподавателями специальных дисциплин является для математиков своеобразным повышением квалификации, углублением знаний о приложениях математики.

Библиографический список

1. Носков, М., Шершнёва В. Компетентный подход к изучению математики // Высшее образование в России. – 2005. – № 4. – С. 36–39.

2. Абакумова, С. И. Профессиональная направленность преподавания математики в инженерно-техническом вузе // Вестник Университета Российской академии образования. – 2009. – № 1. – С. 156–158.

3. Петунин, О. В., Мамонова Л. И. Профессиональная направленность физико-математической подготовки инженеров // Высшее образование сегодня. – 2007. – № 10. – С. 21–22.

4. Симкина, И. М. Профессионально-ориентированная деятельность – основа обучения высшей математике младших специалистов электротехнического профиля // Didactics of mathematics: Problems and Investigations. Issue # 28. 2007. [Электронный ресурс]: Официальный сайт Национальной библиотеки Украины – Режим доступа:

www.nbuv.gov.ua>PORTAL/Soc_Gum/Dmpd/2007_28/_28/119

5. Семкин, А. В. Составление и отбор задач практического содержания при обучении математике в системе технического и профессионального образования // Вестник Омского регионального института. – 2015. – № 1. – С. 116–122.

6. Ромахова, О. А. Прикладная направленность преподавания курса математики для специальности "эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики" // "Наука и образование – 2013 [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–11 марта 2013 г.

7. Ромахова, О. А. О реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики в технических ВУЗах // Наука – производству : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 24–27 марта 2015 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 292 с.

Использование межпредметных связей как один из способов активизации интереса к предмету

Хохлова Л. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: xoxlovaluda@rambler.ru)

Аннотация. В понятиях и концепциях наук студент должен видеть, прежде всего, целостную картину мира. Это означает, что фундаментальные знания должны приобретаться не разрозненными частями, а в единой системе – комплексно.

Abstract. It is assumed to consider some synthetic problems in which from beginning to end, you can see the whole process of real movement. In terms of concepts and Sciences student must see, first of all, a complete picture of the world. This means that the fundamental knowledge to be acquired is not disparate pieces, and in a single system – a complex.

Ключевые слова: модель, моделирование, динамика, момент, вектор, гармонический ряд.
Key words: model, modeling, dynamics, moment, vector, harmonic series.

Система качественного образования является ключевым фактором существования и развития страны. Образование – это всегда поиск нового. Образование направлено на изучение уже известных базовых понятий, но, прежде всего, на освоение неизвестного. В быстро меняющемся технологическом мире, важно перестроить преподавание фундаментальных наук в вузе так, чтобы успевать своевременно реагировать на запросы науки и производства. В понятиях и концепциях наук студент должен видеть, прежде всего, целостную картину мира. Это означает, что фундаментальные знания должны приобретаться не разрозненными частями, а в единой системе – комплексно.

Моделирование – база всех разделов физики и механики, так как каждая теория опирается на выбор адекватных физико-математических моделей. Создание моделей позволяет человеку осознать, каким образом можно лучше адаптироваться к окружающему миру и изменить его с целью улучшения своей жизни. Создавая модель, мы получаем искусственный объект, который и используем для изучения реального объекта (оригинала). Модель и оригинал должны соответствовать друг другу, чтобы выводы, полученные для модели, можно было бы (с некоторой вероятностью) применять для оригинала. Очевидно, что для создания моделей в любой области необходима достаточно серьезная математическая подготовка.

Можно сформулировать основные требования к математической подготовке выпускника технического университета, которые мы хотели бы получить по окончании им обучения. Он должен обладать следующими умениями:

- 1) постановка задачи на предметном языке;
- 2) закономерности, относящиеся к задаче;
- 3) формулировка на математическом языке;
- 4) разработка математической модели;
- 5) качественное исследование;
- 6) упрощение аналитических выражений;
- 7) численное решение, компьютерное моделирование;
- 8) анализ результата, выводы.

Рассмотрим некоторые известные математические модели. Хотя они представлены давно, их значимость в быстро развивающемся технологическом мире все увеличивается. Модели можно получить, применяя известные физические законы, или по результатам наблюдений. В науке и практике используются описательные, графические, табличные и другие модели. Приведем некоторые примеры того, как эти модели можно рассматривать на лекциях и как можно продолжать решать их на практических занятиях по математике и математических основах механики.

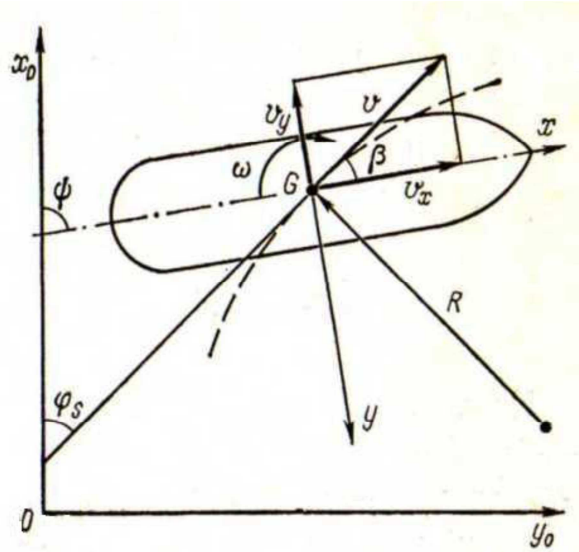
Рассмотрим примеры по теории движения судна из справочника судоводителя Я. И. Войткунского [1]. На этом примере можно рассмотреть этапы формализации и упрощения модели.

Пример 1. В теории управляемости приходится иметь дело с изучением движения судна на криволинейной траектории. При этом с учетом очень небольших погрешностей, можно рассматривать движение судна в плоскости ватерлинии. Будем рассматривать задачу определения элементов криволинейного движения судна как динамическую задачу. Введем подвижную прямоугольную систему координат XYZ , причем ось X – направлена в нос судна; ось Y – в сторону правого борта; ось Z – направлена вертикально вниз. Как правило, для описания движения судна вводят две системы координат – неподвижную $X_0O_0Y_0$, и подвижную XGY , жестко связанную с судном.

Направление осей неподвижной системы координат выбирается таким образом, чтобы в начальный момент она совпадала с подвижной. Угол Ψ , образуемый с диаметральной плоскостью и осью X_0 , называется углом курса. Угол курса может быть выражен через другие углы, а именно:

– центральный угол дрейфа, измеряемый между мгновенным вектором скорости центра тяжести (ЦТ) судна и диаметральной плоскостью (β);

– угол траектории или угол скорости (φ), измеряемый между вектором скорости и осью X_0 .



Обычно рассматриваются проекции скорости центра тяжести на подвижные оси. Можно ввести и другую систему кинематических параметров – модуль скорости центра тяжести судна V , угол дрейфа (β), и угловая скорость (Ω). Кинематические параметры связаны между собой соотношениями:

$$V_x = V \cos \beta, \quad V_y = V \sin \beta, \quad \operatorname{tg} \beta = -\frac{V_y}{V_x}, \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}.$$

Очень удобно на этой модели пояснять важность таких базовых понятий математики, как векторное произведение, матрица, дифференциальное уравнение.

Пример 2.

Рассмотрим гидродинамические силы, действующие на движущееся судно – инерционные, пропорциональные ускорению качки, и демпфирующие (силы волнового сопротивления), пропорциональные ее скорости. Уравнения движения судна можно записать в векторной форме:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{P} = \vec{F} \quad \frac{d\vec{K}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{K} + \vec{V} \times \vec{P} = \vec{M},$$

где \vec{P} – вектор количества движения системы судно-жидкость;

\vec{K} – вектор момента количества движения системы судно-жидкость;

$\vec{\Omega}$ – вектор угловой скорости судна;

\vec{V} – вектор линейной скорости судна;

\vec{F} – главный вектор внешних сил, приложенных к судну;

\vec{M} – вектор главного момента сил.

Составляющие векторов \vec{P} и \vec{K} могут быть вычислены через кинетическую энергию системы судно-жидкость по формулам:

$$P_x = \frac{\partial W}{\partial x}, P_y = \frac{\partial W}{\partial y}, P_z = \frac{\partial W}{\partial z}$$

$$K_x = \frac{\partial W}{\partial \dot{x}}, K_y = \frac{\partial W}{\partial \dot{y}}, K_z = \frac{\partial W}{\partial \dot{z}} ;$$

При переходе к координатной системе раскрывают векторные произведения и проектируют векторные равенства на оси координат системы (подвижной), связанной с судном. Получаются шесть уравнений движения судна. В силу того, что рассматривается плоское движение судна, то силы, которые могут вызвать крен, дифферент и вертикальное перемещение судна отсутствуют, поэтому три уравнения обращаются в тождество вида $0 \equiv 0$, т. е. остаются три уравнения:

$$\mu_{11} \frac{dV_x}{dt} - \mu_{22} V_y \Omega_z - \mu_{26} \Omega_z^2 = F_x$$

$$\mu_{22} \frac{dV_y}{dt} + \mu_{26} \frac{d\Omega_z}{dt} + \mu_{11} V_y \Omega_z = F_y$$

$$\mu_{66} \frac{d\Omega_z}{dt} + \mu_{26} \frac{dV_y}{dt} + (\mu_{22} - \mu_{11}) V_x V_y + \mu_{26} V_x \Omega_z = M_z,$$

где: $\mu_{11} = m + \lambda_{11}$; $\mu_{22} = m + \lambda_{22}$; $\mu_{26} = \lambda_{26}$; $\mu_{66} = J_Z + \lambda_{66}$.

Кинетическая энергия судна определится:

$$W_C = 0,5(mV_x^2 + mV_y^2 + J_Z \Omega_z^2),$$

где $\lambda_{11}, \lambda_{22}$ – присоединенные массы жидкости;

λ_{66} – момент инерции присоединенных масс;

λ_{26} – статический момент присоединенных масс;

m – масса судна;

J_Z – момент инерции судна относительно вертикальной оси.

Присоединенные массы жидкости представляют собой реактивное сопротивление жидкости на все виды движения судна. Фактически это условные величины, вводимые для удобства определения кинетической энергии жидкости. Они характеризуют возмущаемую часть жидкости при движе-

нии тела относительно координатных осей. Присоединенные массы жидкости имеют размерность массы и их можно суммировать с массой судна.

Поскольку для большинства морских судов углы дрейфа не превышают $10\text{--}15^\circ$, а максимальные угловые скорости поворота составляют $2\text{--}3^\circ/\text{сек}$, получение уравнения можно упростить линеаризацией с точностью до третьего порядка малости и записать в параметрах V, β, Ω_z , и записать систему уравнений в следующем виде:

$$\begin{aligned} \mu_{11} \frac{dV}{dt} - \mu_{11} V \beta \frac{d\beta}{dt} + \mu_{22} V \beta \Omega_z - \lambda_{26} \Omega_z^2 &= F_x \\ \mu_{11} V \Omega_z + \mu_{22} \frac{d\beta}{dt} V + \lambda_{26} \frac{d\Omega_z}{dt} &= F_y \\ (J_z + \mu_{66}) \frac{d\Omega_z}{dt} - \lambda_{26} \frac{d\beta}{dt} V - (\lambda_{22} - \lambda_{11}) V^2 \beta + \lambda_{26} V \Omega_z &= M_z. \end{aligned}$$

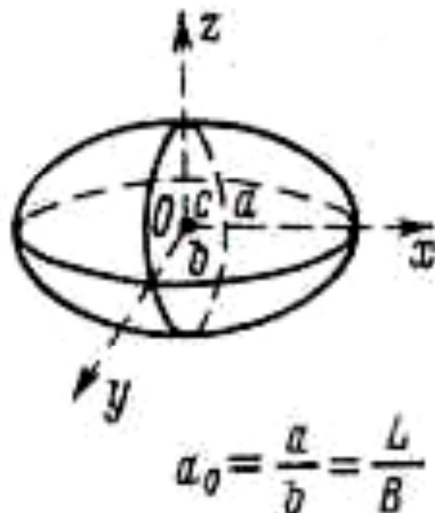
Первое уравнение системы позволяет определить изменение скорости движения судна, для чего из двух других (второе и третье равенства системы) определяют значение угла дрейфа и угловой скорости.

Величины λ_{mn} называются присоединенными массами, а λ_{mn} – коэффициентами демпфирования. Присоединенные массы рассматриваются применительно к общему случаю движения твердого тела в безграничной невязкой жидкости в гидродинамике. Доказывается, что присоединенные массы зависят только от формы тела и направления его движения, их общее количество равно 36, и они определяются матрицей

$$\begin{pmatrix} \lambda_{11} \lambda_{12} \lambda_{13} \lambda_{14} \lambda_{15} \lambda_{16} \\ \lambda_{21} \lambda_{22} \lambda_{23} \lambda_{24} \lambda_{25} \lambda_{26} \\ \lambda_{31} \lambda_{32} \lambda_{33} \lambda_{34} \lambda_{35} \lambda_{36} \\ \lambda_{41} \lambda_{42} \lambda_{43} \lambda_{44} \lambda_{45} \lambda_{46} \\ \lambda_{51} \lambda_{52} \lambda_{53} \lambda_{54} \lambda_{55} \lambda_{56} \\ \lambda_{61} \lambda_{62} \lambda_{63} \lambda_{64} \lambda_{65} \lambda_{66} \end{pmatrix}$$

Матрицу можно упростить, так как не все они являются независимыми, поскольку справедливо свойство симметрии матрицы присоединенных масс. Таким образом, число независимых λ_{mn} равно 21. Если тело имеет одну плоскость симметрии, то число независимых λ_{mn} равно 12, если две, то 8, если три, то 6 ненулевых диагональных элементов. Для получения значений коэффициентов присоединенных масс нужно либо проводить эксперименты, либо рассчитывать теоретическим путём.

Заметим, что для расчёта присоединенных масс используют замену корпуса судна эквивалентным ему трёхосным эллипсоидом. При этом пренебрегают асимметрией судна относительно плоскости мидельшпангоута, тогда $\lambda_{26} = 0$; $a = L/2$; $b = B/2$, $c = T$.



Пример 3. Ряд Фурье.

Ряд Фурье – представление функции в виде суммы простых гармонических колебаний – синусоид:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

Как правило, ряд сходится к функции, причем уже несколько первых членов дают хорошее приближение. Ряды Фурье – используются в электротехнике, радиотехнике, потому что любое сколь угодно сложное электромагнитное колебание всегда можно разложить на сумму гармонических синусов или косинусов. Можно выдерживать точность до любой гармоники. Как и всякий ряд, он позволяет представить сложную функцию в виде суммы (суперпозиции) простых функций, свойства которых хорошо известны.

Тем самым упрощается анализ поведения исходной сложной функции. Ряды Фурье от других рядов отличаются выбором базисных функций, по которым идёт разложение, – для них за базис приняты гармонические функции ($\sin x$, $\cos x$) кратных частот. Это особенно удобно для исследования поведения периодических функций, а это очень важный для практики класс функций (вся радиотехника имеет дело как раз с периодическими сигналами) Применений рядов Фурье множество. Почти любой звуковой эффект – это разло-

жение в ряд Фурье. Если нужно убавить высокие звуки уменьшаются дальние члены ряда, прибавить низкие – увеличиваем первые члены.

Можно упомянуть здесь и дискретное преобразование Фурье. Его используют для компьютерного анализа и обработки непрерывных изначально сигналов. Сигнал для обработки переводят в цифровую форму. Заменяют непрерывный сигнал последовательностью дискретных точек. Т. е., непрерывный сигнал преобразуется в дискретный.

Таким образом, подводя итоги можно сказать, что необходимо выработать содержание, методы и средства математической подготовки будущих инженеров в условиях профессиональной направленности междисциплинарных связей, внедрить все это в процесс обучения математике в вузе. Тем самым удастся повысить уровень профессиональной подготовки инженера. "Основные категории, присущие всем видам инженерной деятельности – это проектирование, конструирование, производство, эксплуатация. Традиционные требования к инженерам – ответственность, системное мышление, умение формулировать задачи, осуществлять выбор оптимальных вариантов решений – дополняются владением компьютерными технологиями, обеспечивающими автоматизацию всех аспектов инженерной деятельности. Инвариант, объединяющий подготовку кадров для различных направлений инженерной деятельности – это набор ключевых результатов обучения", отмечает директор Центра развития инженерного образования УРФУ И. Шолина [2].

Заметим, что повышение качества образования обеспечит хорошую возможность обеспеченности работой будущего инженера в условиях сложной ситуации на рынке труда, а также соответствию тем требованиям, которые предъявляют все усложняющиеся технологии.

Все вышеизложенное требует выявления возможностей использования профессиональной направленности межпредметных связей математики с другими дисциплинами для повышения уровня профессиональной подготовки будущих инженеров. Предполагается рассматривать некие синтезированные задачи, в которых от начала и до конца можно рассмотреть весь реальный процесс движения от начала и до конца. Каждому студенту выдается индивидуальное задание, о выполнении которого он докладывает всей учебной группе. По результатам сообщения проводится обсуждение. Курсанты должны в обязательном порядке отчитываться перед преподавателем по выполнению всех заданий. В частности, в процессе изучения темы "Диф-

ференциальные уравнения" необходимо подобрать соответствующую его профессиональной направленности задачу, сформулировать ее математическую модель, решить ее аналитически и численно, подготовить презентацию, защитить ее. Такое же задание предполагается выдавать и по теме "Ряды Фурье. Гармонический анализ". Предполагается использование и соответствующих математических пакетов.

Библиографический список

1. Справочник по теории корабля. Т. 3 / под ред. Я. И. Войткунского. – Л. : Судостроение, 1973.
2. Шолина, И. И. Чему и как учить современных инженеров. – URL: <http://hse.urfu.ru/ingener2/konceptiya/2605/>.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

Материалы в Арктике

Баева Л. С., Орешкина В. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: BaevaLS@mstu.edu.ru)

Аннотация. Произведен обзор материалов, применяемых в Арктике и объектов внедрения. Рассмотрены высокопрочные хладостойкие стали и средства защиты.

Abstract. The materials used in the Arctic and its implementation for objects are reviewed. High-strength cold-resistant steel and protection means are considered.

Ключевые слова: Арктика, высокопрочные хладостойкие стали, средства защиты.

Key words: the Arctic, high-strength cold-resistant steel, protection means.

Введение. Данная тема является крайне актуальной на сегодняшний день. Сейчас к Арктике приковано пристальное внимание, эта территория имеет важное геополитическое и сырьевое значение. Но, к сожалению, обсуждают, как правило, только наличие углеводородных ресурсов и проблемы сохранения арктической природы, забывая при этом о важности материаловедческих исследований.

Данная проблема обсуждается и ей уделяется внимание.

Например, особенности арктического материаловедения недавно (26 ноября) обсуждали в Москве во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ВИАМ) на конференции "Материалы для технических устройств и конструкций, применяемых в Арктике". Было отмечено, что руководство России уделяет огромное внимание вопросам освоения арктического побережья, разворачиванию работ по добыче полезных ископаемых, созданию соответствующих пунктов для обеспечения Северного морского пути.

После пленарного заседания работа конференции продолжилась по секциям "Полимерные и композиционные материалы для применения в арктических условиях" и "Технические устройства и конструкции для эксплуатации в арктических условиях", сообщается на сайте ВИАМ.

В конференции по арктическому материаловедению также приняли участие и ученые МГТУ. Заведующая кафедрой технологии металлов и судоремонта Людмила Баева выступила в стендовой секции с докладом "Стратегическое партнерство кафедры в подготовке инженеров для судоремонтных предприятий". Доцент кафедры технологии металлов и судоремонта Валентина Орешкина также приняла активное участие в работе конференции. Кон-

ференция собрала более 200 человек – представителей науки, образования, промышленности и бизнеса [4].

Материалы, применяемые на сегодняшний день. Лидером работ по созданию хладостойких материалов для мощных ледоколов и нефтегазодобывающих платформ, начиная с 50-х годов прошлого столетия, является государственный научный центр ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей". Практически все арктические конструкции изготовлены из конструкционных материалов, разработанных ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей". Это серия высокопрочных свариваемых сталей для судов ледового плавания, ледоколов, морских конструкций для разведки и добычи углеводородов, многие из которых нашли свое применение в проектах ПБУ типа "Шельф", "Каспий", корпусах атомных ледоколов "50 лет Победы", "Таймыр" и "Вайгач".

В рамках важнейших инновационных проектов "Металл" и "Магистраль" институтом создана серия экономичных хладостойких сталей различной прочности (от 315 до 690 МПа) с улучшенными в несколько раз характеристиками для морской техники, эксплуатирующейся в экстремальных условиях арктического региона – при предельно низких температурах, воздействии статических, динамических и циклических нагрузений, коррозионной среды. Работы по созданию новых материалов ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей" выполнил совместно с основными заводами-изготовителями продукции: ЧерМК ОАО "Северсталь", ООО "ОМЗ-Спецсталь", научно-исследовательскими и проектными организациями, в их числе ФГУП "Крыловский государственный научный центр", ФГУП "ЦНИИчермет им. И. П. Бардина", Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, Российский морской регистр судоходства (РМРС) и др.

Все работы по созданию новых материалов завершены их сертификацией в соответствии с требованиями РМРС, предъявляемыми к сталям и их сварным соединениям. Высокая конкурентоспособность разработанных сталей, обусловленная уникальным сочетанием экономичного легирования с уровнем прочностных характеристик, вязкости, хладостойкости (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), изотропности свойств, трещиностойкости и отличной свариваемости листового проката, обеспечила востребованность сталей на российском и международном рынках.

Объекты внедрения. Крупнейшим современным объектом внедрения новых сталей и сварочных материалов, разработанных в последнее десятилетие в ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей", стала морская ледостойкая платформа для эксплуатации на нефтяном месторождении "Приразломное" в Печорском море и самоподъемная буровая платформа "Арктическая". Обеспечено

новыми материалами строительство научно-экспедиционного судна "Академик Трёшников" на ОАО "Адмиралтейские верфи", принято в эксплуатацию головное судно на Выборгском судостроительном заводе, принято в эксплуатацию головное судно серии многофункциональных судов снабжения добывающих платформ "Витус Беринг", заложены три ледокола проекта 21900М, строительство которых будет осуществляться в кооперации с Arctech Helsinki Shipyard, начато строительство на Балтийском заводе серии из трех самых больших и мощных атомных ледоколов в мире ЛК-60 проекта 22220 водоизмещением 33,54 тысячи тонн каждый.

Высокопрочные хладостойкие стали. Перспективные проекты разработки углеводородных месторождений шельфа Арктики и дальневосточных морей России предусматривают строительство целого ряда крупномасштабных конструкций и судов ледового плавания, эксплуатирующихся при предельно низких климатических температурах (до -50 °С, а для внутренних бассейнов – до -60 °С), при интенсивном воздействии циклических ветроволновых и ледовых нагрузок, с возможными сейсмическими воздействиями. Основными материалами, поставляемыми для строительства таких конструкций, остаются низколегированные высокопрочные свариваемые стали, особенностью которых является наличие вязко-хрупкого температурного перехода. Это обуславливает потенциальную опасность хрупких разрушений при снижении температуры. Очевидно, что из-за тяжелых экономических и экологических последствий такая опасность должна быть полностью исключена, в связи с чем РМРС разработаны требования к сталям арктического применения с индексом "Arc", применимым без ограничений в условиях Арктики.

В последние годы институтом созданы новые высокопрочные хладостойкие стали $F500^{Arc40}$, $F^{620Arc40}$ и $F^{690Arc40}$ для листов толщиной до 50 мм с пониженным уровнем легирования и гарантированным сопротивлением хрупким, слоистым и коррозионно-механическим разрушениям при низких температурах, удовлетворяющие новым требованиям РМРС, и малозатратные технологии их производства, в обеспечение изготовления корпусных конструкций судов арктического плавания, нефтедобывающих платформ, судов FPSO и других объектов морской техники.

Повышение мощности атомных ледоколов для обеспечения круглогодичной проводки судов по Северному морскому пути и освоения месторождений арктического шельфа приводит к неизбежному повышению коррозионно-эрозионного износа стального корпуса при эксплуатации в мощных ледовых полях. Разработана серия высокопрочных двухслойных и трех-

слойных плакированных сталей для ледового пояса стационарных платформ и ледоколов, в которых в качестве плакирующего слоя используется коррозионно-стойкая сталь. Показана перспективность использования коррозионно-стойких азотсодержащих сталей в качестве материала для плакирующего слоя и высокопрочных хладостойких корпусных сталей марок АБ в качестве материала для основного слоя. Разработанная технология обеспечивает сплошность и высокую прочность сцепления основного и плакирующего слоев при сопротивлении срезу не менее 300 МПа, что гарантирует отсутствие отслоений плакирующего слоя при всех технологических операциях изготовления сварных конструкций: гибке, сварке, правке.

Наряду с созданием новых корпусных марок стали разработаны сварочные материалы (электроды, сварочные проволоки, флюсы), которые по уровню свойств, обеспечиваемых в наплавленном металле, отвечают требованиям РМРС.

Средства защиты. Институт является единственным в стране разработчиком и изготовителем средств и систем электрохимической защиты, позволяющей исключить коррозионно-механические повреждения любого объекта морской техники на весь требуемый срок службы – до 50 лет включительно. Системы катодной защиты с наноструктурированным и платино-ниобиевыми анодами установлены на стационарной ледовой нефтедобывающей платформе "Приразломная", на флагмане отечественного ледокольного флота – атомном ледоколе "50 лет Победы", а также на трубопроводах забора охлаждающей морской воды береговых АЭС. Весьма перспективным является нанесение наноструктурированных износ-коррозионно-стойких практически беспористых покрытий на детали, узлы, арматуру и сварные швы оборудования, работающего в жестких условиях эксплуатации. Для создания таких покрытий в институте разработаны и освоены уникальные гибкие технологии высокоскоростного механосинтеза, сверхзвукового холодного газодинамического и микроплазменного напыления, эффективного электрохимического легирования поверхности, управляемого лазерного синтеза. Реализация наноструктурного состояния в функциональных покрытиях позволит существенно (в 2–3 раза) повысить срок службы ответственных деталей и узлов, одновременно обеспечив более высокую надежность эксплуатации оборудования в арктических условиях.

Заключение. Освоение Арктики как хозяйственного региона с особыми климатическими условиями постепенно набирает силу. Безусловно, будет расти и потребность в новых видах морской техники и, следовательно, но-

вых конструкционных материалах, разработкой которых уже более 75 лет занимается ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей".

Следующий научный шаг по снижению стоимости конструкционных материалов для Арктики – унификация химических составов сталей различных категорий прочности и их разлегирование. Это позволит, сохранив высокие потребительские свойства, одновременно существенно сократить сроки и издержки производства.

В перспективе развитие материалов для Арктики должно идти в направлении создания наномодифицированных интеллектуальных композитов с регулируемой структурой. Изменяя основу матрицы и состав армирующих компонентов, возможно в широком диапазоне целенаправленно придавать таким материалам уникальные свойства – такие как самодиагностика, самозалечивание, трансформация. Для создания композитных материалов наиболее целесообразно развитие аддитивных технологий (послойного синтеза).

Такие принципиально новые материалы могут стать драйвером (толчком для развития) отечественной экономики как в части спектра инновационных технологий, пригодных для различных отраслей техники, так и в части инвестиционных проектов для создания нового отечественного оборудования.

Создание материалов для Арктики требует глубоких фундаментальных исследований. При этом стоит подчеркнуть, что в одиночку проблему создания материалов для Арктики решить невозможно, необходимо объединить усилия исследовательских университетов, научных центров, конструкторских бюро, а также промышленных предприятий [5].

Библиографический список

1. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Российского морского регистра судоходства. – СПб. : Морской Регистр, 2013. – 351 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 503 с.
3. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 2. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 721 с.
4. МГТУ. Конференция по арктическому материаловедению. – Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/press/news/03-12-2015/aviation.shtml>
5. Орыщенко, А. С., Малышевский В. А. Конструкционные материалы для освоения арктического шельфа и Северного морского пути // Транспортная стратегия XXI век. – 2015. – №29. – С. 13–15.

Контекстный уровень разработки архитектуры предприятия по схеме Захмана для судов Арктического региона

Бурзун М. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: burzun_m@mail.ru)

Аннотация. В работе рассмотрены основы разработки архитектуры по схеме Захмана, являющейся наиболее полным архитектурным каркасом и определяющей общие свойства информационных систем на том уровне, когда они еще не зависят от парадигмы проектирования, технологии и средств разработки.

Annotation. The paper discusses the basics of architecture design scheme Zachman, is the most comprehensive architectural framework and defining the general properties of information systems at the level where they are not dependent on the design paradigms, technologies and development tools.

Ключевые слова: моделирование процессов, схема Захмана, навигационная система.

Key words: process modeling, Zachman scheme, a navigation system.

Развитие средств и методов навигационного обеспечения кораблей и судов в последнее время проходит в обстановке постоянно возрастающей интенсивности мореплавания, усиления требований к точности, объему и надежности навигационной информации и оперативности ее обработки. Данные факторы, наряду с обусловленной ими необходимостью обслуживания большого количества сложной, разнотипной аппаратуры, в значительной степени усложняют деятельность командиров кораблей и штурманов по обеспечению навигационной безопасности плавания и использования корабельных технических средств. Прежде всего, это проявляется в сложных условиях, когда цена последствий от неправильного или несвоевременно принятого решения существенно возрастает.

Развитие и внедрение универсальных персональных ЭВМ и современных информационных технологий позволило в 90-е годы освоить качественно новый этап работ по автоматизации деятельности штурмана. Значительным достижением следует считать создание в 1993 г. пакета программ прикладных штурманских задач [1].

Интегрирование навигационных информационных систем с системами управления кораблем открывает еще более широкие возможности по обеспечению безопасности плавания, автоматизации процесса кораблевождения, снятия со штурмана значительной части физической и психологической

нагрузки. Внедрение новых технологий является важным средством снижения аварийности флота по вине личного состава.

Архитектура информационных технологий и архитектура предприятия в целом как раз и является основным механизмом интерпретации и реализации целей организации через адекватные ИТ-инфраструктуру и системы. Это достигается через создание определенного количества взаимосвязанных архитектурных представлений. Имеется множество методик описания архитектуры, и все они разбивают архитектуру предприятия на различное количество моделей и определений, которые относятся к таким областям, как бизнес, информация, прикладные системы, технологическая инфраструктура.

Архитектура предприятия – это прежде всего управление знаниями, т. е. процесс сбора и распространения информации о том, как организация использует и должна использовать ИТ в своей деятельности. Включение же в архитектуру предприятия представлений о бизнес-архитектуре обеспечивает связь с возможностями оптимизации бизнес-процессов. Архитектура предприятия частично затрагивает и процессы управления ИТ в организации.

Рассмотрение основных процессов при построении архитектуры предприятия на базе схемы Захмана для судов, позволит раскрыть основные аспекты безопасности грузоперевозки в российском секторе Арктики.

Схема Захмана является наиболее полным архитектурным каркасом и определяет общие свойства информационных систем на том уровне, когда они еще не зависят от парадигмы проектирования, технологии и средств разработки. Схема Захмана представляет собой таблицу, в которой строкам соответствуют точки зрения участников проекта создания системы, а столбцам – аспекты производственной деятельности. Ячейка таблицы на пересечении конкретного столбца и конкретной строки – это архитектурное представление [2].

Она систематизирует знания об архитектуре информационной системы, охватывая все направления проектирования за счет использования системы шести универсальных аспектов: "данные", "организация и персонал", "место выполнения", "процессы и функции", "управляющие события", "цели и ограничения".

Первый (контекстный) уровень соответствует планированию бизнеса в целом. На этом уровне вводятся основные общие понятия, определяющие бизнес, и в результате данная строка задает контекст всех последующих записей в таблице.

В применении к деятельности ОАО "Мурманского морского пароходства" верхняя строка соответствует уровню интересов высшего руководства и собрания акционеров.

Заказчиком проекта выступает само пароходство в лице совета директоров. Первая строка схемы Захмана должна отражать интересы правления, акционеров и совета директоров:

- осуществление сохранной, безопасной и экономически эффективной транспортировки грузов морем;
- повышение качества и безопасности морских перевозок;
- обеспечение охраны окружающей среды;
- обеспечение профессиональной безопасности на основе международных стандартов и технологий;
- укрепление лидирующих позиций в круглогодичной перевозке всех видов навалочных, генеральных грузов и углеводородного сырья в Северо-Атлантическом и Арктическом бассейне.

Аспект "данные" определяет используемые в системе данные, в верхней строке этого столбца дают простое перечисление основных объектов, используемых в бизнесе.

Морское судоходство неизбежно связано с риском, который фактически свойственен любому транспортному процессу. Применительно к морскому транспорту этот риск выражается объективно существующей опасностью повреждения судовых технических средств и корпуса судна, повреждения или потери груза, нанесения ущерба другим объектам и окружающей среде, а также опасностью для жизни членов экипажей судов и пассажиров.

Одна из причин существования риска морского судоходства заключается в том, что суда сами по себе, как и другие транспортные средства, являются объектами повышенной опасности. Это обусловлено тремя причинами:

- обладая огромной кинетической энергией, суда при своем движении создают угрозу как для себя, так и для других судов и неподвижных объектов (причалы, средства навигационного обеспечения, подводные кабели и трубопроводы, объекты нефтедобычи в море и т. п.);
- для обеспечения движения суда используют огнеопасное топливо, что повышает риск возникновения пожара в машинном отделении;
- значительная часть судов используется для перевозки токсичных, пожаро- и взрывоопасных грузов, что также повышает риск возникновения пожаров и взрывов.

Кроме того, риск возникновения аварийных ситуаций обусловлен возможными ошибками членов экипажей судов, недостатками проекта и постройки судна, судовых технических средств и конструкций, отказами механизмов систем и устройств судна, а также, что весьма существенно, воздействием неблагоприятных, а иногда и экстремальных внешних условий.

Согласно Уставу службы на судах Военно-Морского Флота, каждое судно должно иметь на борту экипаж, члены которого имеют надлежащую квалификацию и состав которого достаточен по численности для:

- обеспечения безопасности судна, защиты морской среды;
- выполнения требований к соблюдению рабочего времени на борту судна;

- недопущения перегрузки членов экипажа работой [3].

Таким образом, можно составить следующий список объектов:

1. Морское судно:

- посты управления;
- жилые помещения;
- общественные помещения и санитарно-гигиенические помещения;
- служебные помещения;
- машинные помещения;
- грузовые помещения для перевозки на пассажирских судах.

2. Экипаж:

- капитан;
- помощник капитана;
- начальники служб;
- начальник радиостанции;
- механики;
- инженеры;
- рядовой состав.

Понятие "процессы и функции" на контекстном уровне перечисляют бизнес-процессы, происходящие в организации.

Не существует стандартного списка БП. Каждое предприятие имеет или должно классифицировать и описать свой собственный перечень БП. Как правило, основу для классификации составляют четыре категории БП:

- основные;
- обеспечивающие;
- процессы управления;
- процессы развития.

Каждый БП характеризуется четко определенными во времени началом и концом; внешними интерфейсами, которые либо связывают его с другими БП внутри организации, либо описывают выход во внешнюю среду; последовательностью выполнения функций и правилами их выполнения (бизнес-правилами).

Для каждой функции, входящей в БП, определены ее место в общей последовательности работ, исполнитель, условия инициации (события), время и стоимость выполнения [4].

Можно выделить следующие основные бизнес-процессы:

- 1) перевозка морским транспортом грузов и пассажиров на международном и внутреннем направлениях;
- 2) рейдовая перевалка и накопление нефтепродуктов;
- 3) услуги плавкранов.

Понятие "место выполнения" определяют расположение всех производственных объектов.

Расположение и габариты судовых помещений регламентируются различными требованиями наблюдающих организаций, выполнение которых при постройке гражданских судов обязательно. Согласно этим правилам каждому члену экипажа должны быть обеспечены разумный комфорт, удобства для индивидуального отдыха. Так, командный состав на отечественных судах должен размещаться в одноместных каютах, а помещения старшего командного состава должны включать рабочий кабинет. Все судовые помещения являются типовыми и объединяются в следующие группы:

- 1) посты управления;
- 2) жилые помещения;
- 3) общественные помещения и санитарно-гигиенические помещения;
- 4) служебные помещения;
- 5) машинные помещения;
- 6) грузовые помещения для перевозки на пассажирских судах.

Понятие "организация и персонал" на контекстном уровне описывает подразделения предприятия, а так же формулирует выполняемые ими функции.

Состав судового экипажа:

- 1) капитан;
- 2) старший помощник капитана;
- 3) старший (главный) механик;
- 4) начальник радиостанции;

- 5) помощник капитана по хозяйственной части;
- 6) помощник капитана по пассажирской части;
- 7) судовой врач.

Термин "управляющие события" описывает временную составляющую. Навигация судов осуществляется круглогодично. Основным показателем допуска судна в плавание в определенный период времени (зимняя и летняя навигация) является ледовый класс – один из параметров, показывающий способность судна находиться в море в зависимости от тяжести ледовых условий и ледокольной сопровождение. Основное местонахождение судна – Мурманский морской порт.

Понятие "цели и ограничения" формулирует бизнес-стратегию, которая затем последовательно транслируется в бизнес-план.

Стратегия ОАО "ММП" – постоянное повышение эффективности грузоперевозок через совершенствование методов управления и инновационный подход в хозяйствовании. Повышение качества и безопасности морских перевозок, обеспечение охраны окружающей среды и профессиональной безопасности на основе высоких международных стандартов и технологий, лучших традиций российского судоходства и собственно опыта с целью укрепления авторитета и повышения конкурентоспособности компании на мировом судоходном рынке.

Библиографический список

1. Развитие навигационных информационных систем с отображением электронных карт. [Электронный ресурс]. URL: <http://flot.com/editions/nh/7-17.htm?print=Y/> (дата обращения 16.02.2016).
2. Схема Захмана при разработке требований к ИС. [Электронный ресурс]. URL: <http://reqcenter.pro/zachman-framework/> (дата обращения 16.02.2016).
3. Бойцов, Ф. С., Иванов Г. Г., Маковский А. Л. Морское право : учебник для мореходных училищ – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1984. – 261 с.
4. Данилин, А., Слюсаренко А. Архитектура предприятия : учебный курс. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/995/152/info> (дата обращения 15.02.2016).

Анализ переходных тепловых процессов на основе количественной термографии

Власов А. Б. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovab@mstu.edu.ru).

Аннотация. Разработана методика анализа переходных тепловых процессов на основе количественной термографии.

Abstract. The designed methods of the analysis of the connecting heat processes on base quantitative thermography.

Ключевые слова: переходный тепловой процесс, количественная термография.

Key words: heat processes, quantitative thermography

Термография – метод анализа пространственного и временного распределения тепловой энергии (температуры) в физических объектах, сопровождающийся построением тепловых изображений (термограмм). Тепловой неразрушающий контроль активно используется при испытании материалов путем исследования тепловых потоков (температурных полей) [1]. В отличие от пассивного, активный тепловой контроль связан с испытаниями материалов с использованием дополнительного источника тепловой стимуляции.

Поскольку в нестационарном, динамическом режиме температура объектов изменяется во времени, применение современной тепловизионной техники позволяет использовать методы контроля и распределения тепловых потоков [1, 2].

Подобный метод позволяет определять и диагностировать скрытые полости в разнообразных материалах [1], исследовать теплофизические свойства сред [2, 3], оценивать степень особенности старения электрической изоляции [4].

Рассмотрим особенности применения тепловизионной техники для оценки быстропротекающих процессов нагрева электрического или теплового оборудования.

Испытания проводились с помощью тепловизора Fluke Ti-400. Объектами испытаний являлись как кабели типа КНР, так и отдельные жилы (с резиновой изоляцией). Оптическая система тепловизора позволяет проводить испытания на расстоянии (0,5–1) м от анализируемого объекта.

Обработка данных производилась с помощью специализированной программы типа SmartView.

Особенностью тепловизионной системы является возможность периодической съемки через установленный оператором интервал времени τ ($\tau_{\text{мин}} = 3$ сек) с неограниченным числом кадров.

На рис. 1 представлена типичная термограмма нагретой жилы, на которой проявляются отдельные участки анализируемого объекта: I – участок с оголенной медной жилой; II – участок с намотанной в виде спирали жилы с резиновой изоляцией.

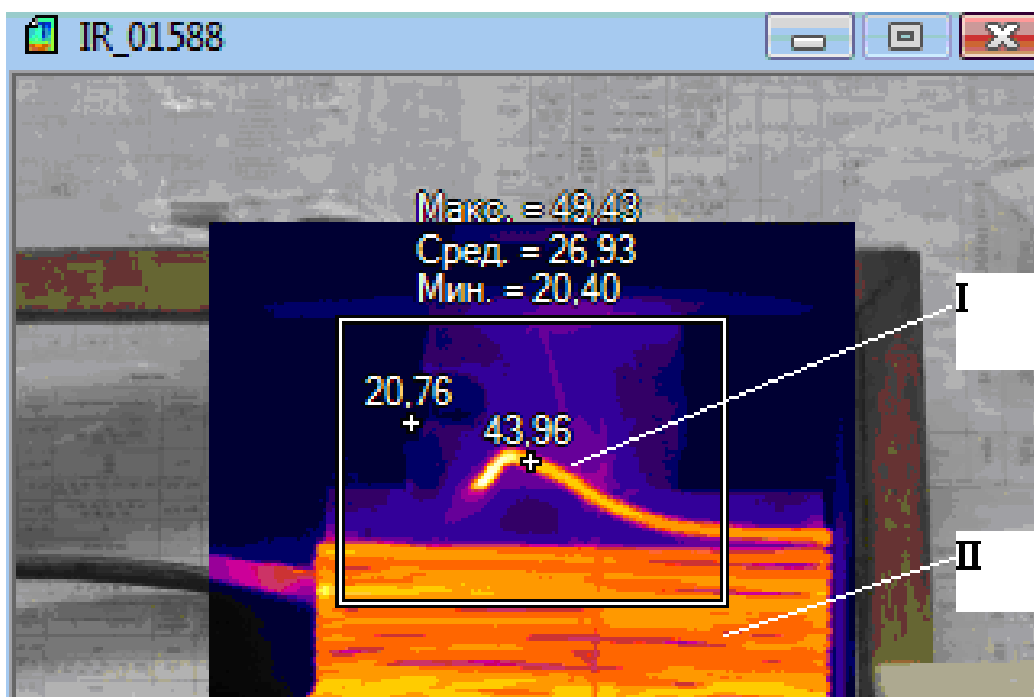


Рисунок 1 – Типичная термограмма жилы с резиновой изоляцией (область II) и без нее (область I)

На термограмме выделяются различные значения температуры поверхности исследуемого объекта, в том числе: максимальные T_{max} , средние $T_{\text{ср}}$ и минимальные $T_{\text{мин}}$ значения в выделенной области поверхности.

На рис. 2 представлена последовательность термограмм, полученных в процессе импульсного нагрева жилы кабеля КНР 3x1,5 током 45 А.

На основе анализа последовательных термограмм возможно построение зависимости превышения температуры ΔT отдельных участков относительно начальной температуры в процессе нагрева (рис. 3).

Видно, что максимальная температура поверхности резиновой изоляции в отдельных участках незначительно отличается от максимальной темпера-

туры оголенной жилы, что связано с флуктуацией толщины резиновой изоляции на жиле.

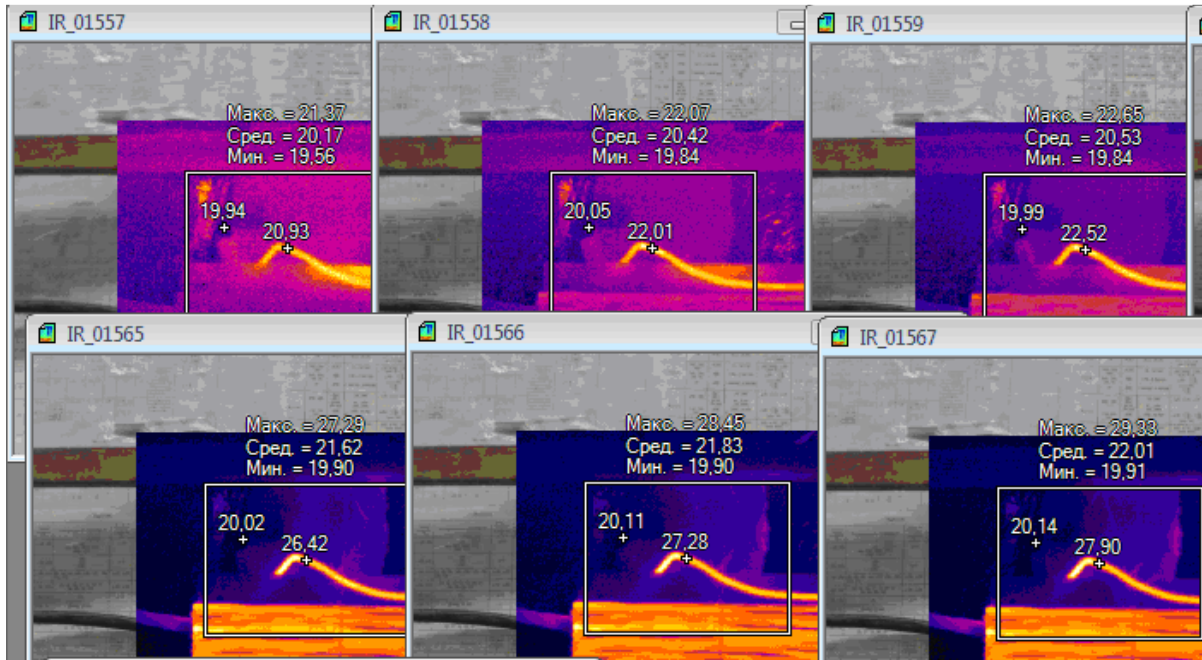


Рисунок 2 – Примеры последовательных термограмм, полученных в процессе испытаний жилы кабеля КНР после подачи тока 45 А

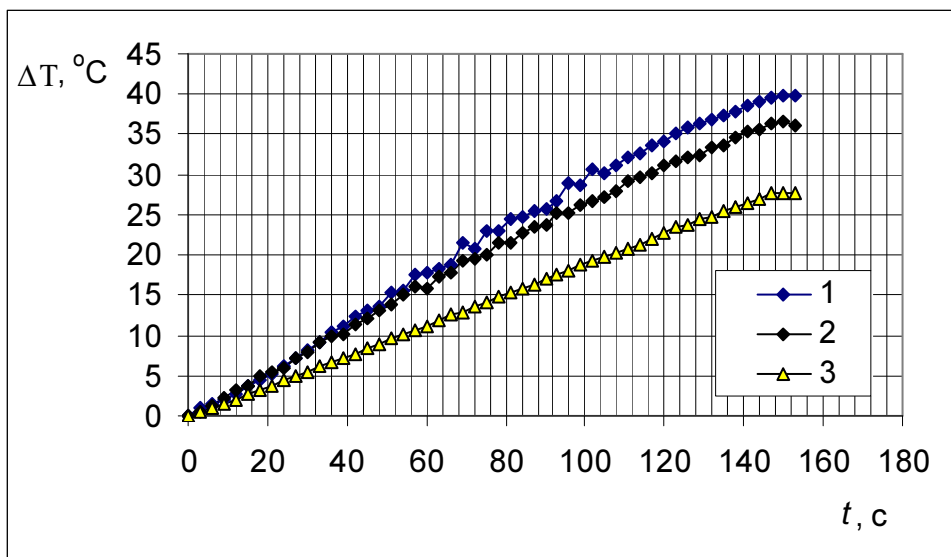


Рисунок 3 – Зависимости превышения температуры ΔT после подачи импульса тока 45А: 1 – $\Delta T_{\max \text{ ж.}}$ на оголенном участке медной жилы; 2 – $\Delta T_{\max \text{ р.}}$ на поверхности резиновой изоляции; 3 – $\square T_{\text{ср р.}}$ на поверхности резиновой изоляции

Аналогичным образом получены данные (рис. 4) по нагреву поверхности изоляции жилы при кратковременной подаче тока (35 А в течение 5 сек).

Видно, рис. 4, что после окончания действия тока температура изоляции продолжает увеличиваться (из-за дальнейшего разогрева жилы) и через 6–7

секунд превышение температуры достигает максимального значения как на исходной изоляции (кривая 1), так и на ускоренно состаренной изоляции (кривая 2), что согласуется с данными, представленными в [4].

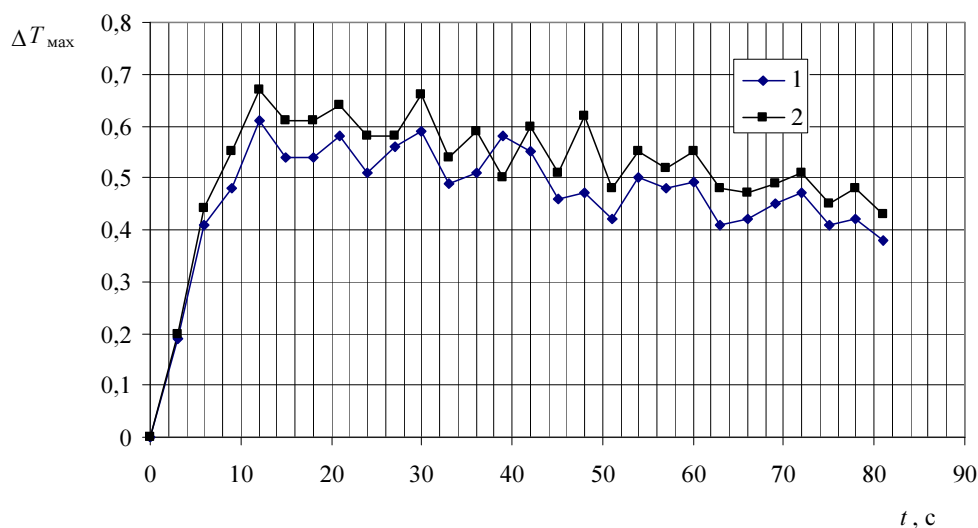


Рисунок 4 – Изменение максимального превышения температуры изоляции жилы кабеля после подачи импульсного тока (35 А, 5 секунд)

Применение подобной методики может быть актуально при исследовании быстро протекающих процессов на теплоэнергетическом оборудовании, тепловых машинах, двигателях, при исследовании процессов в биологических материалах и других.

Библиографический список

1. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : Спектр, 2013. – 544 с.
2. Власов, А. Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики / А. Б. Власов. – М. : Колос, 2006. – 280 с.
3. Шокина, Ю. В., Шокин Г. О., Власов А. Б. Метод определения теплофизических характеристик слоя сыпучих сред с элементами импульсного теплового контроля // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий (ВГУИТ). – 2015. – № 1. – С. 63–69.
4. Власова, С. В. Анализ тепловых процессов в кабелях с резиновой изоляцией на основе количественной термографии // Материалы Международ. науч. – техн. конф., Мурманск, 2015 г. / ФАР, Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – ФГБОУ ВПО "МГТУ", 2015. – С. 214–216.

Безразборное функциональное диагностирование топливной аппаратуры судовых дизелей

Злобин А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: zlobinav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье анализируются результаты опытов по безразборной функциональной диагностике топливной аппаратуры судовых дизелей, проводимых в разное время на кафедре судовых энергетических установок Мурманского Государственного Технического Университета.

Abstract. In this article the results of experiments of CIP diagnostic functionality of ship engine fuel equipment conducted in different time on ship power plants chair of Murmansk State Technical University.

Ключевые слова: судовой дизель, диагностика, топливный насос высокого давления, форсунка.

Key words: ship's engine, diagnostic, high pressure fuel pump, nozzle.

В данной статье обосновывается актуальность разработки системы непрерывного функционального диагностирования топливовпрыскивающего комплекса судового дизеля. Кратко обобщен результат соответствующих работ, проводившихся на кафедре судовых энергетических установок (СЭУ) МГТУ в различные годы, обобщен анализ данных проведенных ранее экспериментов.

Было установлено, что обеспечение равномерности цикловых подач "в статике" является вполне приемлемым – с точки зрения точности, – способом предварительной регулировки распределения нагрузок по цилиндрам вспомогательных среднеоборотных дизелей. Можно было бы предположить, что подобный метод может быть применен и в целях диагностики топливных насосов высокого давления (ТНВД) в том случае, если ТНВД каждого цилиндра имеет свой указатель активного хода плунжера. Однако, этот метод, во-первых, достаточно трудоемок, занимает много времени и затруднен к применению для топливных систем некоторых дизелей. Кроме того, дополнительный монтаж/демонтаж трубок высокого давления ускоряет износ резьбовых соединений. Во-вторых, проверка "в статике" практически не целесообразна для диагностирования в эксплуатации, так как требует остановки двигателя, т. е. не является оперативной.

Главным недостатком такой проверки является то, что она дает ответ на вопрос о техническом состоянии только лишь ТНВД, причем в целом.

Проверка же со штатными форсунками требует их демонтажа, что, во-первых, нежелательно по понятным причинам, а во-вторых предопределяет, как само собой разумеющееся, их проверку на опрессовочном стенде, который имеется на каждом судне.

Следовательно, встает вопрос о необходимости разработки и применения средств и методов безразборного функционального диагностирования топливной аппаратуры судовых дизелей. Проведем краткий обзор реализованных решений указанной задачи.

Одними из наиболее известных примеров являются информационно-вычислительный комплекс (ИВК) "Аутроника" (Норвегия, модели НК-5, НК-100). Эти комплексы имели в своем составе датчики измерения угла поворота коленчатого вала, давления газов в цилиндре и топлива в линии высокого давления (ЛВД), а также дисплей и запоминающее устройство, позволяющие получить визуальную картину происходящих процессов и хранить эту информацию, в первую очередь – с целью сравнения с эталонными осциллограммами. Современные комплексы аппаратуры для диагностирования дизелей могут функционировать, используя в качестве средства предоставления и хранения информации обычный портативный персональный компьютер; при этом одной из главных составляющих стоимости оказывается программное обеспечение.

Однако помимо вопроса стоимости нового комплекта существует и другая проблема – сравнительно небольшой срок службы датчиков (точнее – количество выдерживаемых циклов), особенно датчиков давления газов в цилиндре. Так, отечественный прибор К-748 комплектовался датчиками GT-20 той же "Аутроники". При этом, хотя отечественный прибор, естественно, был дешевле, он также не получил распространения на судах ФРП. Возможно, это также в большой степени было связано с проблемой долговечности датчиков. Однако здесь необходимо отметить, что К-748 не имел отдельного канала измерения давления топлива в ЛВД, а также дисплея и запоминающего устройства и, таким образом, сильно уступал норвежскому ИВК в информативности.

Продолжая рассмотрение проблемы измерения давления газов в цилиндре, отметим, что и в настоящее время на судах, на которых устанавливаются комплексы для диагностирования дизелей, эта процедура выполняется периодически. Что касается измерения только лишь максимальных давлений с помощью традиционных приборов (максиметра, индикатора), а также возможности использования полученной информации в целях диагностирования топливной аппаратуры (ТА), то такие исследовательские работы проводились на кафедре СЭУ МГТУ. Испытания проводились на лабора-

торной установке на базе двигателя 3NVD-24. Коротко приведем основные результаты этих исследований:

1) Использование результатов указанных измерений для диагностирования ТНВД без разборки и дополнительной проверки этого или других узлов довольно затруднительно ввиду, прежде всего, сильной корреляции указанных параметров с множеством эксплуатационных факторов.

2) Существуют заметные расхождения в показаниях этих приборов, причем как величина, так и знак этих отклонений зависят от режимов работы двигателя.

3) Для двигателей небольшой размерности актуальна проблема относительно большой емкости системы измерения – индикаторного канала и полости самих приборов.

Возвращаясь к предмету нашего исследования – топливной аппаратуре – отметим, что отечественной промышленностью выпускался комплект для оперативной оценки технического состояния системы топливоподачи. Предполагалось периодическое подключение приборов – топливного максиметра и мерной емкости. Однако при использовании этого прибора на двигателе 3NVD-24 выявился уже упоминавшийся недостаток – значительное увеличение емкости системы измерения (в данном случае – измерения давления в ЛВД). Дело в том, что ЛВД имеет небольшой объем, увеличение которого в большей или меньшей степени искажает результаты исследования относительно реальной картины в штатной топливной системе, при этом объем указанной системы измерения соизмерим с объемом системы измерения давления газов в цилиндре. Указанный недостаток проявлялся в том, что показания максиметра не превышали величины давления начала подъема иглы, что на режимах, близких к номинальному не может иметь места. Кроме того, максимальное давление в ЛВД за ТНВД не является достаточно информативным параметром для диагностирования ТА.

На кафедре СЭУ МГТУ в разные годы неоднократно проводились работы по созданию комплексов измерения давления в ЛВД. Были проведены эксперименты с использованием пьезоэлектрического датчика давления топлива. Датчики этого типа обладают тем недостатком, что из-за утечки заряда они не могут измерять постоянный сигнал или постоянную составляющую сигнала. Применительно к топливной системе высокого давления это означает невозможность измерения остаточного давления. Но главным недостатком разработанной системы измерения оказалась неудачная компоновка датчика в ЛВД.

Позднее была предпринята попытка измерения давления топлива в ЛВД с помощью тензорезисторов, наклеиваемых непосредственно на поверхность топливной трубки. Такая схема измерения требует сравнительно мощного усилителя, кроме того, такой способ мало практичен для применения в условиях постоянного использования в эксплуатации.

Наиболее удачным решением оказалось применение тензорезисторного датчика-преобразователя оригинальной конструкции (разработка кафедры СЭУ). Измерительный комплекс включал стандартный усилитель, цифровой осциллограф и графопостроитель. Основными деталями датчика являются корпус с крышкой и мембрана с наклеенными на нее тензорезисторами. Корпус изготовлен по проточной схеме, имеет малый внутренний объем и по своей принципиальной конструкции не требует обязательного применения дополнительной арматуры. Все это позволило минимизировать искажения реальной картины процесса.

Недостатком являются габариты корпуса датчика, не позволившие установить его на штуцере форсунки между коромыслами клапанов, при том, что осциллограммы давления топлива перед форсункой являются более информативными и в промышленно изготавливаемых системах измерению подлежит именно этот параметр. Кроме того, ввиду отсутствия необходимого оборудования не была проведена предварительная динамическая тарировка датчика.

Было сделано заключение, что разработанная система после некоторых доработок и дополнительных испытаний в целом пригодна к применению.

Обработка осциллограмм и других данных показала следующее.

1) Для отдельно взятой топливной системы явно просматривается вполне логичная закономерность характера топливоподачи от нагрузочного режима. Однако при приближении к режиму номинальной мощности темп нарастания максимальной величины снижается. Это можно объяснить большой неравномерностью регулятора частоты вращения данного двигателя и значительным снижением частоты вращения.

2) Недостатком методики измерения явилось то, что в процессе его одновременно снимался только один сигнал. Таким образом осциллограммы иллюстрируют характер и величину изменения давления в процессе топливоподачи относительно остаточного давления в трубке. Величину же остаточного давления фиксировали лишь в конце испытаний в одном цикле – испытания при нормальном значении давления начала подъема иглы.

3) Если сравнивать осциллограммы только по характеру протекания, то оказывается, что он у 1-го и 2-го ТНВД практически одинаков, несмотря

на то, что 2-ой ТНВД однозначно имеет худшее техническое состояние (низкую плотность). Для режима номинальной мощности это более или менее объяснимо. Однако идентичность кривых имела место и при нагрузках ниже номинальной, при том что 2-ой ТНВД на этих режимах имеет значительно меньшие величины цикловых подач и продолжительности подачи, что было установлено ранее. Возможно причина такого результата место расположения датчика – на штуцере ТНВД.

4) Практически идентичными оказались и осциллограммы снятые на одних и тех же ТНВД при одинаковых режимах, но с различными значениями давления начала подъема иглы. С большой долей уверенности можно утверждать, определяющее влияние здесь величина остаточного давления.

Анализируя представленные результаты, можно сделать заключение о том, что разработанная система требует ряда серьезных, принципиальных усовершенствований. Первостепеннейшим мероприятием должна стать адаптация датчика-преобразователя для его установки на штуцер форсунки. Следующим необходимым шагом является усовершенствование системы измерения таким образом, чтобы оператор мог видеть абсолютные значения сигнала, у которого за нуль принимается атмосферное давление. При выполнении этого условия динамическая тарировка датчика не будет являться безусловно необходимой, так как в диагностике широко применяется сравнения полученных данных с эталонными, причем для выяснения неисправности, выявленной в одном цилиндре в качестве эталонной величины часто берутся усредненные по всем цилиндрам значения для текущих условий работы.

После выполнения этих первичных мероприятий и выявления их результата можно будет приступить к отработке алгоритма диагностирования и, если понадобится, дальнейшему совершенствованию системы измерения.

Отметим, что разработка алгоритма диагностирования топливной аппаратуры по осциллограммам сама по себе является задачей, требующей для своего решения длительных испытаний или накопления статистических данных из опыта эксплуатации, причем индивидуально для каждого типа топливной системы (фактически, для каждой модели дизеля).

Здесь представляется целесообразным снова обратить внимание на представленные результаты исследования. Как указывалось, осциллограмма давления топлива за ТНВД не является достаточно информативной. Однако возможно, наиболее чувствительным, хотя и малоинформативным диагностическим параметром, будет являться величина остаточного давления. Отметим, что у топливных систем, предусматривающих разгрузку ЛВД величина

остаточного давления незначительна, о чем было упомянуто выше, и в этих случаях величину роста придется измерять отдельным датчиком, предназначенным для определения величин такого порядка (емкостные датчики).

Укажем еще на одно обстоятельство. Оно касается регистрации угла поворота коленчатого вала в процессе диагностирования рабочих процессов дизелей. Сформулированная задача не ставит целью индицирование процесса в цилиндре. Тем не менее, какие-либо отметки угла поворота во многих случаях диагностирования ТА предлагаемым способом могут оказаться необходимыми. Поэтому предусмотреть канал измерения угла поворота в разрабатываемой системе весьма целесообразно.

С другой стороны, наиболее характерным временным (фазовым) параметром процесса топливоподачи является момент начала подачи топлива насосом или форсункой. После регулировки угла опережения дальнейшее его изменение, в общем случае, маловероятно. Можно говорить о приблизительно одинаковом отклонении углов опережения подачи всех цилиндров от оптимального для данных условий эксплуатации значений. Такая ситуация может иметь место вследствие либо общего износа (прецизионных пар, кулачных шайб, головок регулировочных болтов и т. п.), либо несоответствия угла опережения данному сорту топлива.

То или иное отклонение опережения впрыска отдельных цилиндров может быть следствием неисправностей, таких, например, как зависание иглы форсунки или нагнетательного клапана, прихватывания плунжера и т. п. Но подобные неисправности могут быть определены и по другим признакам, в том числе по виду осциллограмм и величине остаточного давления.

Можно заключить, что определение момента начала подачи топлива в разрабатываемой системе все же желательно. Для вспомогательных дизелей относительно небольшой размерности это может быть осуществлено использованием комплектов, подобно тем, которые широко применяются в практике диагностирования и регулировки дизелей автотракторного типа.

И последнее. Выше было упомянуто о проблеме долговечности датчиков. Для датчиков давления топлива в ЛВД количества выдерживаемых циклов будет определяться в основном уровнем максимальных давлений и в процессе разработки и изготовления датчика-преобразователя давления топлива в ЛВД следует решить следующие вопросы:

а) определить минимально приемлемый ресурс датчика исходя из соображений экономической целесообразности;

б) обеспечить этот ресурс при назначении и выполнении геометрических размеров мембраны. Если же датчик предполагается унифицировать для нескольких моделей, то для каждой из них следует определить назначенный ресурс, который не должен быть ниже минимально приемлемого.

Отметим, что ведущие фирмы – изготовители датчиков измерения рабочих процессов в ДВС устанавливают для своей продукции довольно высокий ресурс. Так, фирма "Optrand" заявляет для своего датчика AutoPSI-S2000 (рабочее давление – 2000 бар, предельное – 3000 бар) 500 миллионов выдерживаемых циклов или 3 года службы.

Естественно, разрыв мембраны во-первых выведет из строя топливную систему данного цилиндра, т. е. приведет к отказу двигателя, во-вторых создаст пожароопасную обстановку в машинном отделении. Исходя из этого, представляется необходимым введение в эксплуатации строжайшего запрета на превышение наработки датчика над его назначенным до замены мембраны ресурсом. Кроме того, в конструкции датчика следует предусмотреть защитные устройства, например, в виде дренажной канавки, а также иметь в запасе комплект заглушек, установкой одной из которых на место поврежденной мембраны можно быстро восстановить работоспособность двигателя без демонтажа корпуса датчика.

Что касается финансовой стороны вопроса, то стоит отметить, что материальные и трудовые затраты на изготовление мембраны будут, предположительно, невысоки – наиболее сложной технологической операцией является обеспечение требуемых параметров шероховатости той поверхности мембраны, на которую наклеиваются тензорезисторы. Более или менее значительную, в зависимости от производителя, часть затрат на изготовление измерительной мембраны будет составлять стоимость тензорезисторов и специальных составов для их фиксации. Кроме того, технология наклейки тензорезисторов такова, что требует не столько трудоемкой, сколько длительной и тщательной работы. Процесс наклейки тензорезисторов выполненного датчика занял больше десятка часов и проходил в несколько этапов – при различных температурных режимах и усилиях прижатия склеиваемых поверхностей.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации судовых дизелей / Гипрорыбфлот – Сервис. – СПб.-М. : Русская панорама, 1999. – 168 с.

Программное обеспечение вероятностной оценки запаса метрологической надёжности средств измерений

Кумова Ж. В., Петрова Н. Е., Ефремов Л. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: zhannakmv@yandex.ru).

Аннотация. Предложена программная система "Вероятностная оценка запаса метрологической надёжности средств измерений линейных размеров" с целью возможности определения оценки исправности средства измерения по критерию запас метрологической надёжности.

Abstract. The proposed system software support the Proposed educational program system of support of educational process "Probabilistic evaluation of reserve metrological reliability of measuring linear dimensions" in order to be able to determine the health score measurement on the criterion of the metrological reliability.

Ключевые слова: метрологическая надёжность, средство измерения, погрешность, точность, единство измерений.

Key words: reliability of measurement, measurement tool, accuracy, precision, traceability.

Одной из главных характеристик, характеризующих качество средств измерений (СИ) является метрологическая надёжность. Задачи по оценке и повышению метрологической надёжности СИ особенно актуальны на данный момент.

Разработанная программная система "Вероятностная оценка запаса метрологической надёжности средств измерений линейных размеров" по дисциплине "Метрология, стандартизация и сертификация" дает возможность определить оценку исправности средства измерения с помощью такого критерия, как запас метрологической надёжности (ЗМН), представленный в работе [1].

Вопросами исправности СИ для оценки их запаса метрологической надёжности в течение ряда лет занимались в Мурманском государственном техническом университете на кафедре технологии металлов и судоремонта под руководством доктора технических наук, профессора Л. В. Ефремова.

ЗМН служит основной метрологической характеристикой, являясь квантилем двухпараметрического нормального распределения Z вероятности β не достижения предела погрешности h_a . Происходит учёт изменения как систематической h_{cn} , так и случайной σ_{cl} погрешности прибора в соответствии с формулой (1) [2, 3]:

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

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 ;
- расчёты, 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 (будь то 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. Объём программы: 1,23 Мб [4].

В столбец "ДП, мм" (рис. 1) заносятся данные результатов прямых измерений контактным методом с применением вспомогательных средств. Далее необходимо выполняется расчёт при выборе соответствующей позиции в нижней строке окна "Произвести расчёт".

Номер	Дата	Включено	Выключено	Время, мин	ДП, мм	Пгр	Отн. ДП
1	02.11.15	10	11	1	30.00		
2	02.11.15	12	13	1	29.98		
3	02.11.15	14	15	1	30.00		
4	02.11.15	16	17	1	30.00		
5	02.11.15	18	19	1	30.00		
6	02.11.15	20	21	1	30.00		
7	02.11.15	22	23	1	30.00		

Рисунок 1 – Компоненты компьютерной программной оболочки при вводе данных

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

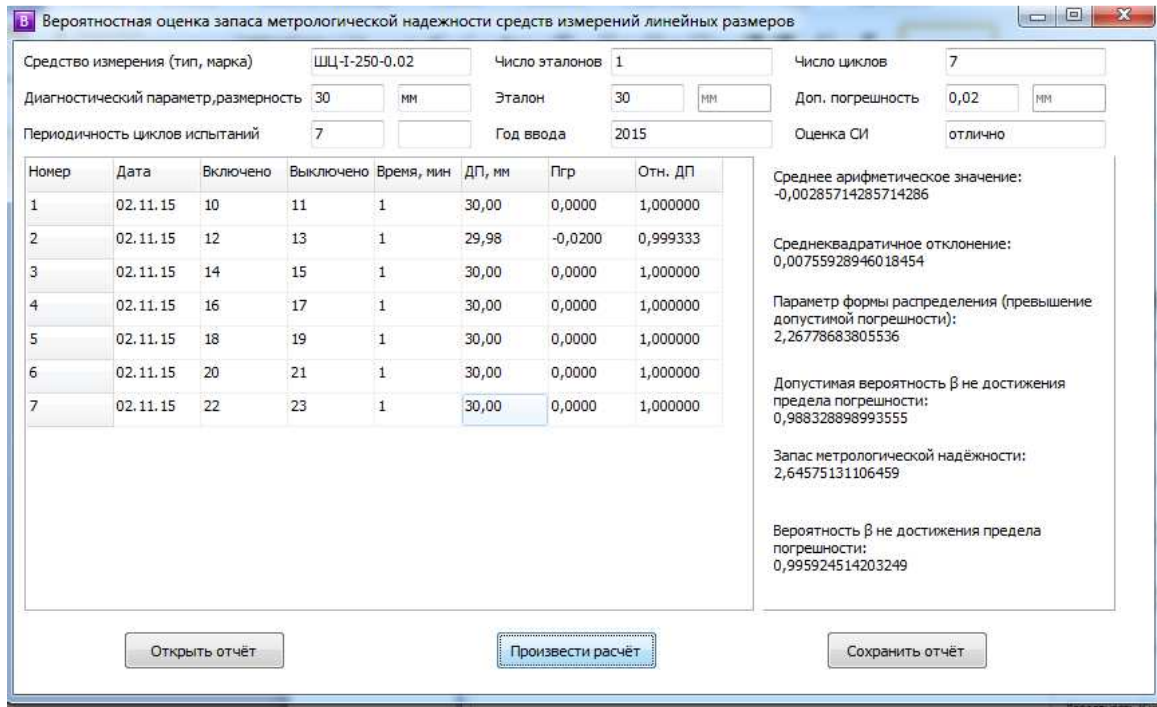


Рисунок 2 – Компоненты компьютерной программной оболочки с обработанными данными

Затем выполняется команда при выборе соответствующей позиции в нижней строке окна "Сохранить отчёт", формирование которого производится по заданным формулам в электронных таблицах EXCEL [4].

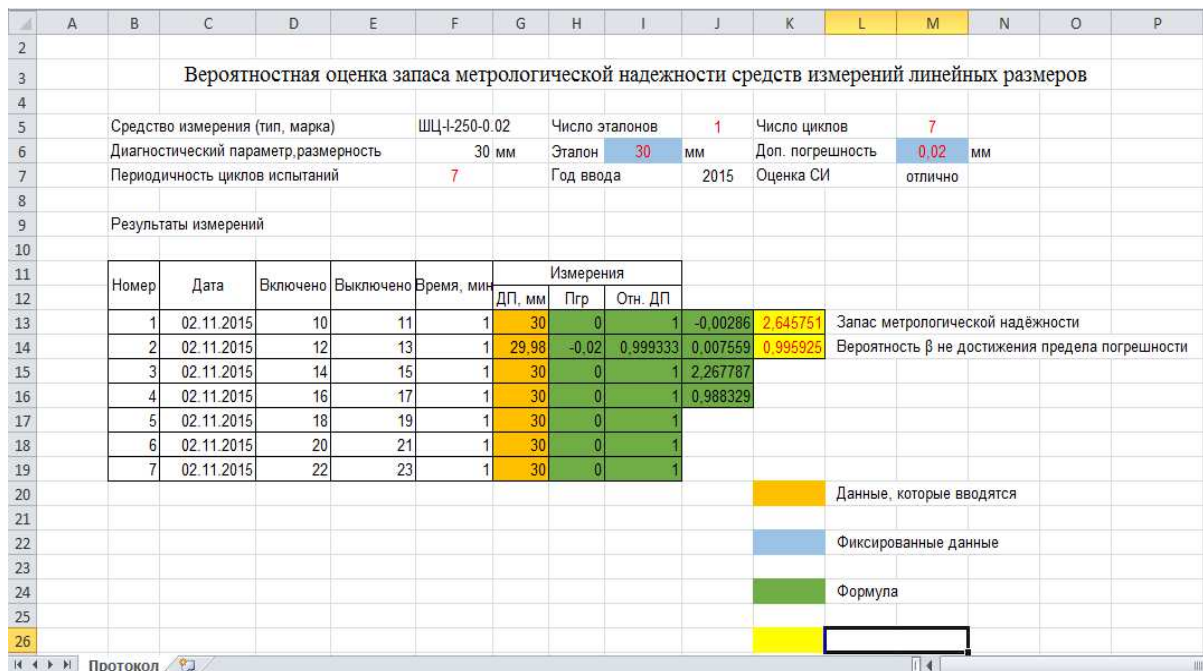


Рисунок 3 – Таблицы отчёта, сформированные в программе Excel

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

Библиографический список

1. Ефремов, Л. В. Моделирование трендов погрешности диагностических приборов // Известия вузов. Приборостроение. – 2010. – Т. 53. – № 2. – С. 38–43.

2. Ефремов, Л. В. Вероятностная оценка метрологических характеристик учебных средств измерений [Электронный ресурс] // Наука и образование : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 5–9 апреля 2010 г. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2010. – С. 1395–1398. – Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/nio2010>.

3. Ефремов, Л. В. Метрологическая оценка надёжности мерительного инструмента учебного и научного назначения / Л. В. Ефремов, Ж. В. Кумова // Известия вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 58. – № 3. – С. 30–35.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Вероятностная оценка запаса метрологической надёжности средств измерений линейных размеров / Кумова Ж. В., Петрова Н. Е., Ефремов Л. В., Баева Л. С.; заявитель и правообладатель ФГБОУВПО Мурман. гос. техн. ун-т. – № 2015616989 ; заявл. 01.12.2014 ; опубл. 26.06.2015, Заяв. № 2014662303.

Организация судоремонта как важный фактор повышения качества ремонтов судов

Пашеева Т. Ю., Баева Л. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: tatjana-pasheeva@rambler)

Аннотация. Техническая подготовка судоремонтного производства весьма специфична. Ввиду этого особое значение приобретает дефектация корпуса, механизмов и остального оборудования судов. Качественная дефектация определяет рациональный технологический способ восстановления эксплуатационных качеств дефектного узла. В настоящее время существует немало факторов, сдерживающих развитие судоремонтного производства. На судоремонтных предприятиях необходимо разрабатывать мероприятия, направленные на улучшение организации подготовки производства судоремонта.

Annotation. Technical training of ship production is very specific. In view of this special significance acquires the defect detection of hull, machinery and other equipment of vessels. Qualitative fault detection technology defines a rational method of recovering performance of a defective unit. Currently there are many constraints on the development of ship-repairing. At the ship-repair enterprises it is necessary to develop activities aimed at improving the organisation of manufacture of repair.

Ключевые слова: судоремонт, судостроение, качество ремонта судов, дефектация судового оборудования, технология судоремонта, техническая документация, научная организация труда, производство.

Key words: ship repair, shipbuilding, ship repair quality, fault detection of marine equipment, ship repairing technology, technical documentation, scientific organization of labor, production.

Состояние проблемы. Судоремонтная отрасль, наряду с судостроением, характеризуют научно-технический уровень страны, аккумулируя в своей продукции все достижения металлургии, машиностроения, электроники и новейших технологий. В то же время судоремонт, в отличие от судостроения, является отраслью, весьма чувствительной к изменению экономической конъюнктуры.

В судостроении можно просчитать энергозатраты, сырьё, материалы и комплектующие; необходимое техническое оснащение, контрагентские работы и поставки; необходимый персонал и направления подготовки кадров; необходимые отчисления на НИОКР, финансово кредитное обеспечение; определить стоимость проекта и сроки его осуществления; суммы вложений и возврата денежных средств, суммы отчислений на все нужды, уровень рентабельности; определить количество и состав зданий и сооружений, станков, машин и аппаратов – в итоге экономическую и техническую политику судо-

строительного предприятия. В судоремонте все вышеназванные расчёты и планирование более затруднительные, так как мало известны предстоящие работы по объёмам и номенклатуре. Даже в период процветания Отечественного судоремонта, никогда не было ритмичной загрузки производственных мощностей, всегда отдельные цехи и производственные участки были перегружены или не догружены [1].

Судоремонтное производство является единичным и мелкосерийным, носит дискретный характер [2].

Постановка задачи. В настоящее время эксперты отмечают появление двух важных тенденций, способных стать локомотивами возрождения и развития судоремонтных предприятий России: возвращение государства в число заказчиков, рост госзаказа на судоремонт. В этой связи важнейшую роль начинает играть способность менеджмента судоремонтного предприятия привлечь заказы и, главное, эффективно управлять их выполнением [3].

Качественную ремонтную ведомость можно составить лишь в том случае, если работники хорошо знают состояние судна, всех его узлов, агрегатов и оборудования; если составители ведомостей представляют себе, какие именно конкретные данные необходимы заводу для сокращения срока ремонта и соответственно для наилучшей и непрерывной загрузки рабочих [4].

Вопросы экономической устойчивости предприятий достаточно актуальны в современных условиях хозяйствования. Большинство предприятий находятся под значительным влиянием внешних факторов и не в состоянии сохранять свою экономическую устойчивость на высоком уровне.

Интегральный показатель уровня экономической устойчивости имеет вид:

$$U_{EC} = \sqrt{U_{FC} + U_{KC} + U_{PTC}}, \quad (1)$$

где U_{EC} – интегральный показатель уровня экономической устойчивости;

U_{FC} – интегральный показатель уровня финансовой устойчивости;

U_{KC} – интегральный показатель уровня кадровой устойчивости;

U_{PTC} – интегральный показатель уровня производственно-технической устойчивости.

Необходимо использовать интегральный показатель экономической устойчивости, который состоит из частных показателей, а именно: финансовой, кадровой и производственно-технической устойчивости. Критический уровень экономической устойчивости связан с наличием убытков на предприятиях и минимальной загрузкой их мощностей. Уровень экономической устойчивости предприятий может колебаться от критического до очень вы-

сокого. Для того, чтобы статистически правильно определить группировки показателей, необходимо использовать стандартизированный подход американского ученого Стерджесса. Данная градация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Качественная интерпретация количественных значений интегрального показателя

Предел значений показателя, доли единиц	Качественная оценка (уровень устойчивости)
10 и более	Сверхвысокий (наличие более чем достаточного запаса устойчивости)
8,0–10,0	Высокий (имеется достаточный запас устойчивости)
6,0–8,0	Допустимый (запаса устойчивости нет)
4,0–6,0	Удовлетворительный
2,00–4,0	Низкий
2,0–0,0	Кризисный

По результатам оценки экономической устойчивости представляется возможным разработать механизм обеспечения экономической устойчивости для предприятий судоремонта. Разработка механизма обеспечения экономической устойчивости позволит качественно управлять судоремонтным предприятием, вовремя и адекватно принимать управленческие решения [5].

В повышении эффективности любого производства решающую роль играют научная организация труда и профессиональное управление персоналом [6].

В настоящее время существует немало факторов, сдерживающих развитие судоремонтного производства. Недостаточное развитие специализированных производств, межзаводского и межведомственного кооперирования обусловили слабое развитие индустриальных методов ремонта судов. Трудности с обеспечением строительства и ремонта судов материалами и оборудованием в результате разрыва сложившихся экономических связей с заводами поставщиками и непомерно высокими транспортными тарифами также увеличивают сроки ремонта и делают услуги судоремонта неконкурентоспособными.

У судоремонта та же функция, что и у судостроения – воспроизводство флота. Единым должен быть и комплекс этих производств, основанный на общности технологического процесса, потребляемых материалов, используемых средств труда и качественного состава работающих. Процесс специализации и вынесения заготовительной и обрабатывающей стадий должен происходить в равной мере, как для судостроения, так и для судоремонта. В судостроении это происходит с образованием судостроительных верфей (ССВ), в судоремонте – судоремонтных верфей (СРВ). При этом они должны

иметь единые предприятия, поставляющие запасные части и комплектующие изделия, как для судостроительных, так и для судоремонтных верфей. Поэтому формирование комплекса должно происходить на основе совместного совершенствования специализации судостроительного и судоремонтного производства. Развитие специализации должно сопровождаться налаживанием связей по кооперации между предприятиями, направленных на совместное выполнение общей функции судостроительного и судоремонтного производств. Это наиболее важно для судоремонтного производства, так как судостроение имеет широкие поставки по кооперации от других отраслей промышленности.

Предлагаемый судостроительно-судоремонтный комплекс состоит из совокупности "головных" предприятий, разделенных на две технологически специализированные группы: судостроение и судоремонт. При этом каждое из них имеет предметную специализацию по созданию и ремонту определенного, или нескольких, ограниченного числа типов судов. На этих предприятиях должно выполняться минимальное число работ, связанных с заготовительной и обрабатывающей стадией производства (рис. 1) [7].

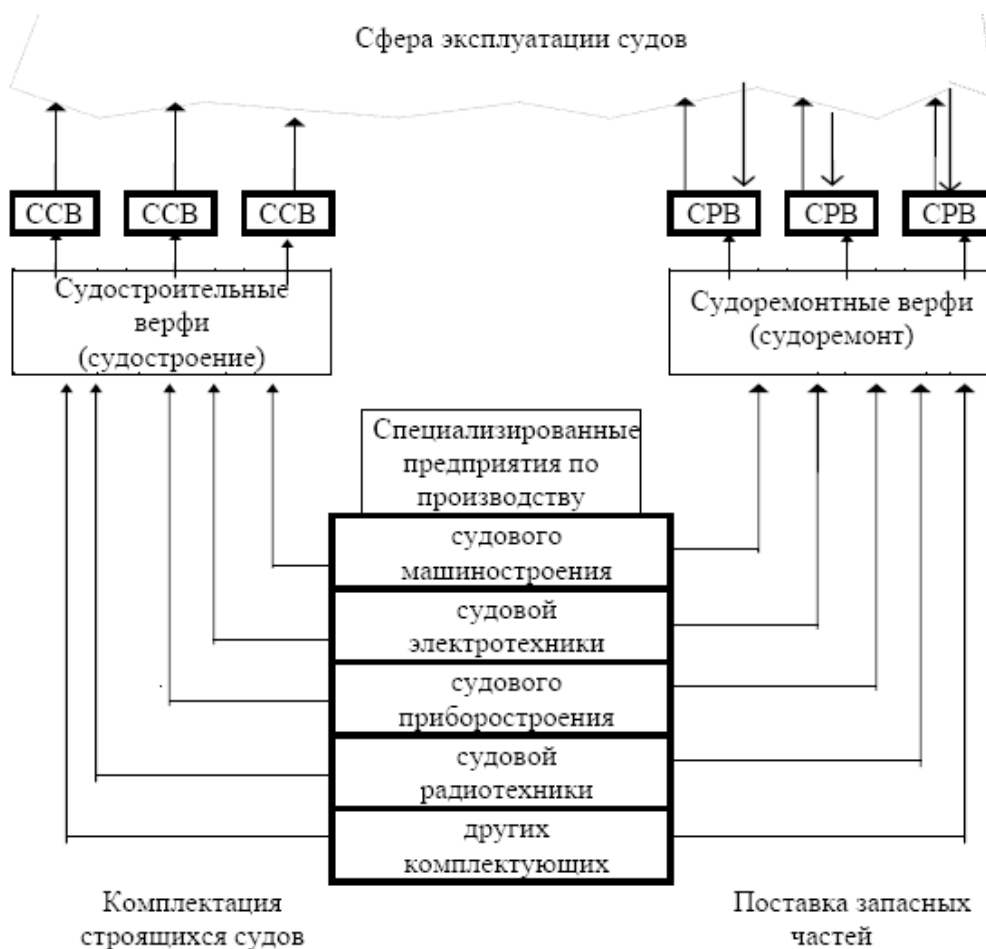


Рисунок 1 – Схема предлагаемого производственного судостроительно-судоремонтного комплекса [7]

Обсуждение. Рассматривая особенности судоремонтного предприятия, необходимо выделить вопросы, которые связаны непосредственно с организацией труда рабочих, инженерно-технических работников и служащих судоремонтных заводов. Первая особенность организации судоремонтного производства и организации труда: высокая экономическая эффективность сокращения сроков стоянки судов в ремонте по сравнению с другими экономическими факторами. Вторая особенность: необходимость обеспечения высокой надежности продукции, должного качества работ, постоянного увеличения долговечности объектов ремонта, что обуславливает удлинение межремонтных периодов ремонтируемых судов. Третья особенность организации труда рабочих судоремонтных заводов кроется в сущности и в организации судоремонтного производства.

Необходимо вспомнить опыт, накопленный отечественными судоремонтными предприятиями. Так, в книге авторов Коробцева И. М., Беньковского Д. Д., Гальвера Г. Г., Улицкого Л. В. "Вопросы организации и технологии судоремонта" предлагается к рассмотрению агрегатно-узловой метод ремонта серийных судов. Для проведения ремонта судов должна разрабатываться документация, позволяющая определить объемы ремонтных работ путем проведения заводской дефектации, организовать подготовку производства и наметить последовательность проведения работ; провести комплектацию деталей по заготовительным, обрабатывающим и сборочным цехам; обеспечить материальное снабжение данного объекта [8].

Выводы. В настоящее время подготовка и работа с судовой документацией должна принять новые формы. Необходимо повысить персональную ответственность за техническую грамотность составленных документов. Для эффективного менеджмента руководству и специалистам СРЗ необходима информационная система управления техническим обслуживанием и ремонтом судов. Необходим инструмент, который делал бы реально выполнимым сбор и анализ информации, обеспечивал оперативность и достоверность данных, предоставлял поддержку менеджмента при принятии решений, позволял оценивать эффективность этих решений и на основе их оценки вырабатывать корректирующие (предупреждающие) воздействия на бизнес-процессы. Необходимо разрабатывать мероприятия, направленные на улучшение организации подготовки производства судоремонта. Сущность новой системы организации подготовки производства должна состоять в своевременной технологической подготовке производства, четком определении обязанностей отделов и цехов завода, повышении ответственности каждого члена коллек-

тива, ритмичном выполнении работ по плану в установленной технологической последовательности, систематическом контроле за выполнением заданий. Основными исходными положениями для внедрения этой системы должны быть предварительная дефектация судна до его постановки на капитальный или средний ремонт, определение объема ремонтных работ в целом и по отдельным узлам, разработка технологических графиков, подготовка технологической документации на все ремонтируемые или заменяемые узлы. Это позволит судоремонтному заводу внедрить систему планирования судоремонтного производства.

Библиографический список

1. Чепугов, А. Д. Отечественный судоремонт жив и будет жить / А. Д. Чепурнов // Информ. портал Союза Предпринимателей и Рыбопромышленников Камчатки. – Режим доступа: <http://www.rybazdes.ru/node/3832>. – Загл. с экрана.
2. Турчанинова, Т. В. Совершенствование технического обслуживания и ремонта судов с использованием методов сетевого планирования и управления / Т. В. Турчанинова // Вестн. МГТУ : тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 14. – № 1. – С. 117–120.
3. Управление Судоремонтом – задачи и решения // Комм ИТ : сайт компании. – Режим доступа: <http://old.commit.name/?lmenu=7&lsubmenu=6&tmenu=2>. – Загл. с экрана.
4. Коробцов И. М. Научная организация труда в судоремонте / И. М. Коробцов, Я. И. Рожинский. – М. : Транспорт, 1971. – 134 с.
5. http://business-inform.net/pdf/2014/6_0/253_256.pdf Матушевская, Е. А. Оценка экономической устойчивости судоремонтных предприятий Севастополя в современных условиях хозяйствования.
6. http://business-inform.net/pdf/2014/6_0/253_256.pdf Голинев, В. И. Особенности организации труда и управления персоналом в судостроении и судоремонте / В. И. Голинев // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота им. Адмирала С. О. Макарова. – 2013. – Вып. № 3 (19). – С. 192–196.
7. Осипов, В. А. Проблемы развития судостроительного-судоремонтного комплекса Дальнего Востока России : монография / В. А. Осипов, И. С. Астафурова, Л. Н. Жилина. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС. – 2014. – 219 с.
8. Вопросы организации и технологии судоремонта / И. М. Коробцов, Д. Д. Беньковский, Г. Г. Гальвер, Л. В. Улицкий. – М. : Мор. транспорт, 1958. – 102 с.

Применение огнеупорных материалов при ремонте топок судовых котлов и инсинераторов

Петров А. И., Егоров А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: alexp954@mail.ru)

Аннотация. Хорошо известно, что интенсивность процессов сгорания в топке парового котла оказывает значительное влияние на обмуровку. Однако для правильной оценки влияния сгорания, необходимо знать и учитывать теплофизические свойства материалов, особенно в процессе технологии ремонта. В статье рассматриваются некоторые экспериментальные данные с целью разработки более совершенной технологии ремонта обмуровок.

Abstract. It is common knowledge that the dynamic burning processes, which occur in the steam boiler furnace, control the refractory safety largely. At the same time to assess correctly, the burning influence upon the refractory surface one must also know and use thermo-physical (chemical) properties especially during working out repair technology. This article involve some experiences to make the refractory repair much more reliable.

Ключевые слова: обмуровка, растрескавшийся, разъедание, скалывание, огнеупорный материал, глазурь, пористый, шлак, коррозия, эрозия, тепловая нагрузка.

Key words: refractory, crackly, corroding, breaking off, fireproof material, glaze, porous, slag, corrosion, erosion.

Практика эксплуатации судовых котлов и инсинераторов по-прежнему подтверждает отсутствие оперативной и качественной технологии ремонта рабочих поверхностей обмуровки топки. Сложный характер теплового, механического и химического воздействия продуктов сгорания на материал обмуровки усложняет его выбор. Существенным оказывается и внедрение энергосберегающих технологий, в которых предусматривается применение новых горелочных устройств и видов топлива, приводящих к росту температур и тепловой напряженности в топке, скоростей потоков продуктов сгорания с одновременным увеличением абразивного воздействия несгоревших частиц топлива.

Известно и то, что агрессивное химическое воздействие вызвано преимущественно либо щелочными, либо кислыми шлаками. Первым хорошо противостоят магнезиальные или хромсодержащие композиции, вторым – карборундовые, обладающие высокой теплопроводностью и повышенной

термической стойкостью. Однако физико-химическое воздействие сопровождается не только разъеданием материала, но и формированием в нем зон с различной пористостью и плотностью сопровождающаяся трансформацией таких теплофизических свойств, как теплопроводность, температуропроводность, способность к объемному температурному расширению. В результате, даже при установившемся тепловом режиме к обычным температурным напряжениям в рабочих слоях прибавляются дополнительные напряжения на границах ошлакованных, спеченных и нешлакованных слоев, от которых образуются растрескивания и скалывания. Предварительные расчеты, выполненные по результатам эксплуатации судового инсинератора Unex G-1 [4], показывают, что уже начиная с температуры равной 900 °С и выше, в кирпичной кладке возникают температурные напряжения, превышающие предел прочности использованного материала обмуровки. И для защиты целесообразно применять высокотемпературные огнеупорные обмазки с пределом прочности на сжатие не менее 12–13 Мпа. К сожалению, традиционно применяемые шамотные огнеупоры при этом перестают отвечать новым условиям эксплуатации, что приводит к их быстрому износу или оплавлению и, как следствие – к необходимости досрочного ремонта обмуровки агрегата.

В настоящее время существует несколько направлений по разработке современных композитных огнеупоров, поскольку обеспечить всю гамму противоречивых свойств и требований в одном материале не представляется возможным. Одним из них, представляющим наибольший интерес, являются композиты российского предприятия НПКФ МаВР, полученные на основе так называемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и технологии холодного вспучивания [5].

В соответствии с появлением такого типа материалов предлагает и новый подход к ремонту, согласно которому решение рассматриваемой проблемы для каждого конкретного случая осуществляется не путем замены относительно дешевых огнеупорных изделий на более стойкие, но дорогие отечественные или импортные, а за счет обеспечения защиты футеровки тепловых агрегатов, выполненной из относительно недорогих отечественных огнеупоров, высокостойкими СВС-покрытиями и обмазками, а также применения СВС-мертелей, ремонтно-восстановительных смесей и торкрет-масс [3, 5]. При этом защита огнеупорных изделий или бетонов, а также значительное снижение тепловых потерь и повышение термического КПД теплового аг-

регата обеспечиваются в результате применения коррозионностойких тугоплавких покрытий (оксидно-керамических на силикатных связующих, оксидных и нитридных на фосфатных связующих) и обмазок на основе волластонита, СВС-мертелей, а также ремонтно-восстановительных смесей и торкрет-масс.

Согласно имеющимся публикациям применение покрытий типа ОКП-1 на стандартных шамотных кирпичах позволяет повысить ресурс футеровки в 3–7, а иногда и в 15 раз. Основные характеристики покрытий определяются: пределом прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ 15–25 МПа, открытой пористостью в диапазоне 14–16 %, теплопроводностью при 20 °С 0,75–0,89 Вт/(м·град), средней плотностью 1800–2000 кг/м³, температурой применения до 1800 °С. При этом, мертели (кладочные растворы) для кладки алюмосиликатных огнеупоров, обмазки и покрытия рабочей поверхности футеровки, проведения ремонтно-восстановительных работ имеют следующие характеристики: кажущаяся плотность 1,7–2 г/см³, огнеупорность не менее 1800 °С, температура применения 1200–1600 °С. Особо легкий ячеистый СВС-бетон с бронировкой из оксидно-керамического материала имеет высокие огнеупорность и температуру применения, низкие теплопроводность и теплоемкость, небольшую плотность и повышенную механическую прочность. Основные характеристики бетона: плотность 230–500 кг/м³, $\sigma_{сж}$ 0,8–3 МПа, высокая износостойкость, теплопроводность при 20 °С составляет 0,06–0,11 Вт/(м·град), открытая пористость поверхностного слоя в пределах 15–20 %. Теплоизоляционный материал НВТМ отличается низкой теплопроводностью, высоким пределом огнестойкости, повышенной механической прочностью и высокой адгезионной способностью и имеет основные характеристики: кажущаяся плотность 230–400 кг/м³, $\sigma_{сж}$ 0,8–2,0 МПа, теплопроводность, при 20 °С составляет 0,06–0,1 Вт/(м·град), коэффициент вспучивания 2,5–4,0, температура применения до 1000 °С.

Другое направление предполагает использование безоксидных высокотемпературных керамических материалов. Среди них, в частности, выделяются следующие:

На основе нитридов бора и алюминия в сочетании с технологией спекания технического карбонитрида бора (BNC). Этот широко известный материал обладает высокой стойкостью к тепловым ударам, коррозионной устойчивостью к жидким и газообразным агрессивным средам. Композиты на основе AlN с содержанием до 30 % (TiB₂-TiSi₂) являются исключительно коррозионно-стойкими, с чрезвычайно высокой адгезией оксидного слоя к материалу подложки. Установлено, что композиционные материалы си-

стемы AlN-SiC-5 % TiB₂ характеризуются высокой коррозионной стойкостью в среде сухого воздуха до 1500 °С благодаря образованию на поверхности образцов муллита, а показатели жаростойкости значительно превышают уровень жаростойкости других керамических материалов. При этом керамика системы AlN-SiC-TiB₂ характеризуется более высокой прочностью при изгибе, нежели керамика системы AlN-TiB₂.

Композиты на основе сиалонов. Этот материал представляет собой порошки различных составов из природного сырья (каолинов). Лучшим по уровню прочности, трещиностойкости и твердости является материал с добавкой Y₂O₃-Al₂O₃, который приближается к материалам, полученным реакционным горячим прессованием из предварительно синтезированных компонентов Si₃N₄, AlN, Al₂O₃, Y₂O₃, и может быть рекомендован для применения в качестве высокотемпературного огнеупора.

На основе карбида кремния. Этот композит обладает высокими термомеханическими и химическими свойствами. Наиболее высокими свойствами обладают композиции SiC-SiAlON-Y₂O₃, предел прочности которых (при плотности 3,19 г/см³) на изгиб равен 400 МПа.

При выполнении ремонта элементов обмуровки из жаростойких бетонов и торкрет-масс оправдано применение сухих смесей. Преимущества применения сухих смесей по сравнению с традиционными материалами заключаются в уменьшении материалоемкости и отходов на 7 %, сокращении операций при получении материала, получении материала со стабильными свойствами, отсутствии специального оборудования. Некоторые физические и термомеханические свойства жаростойких бетонов BRAB30H15, ВКАВ30И13 и торкрет-массы ВКАВ50И14г, изготовленных с применением сухих смесей, по сравнению с показателями шамотных изделий марки ША приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели шамотных изделий

Показатели	BRAB 30И15	BRAB 30И 13	BRAB 50И14_м	Шамотные марки ША
Средняя плотность, т/м ³	2,5	2,2	2,1	2,2
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С:				
20	49,8	53,1	6,5	15,4
110	32,1	31,8	5,7	15,2
1100	28,7	22,8	3,2	6,8
1300	16,1	10,4	2,9	3,6

Окончание таблицы 1

Показатели	BRAB 30И15	BRAB 30И 13	BRAB 50И14 _м	Шамотные марки ША
Термическая стойкость, водяные теплосмены	44	41	22	10
Максимальная температура 1500 применения, °С	1500	1300	1450	1350
Твердость по Моосу при 1000 °С	9,0	8,5	–	6,0
Ударная вязкость, Дж/м ²	1,5	1,6	0,7	0,8

Применение бетона из сухой смеси BRAB30И15 подтверждает его высокие термомеханические и жаростойкие свойства, например, согласно [3] футеровки, находившиеся в эксплуатации от 2 до 5 лет, не имели оплавлений и повреждений. При этом, коэффициенты температурного линейного расширения бетона и шамотного огнеупора почти совпадают, поэтому не требуются дополнительные затраты на анкерный крепеж, а износ бетона составляет в среднем 2,5–3,2 мм за 6 месяцев, в то время как износ шамотного кирпича за тот же период составляет 25–29 мм. Применение торкрет-массы ВКАВ5И14т позволяет производить ремонт или изготовление обмуровки сложной геометрии, например, барабанов, коллекторов и других элементов. Таким образом, применение жаростойких бетонов из сухих смесей и торкрет-масс ускоряет проведение ремонтов и позволяет производить их в нетрадиционных условиях.

Следует отметить и тот факт, что срок службы футеровки топок котлов зависит не только от качества применяемых огнеупорных материалов и режима эксплуатации, но и от технологии ее выполнения. Основы технологии кладки требуют соблюдения следующих положений:

Не допускать укладку на рабочую сторону футеровки тесаных поверхностей кирпича, а также кирпичей с отбитыми углами и ребрами, размером более 7–8 мм. Кладку стенок следует начинать с углов, а затем продолжать укладку кирпичей в рядах.

При выполнении вышестоящих рядов не допускать совпадения вертикальных швов. Материальные швы (заполненные мертелем) должны быть не более 2–3 мм, а для осаживания кирпича на растворе применять только деревянные молотки.

Помнить, что тонкие материальные швы могут быть получены только при применении пластифицированных растворов соответствующей конси-

стенции. Для компенсации температурного расширения футеровки необходимо оставлять вертикальные температурные швы, которые следует располагать в угловых сопряжениях из расчета 6–8 мм (на сторону) на погонный метр кладки.

Библиографический список

1. Орехов, И. Г. Предотвращение аварий судовых котельных установок / И. Г. Орехов. – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
2. Кощев, И. Д. Огнеупорные материалы / И. Д. Кощев. – М. : Интермед Инжиниринг. 2003. – 320 с.
3. Хлыстов, А. И. Опыт применения жаростойких бетонов в футеровках тепловых агрегатов в машиностроении / А. С. Бахчев, А. А. Павлов // Новые огнеупоры. – 2006. – № 1. – С. 45–48.
4. Егоров, А. А. Выбор огнеупорных материалов при ремонте обмуровки инсинератора [выпускная квалификационная работа]. – Мурманск, 2016.
5. Круглый стол "Ресурсосберегающие технологии: повышение конкурентоспособности промышленного и энергетического комплекса" (новые огнеупорные и теплоизоляционные материалы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mavr.ru/ogneupor/st/5.doc. – Загл. с экрана.

Методика контроля замеров топлива при бункеровке судна

Петров А. Л. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: artpetrov@yandex.ru*)

Аннотация. Проведен анализ замера топливных танков судна в процессе эксплуатации, показаны примеры погрешностей замеров топлива, предложена методика контроля топлива.

Abstract. The analysis of the measurement of the fuel tanks in operation, shows examples of errors of measurement of fuel, the proposed method of fuel control.

Ключевые слова: топливный танк, бункеровка, погрешность замеров.

Key words: fuel tank, bunkering, the measurement error

Введение. Основа эксплуатации современного судна характеризуется сгоранием горючего, чтобы привести двигатели в действие. Независимо от того, – пароход, приведенный в действие паровой турбиной, или теплоход, приведенный в действие дизельными двигателями, во время рейса потребляется значительное количество топлива. Для выполнения поставленной задачи в рейсе и безопасной эксплуатации судна запасы топлива должны строго контролироваться.

Бункеровка судна. Бункеровка является получением тяжелого горючего, дизельного топлива и смазочных материалов, путем непосредственного закачивания в танки судна, для обеспечения его собственных нужд. Для нефтяных танкеров нефтегруз, полученный в грузовые цистерны, не является получением топлива, а считается нефтяным грузом.

Бункеровка может осуществляться на рейде, когда судно находится в отдалении от берега, либо когда судно стоит у причала. В обоих случаях от бункеровщика к бункеруемому судну протягивается топливопроводный шланг.

Меры безопасности при бункеровке. Во время бункеровочных операций должны быть приняты соответствующие меры безопасности:

– объявлено дважды по судовой трансляции о приеме топлива с указанием борта (правого, левого) и о правилах пожарной безопасности, подлежащих обязательному исполнению при бункеровочных операциях;

– произведен инструктаж членов экипажа, участвующих в бункеровочных операциях;

- закрыты все наружные закрытия, включая иллюминаторы со стороны борта, с которого принимается бункер, и лобовой переборки надстройки судна;
- приведены в готовность к немедленному действию противопожарные средства;
- у места шланговки организован пожарный пост с первичными средствами пожаротушения (2 пенных, а в условиях отрицательных температур – 2 порошковых огнетушителя, покрывало для тушения пламени, ящик с песком, совковая лопата, поддон) и проложены две рукавные линии с пенными стволами наибольшей производительности;
- место приема топлива ограждено и обозначено знаками безопасности: "Запрещается пользоваться открытым огнем", "Запрещается курение". "Проход воспрещен";
- при наличии на борту пассажиров у места приема топлива должен быть выставлен специально проинструктированный вахтенный;
- при приеме бункера с берега в районе трапа вывешен щит с предупреждающей надписью "Внимание! Идет прием бункера";
- на мачте должен быть вывешен сигнал опасности (днем флаг "Б", ночью – красный огонь);
- при приеме и перекачке топлива в судовые танки (цистерны) должны быть приняты меры к исключению его выбрасывания через измерительные и воздушные трубы. Пролитое топливо должно немедленно удаляться с протиркой насухо мест его попадания, протирочный материал уничтожен или удален с судна. После удаления пролитого топлива в помещении оно должно быть тщательно провентилировано.

Методика контроля топлива в процессе бункеровки. В основном, контроль ведется с помощью мерительной рулетки. Конец рулетки присоединен к металлическому цилиндру с конусовидным наконечником. При измерениях наконечник должен соприкасаться с основанием танка. Граница между уровнем нефтепродуктов и чистой шкалой рулетки – уровень наполненности танка.

Вышеупомянутый метод довольно неточен, потому что горюче – смазочные материалы должны быть полностью удалены со шкалы для следующего зондирования. Если не очистить измерительный прибор, это может привести к значительной погрешности при измерении следующего танка.

Другой метод измерения основывается на определении незаполненного объема. В этом методе замеряют "взлив" – расстояние от палубы до уровня заполнения танка. Этот параметр используется для определения заполняемости топливного танка.

Прибор для измерения также представляет собой рулетку с подвесом. Вместо конуса у этого прибора присутствует наконечник вогнутой формы, который издаст трещащий звук при соприкосновении с поверхностью нефтепродуктов. При применении этого метода делается несколько замеров, для получения более точного результата.

Данный метод более точен, но он требует соответствующей квалификации для определения уровня наполнения танка.

Заключение. Бункеровка является одним из важнейших этапов эксплуатации судна. Строгий контроль приемки топлива необходим для правильной эксплуатации судна, как с экономической точки зрения, так и для обеспечения безопасности мореплавания. Технологии, применяемые на современных судах, не позволяют обеспечить точный результат при приемке топлива, так как конечные измерения зависят от человеческого фактора.

Библиографический список

1. Архангородский, А. Г. Прочность и ремонт корпусов промысловых судов: учебное пособие / А. Г. Архангородский, Б. Я. Розендент, Л. Н. Семенов. – Л. : Судостроение, 1982. – 272 с.
2. Ефремов, Л. В. Обеспечение надежности комплектующего оборудования судов флота рыбной промышленности // Рыб. хоз-во. Сер. экспл. флота рыб. пром-сти : обзор информ. / ЦНИИТЭИРХ. – 1975. – Вып. 2/3. – С. 3–11.
3. Максимаджи, А. И. Капитану о прочности корпуса судна / А. И. Максимаджи. – Л. : Судостроение, 1988. – 224 с.
4. Правила классификации и постройки морских судов. В 3 т. Т. 1 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2015. – 502 с.
5. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2015. – 285 с.

Контроль технического состояния корпуса судна

Петрова Н. Е., Орешкина В. М., Кумова Ж. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: penaev@yandex.ru, valentina_oreshkina@mail.ru, zhannakmv@yandex.ru).

Аннотация. Предложена система светофора для инспекционного осмотра корпуса судна.
Abstract. The system of a traffic light for inspection survey of the vessels' hull is offered.

Ключевые слова: корпус судна, корпусные конструкции, осмотр корпуса, дефектация.
Key words: vessels' hull, hull designs, hull inspection, detection.

Введение. Определение технического состояния корпуса судна, судовых устройств, оборудования и снабжения, механической и холодильной установок, электрического оборудования является основным условием установления годности судна к безопасному плаванию, возможности присвоения, подтверждения, восстановления, возобновления и переназначения класса судна, а также определения объема необходимого ремонта. На судах, длительное время бывших в эксплуатации, проводится трудоемкая процедура дефектации, при этом объем отдельных осмотров, измерений, проверок и испытаний увеличивается в зависимости от возраста судна, проведенных ремонтов и замен [1].

Судовладельцы заинтересованы в уменьшении времени проведения осмотров и упрощении проведения этой процедуры, так как ответственны за дефектацию корпусных конструкций судна. Поэтому возникает необходимость прогнозирования характерных зон для проведения осмотров.

Применение теории и практики надежности для оценки технического состояния элементов корпусных конструкций судна позволяет обеспечивать минимальные затраты на его техническое обслуживание и ремонт при соблюдении всех нормативных требований. В связи с этим, особенно актуальны исследования, направленные на разработку методик с целью определения оценки и прогнозирования технического состояния корпуса судна по замерам остаточных толщин.

Необходимость прогнозирования технического состояния. Судовладельцы заинтересованы в качественной оценке технического состояния корпуса судна, как при приобретении судов, так и в процессе их эксплуата-

ции. Поэтому необходимо систематизировать дефекты корпуса судна во всех зонах.

При оценке технического состояния необходимо решить следующие проблемы:

- идентификация потенциальных проблемных зон в соответствии с Правилами Классификационных обществ;
- более тщательный осмотр и оценка состояния критических зон;
- упрощенное составление ремонтной спецификации по доковым работам;
- создание условий по качественному проведению нормальных судовых операций;
- более эффективное использование результатов освидетельствований для оценки и систематизации технического состояния корпусов однотипных судов.

Традиционный осмотр корпуса. Определение технического состояния корпуса судна производится в соответствии с Инструкцией [1]. Осмотр осуществляется инспектором, заполняются соответствующие документы, включающие износы и деформации. Данным осмотром предусмотрены следующие методы экспертизы:

- полный осмотр;
- закрытый визуальный осмотр;
- осмотр подозрительных зон;
- осмотр критических зон;
- оценка состояния покрытия.

Осмотр дефектов и оценку их технического состояния инспекторы осуществляют в соответствии с рабочей инструкцией, полагаясь на суждение и опыт.

Результаты полученных данных оформляются в виде отчета совместно с чертежами корпусных конструкций и соответствующими таблицами. На этом основании дается оценка технического состояния корпуса судна, как "годен", "годен с ограничениями", "не годен".

Предложенный осмотр корпуса. Для выявления закономерностей повреждения корпусных конструкций необходимо обобщить и проанализировать материалы по ремонтам с начала эксплуатации судна и отчеты по дефектации однотипных судов. Затем, применив теорию и практику надежности, определить вероятностный срок службы каждого элемента корпуса судна.

Для оценки технического состояния корпуса судна удобно применить систему светофора. По этой системе каждый элемент на чертежах корпусных конструкций обозначается соответствующим цветом, где зеленый цвет соответствует элементам, вероятностный срок службы которых превышает 50 лет, желтый – не более 25 лет, красный – не более 15. Дополнительно можно применить балльную систему оценочных критериев.

Таким образом, наглядно видна необходимость осмотра первоочередных зон и элементов, а также тех, чей осмотр можно отложить до очередного освидетельствования.

Заключение. Предложенная система очень удобна для инспекторов, которые проводят осмотр корпуса судна. Она поможет более быстро и точно произвести освидетельствование, а судовладельцы смогут легко оценить технического состояния корпуса судна при его приобретении.

Библиографический список

1. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2004. – 285 с.
2. Kalghatgi S. G. Hull Inspection and Maintenance Systems / S. G. Kalghatgi, C. Serratella, J. B. Hagan. – ABS TECHNICAL PAPERS 2009.

Практическая подготовка морских инженеров в техническом вузе

Радионовская Т. И., Баева Л. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: radionovskayati@mstu.edu.ru, bevals@mstu.edu.ru)

Аннотация. Учебные и производственные практики, являясь неотъемлемой частью образовательного процесса, позволяют будущим инженерам приобретать важные профессиональные компетенции, и сокращают адаптационный период на производственных предприятиях. В статье приведены результаты мониторинга оценки профессиональной подготовки морских инженеров. Практическая деятельность в реальной производственной среде дают возможность как вузу, так и бизнес-сообществу решать задачи подготовки высококвалифицированных специалистов для развития арктической судоремонтной отрасли.

Abstract. Educational and industrial practices, as an integral part of the educational process, allow future engineers to acquire important professional competence, and reduce the adaptation period to the production plants. The article presents the results of monitoring evaluation of training of marine engineers. Practical activities in an actual production Wednesday give the opportunity to both the University and the business community to meet the challenges of training highly qualified specialists for the development of the Arctic ship repair industry.

Ключевые слова: выпускники, морские инженеры, образование, профессиональная подготовка, судоремонтное производство, арктический регион.

Key words: graduates, marine engineers, education, training, ship repairing production, the Arctic region.

В настоящее время, в условиях экономического кризиса и санкций против России, работодатели выдвигают завышенные требования к выпускникам технических вузов, и требуют от них результативности с момента трудоустройства. Но даже при отличной теоретической подготовке, которую может дать учебное заведение технической направленности, без знания особенностей производственной деятельности в реальном коллективе, будущие инженеры не смогут принимать правильных технологических решений [1].

Социализация молодого человека в реальной производственной сфере, как бы хорошо не была организована учебным процессом, всегда является определенной моделью реальной жизни. Адаптация в производственном коллективе, способность правильно себя позиционировать, быть исполнителем технологической дисциплины, умение сдерживать собственные потребности при выполнении поставленной задачи, так же необходимы для профессионального становления, как и теоретические знания. Помогая понять будущему инженеру особенности производственной среды, в процессе про-

хождения учебных и производственных практик, бизнес-сообщество получает для себя более адаптированную и квалифицированную рабочую силу [1].

Работа на промышленном предприятии в период производственных практик дает будущему специалисту практические навыки, которые не предусмотрены учебными программами. Это способность работать с нормативной технологической документацией, связанной с использованием и движением материалов, готовой продукции, с управлением коллективом и др.

Практическое участие в производстве по выбранной профессии позволит студентам в действительности увидеть отрицательные и положительные стороны технического оснащения производства, а также окончательно определиться в правильности своего профессионального выбора. Важно, если это самоопределение состоится еще в процессе обучения [1].

Бизнес-сообщество должно четко понимать, что без их участия достичь высокой эффективности в подготовке кадров невозможно.

Производственная подготовка инженеров является неотъемлемой частью учебного процесса, где происходит личное участие обучающихся в производстве, на предприятиях, и в организациях различных форм собственности.

В научно-исследовательской работе в техническом вузе такую подготовку можно распространять на всех обучающихся, и осуществлять под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций, а также привлекать их к учебному процессу.

Учебная и инженерно-производственная практики позволят максимально сократить сроки подготовки квалифицированных специалистов, обладающих высоким уровнем теоретической подготовки и практических навыков работы на предприятии.

Реальное практическое выполнение производственных работ на рабочем месте способствует формированию компетенций: умение обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии с учётом экологических последствий их применения. Студенты и курсанты осваивают навыки использования правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда. Будущие судоремонтники приобретают способность анализировать технологический процесс как объект управления; они готовы к кооперации с коллегами и работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей [1]. У студентов формируется готовность участвовать в разработке технологических процессов эксплуатационного, технического обслуживания, реновации и ремонта судов

и средств океанотехники, энергетических установок, корпусных конструкций, энергетического и функционального оборудования, общесудовых устройств и систем, систем объектов морской инфраструктуры.

Основными особенностями профессиональной подготовки инженеров для морской деятельности является то, что образовательная программа ориентирована на практическую подготовку в соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломированных моряков (ПДНВ 78/95); Международному стандарту серии ИСО 9001:2008; Международной конвенции (СОЛАС-74); рекомендаций Международной морской организации (ИМО) и другими национальными актами.

Согласно с разработанным в Мурманском государственном техническом университете "Руководством по качеству", подготовка инженеров ведется ориентируясь запросы на потребителей[2]. Положение "О потребителях" определило направление мониторинга оценки профессиональной подготовки. Многолетние исследования показывают, что выпускники оценивают уровень своей профессиональной подготовки на "хорошо и "отлично". Отдельные будущие морские инженеры считают, что получили самую лучшую профессиональную подготовку.

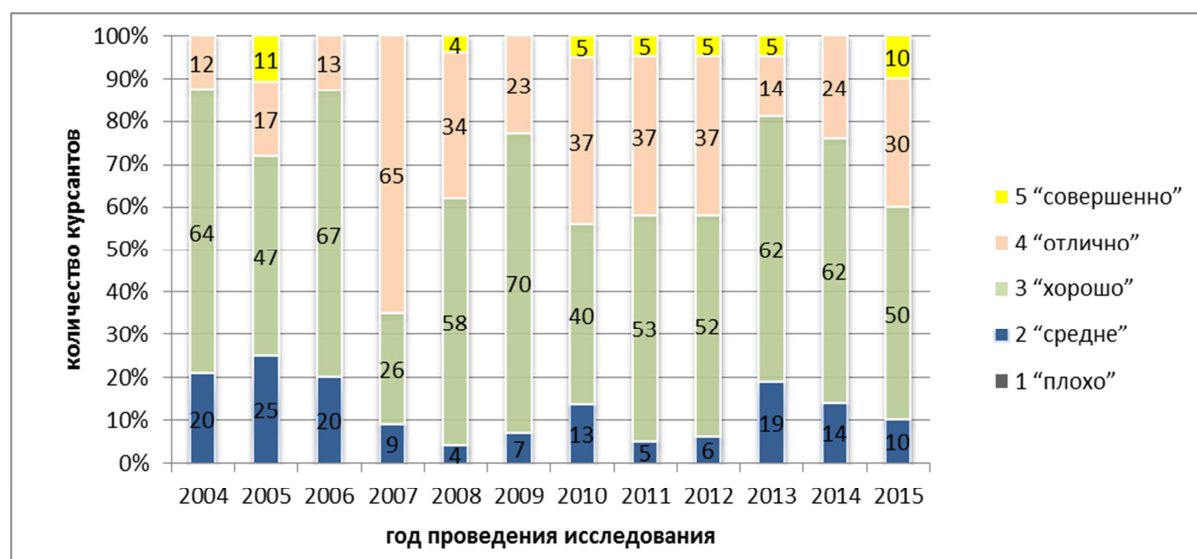


Рисунок 1 – Мониторинг оценки профессиональной подготовки будущих инженеров

По результатам опроса, проведенного в 2015 г. среди студентов и курсантов старших курсов, выяснилось, что свою профессиональную деятельность с работой в Арктическом регионе связывают 85,7 % опрошенных. В исследовании принимали участие курсанты специальностей "Судовождение", "Эксплуатация судовых энергетических установок", "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики", а также студенты по подготовке

направлений "Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры" и "Физические процессы горного или нефтегазового производства", что составило 75 % от полного списочного состава.

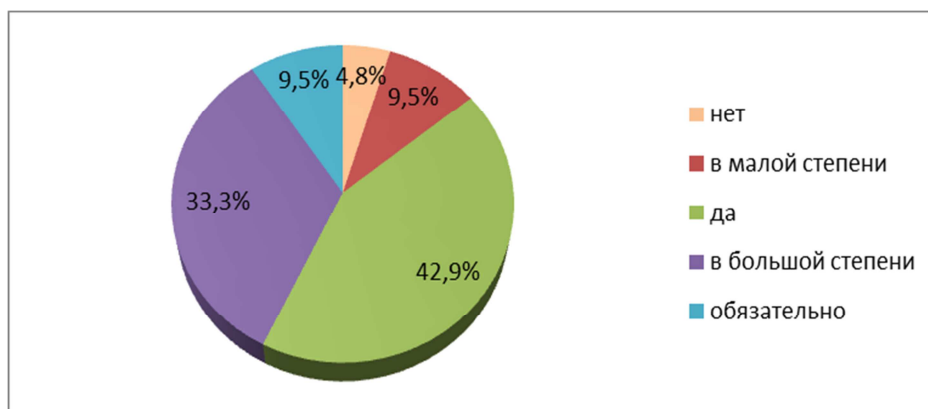


Рисунок 2 – Готовность выпускников работать в Арктическом регионе

Наше исследование подтверждает, что молодежь, получающая технические образование осознают значимость выбранной для себя профессии, которая в будущем обеспечения интересов Арктического региона. Большинство участвующих в опросе будущих специалистов и бакалавров готовы применить полученные знания, профессиональную подготовку в реализации задач по освоению арктических территорий и модернизации морской инфраструктуры.

Учебная и производственная практики являются реальной возможностью соединить теоретическое обучение с формированием профессиональных компетенций у студентов и курсантов для их конкурентоспособности на рынке труда. Таким образом, профессиональная подготовка морских инженеров в техническом вузе – это важный этап на пути к началу эффективного развития арктической судоремонтной отрасли.

Библиографический список

1. Валуев, Д. В., Хатькова С. В., Чудинова А. О. Практика на производстве и ее роль в подготовке студентов к комплексной профессиональной деятельности // Интернет-журнал "Науковедение". – 2013. – № 6. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/107PVN613>
2. Баева, Л. С., Радионовская Т. И. Система качества подготовки профессионально компетентных специалистов для рыбопромыслового флота. // Наука и образование – 2014 : международная научно-техническая конференция, г. Мурманск, март 2014 г. – Мурманск, 2014. – С. 769–775. – URL: <http://www.mstu.edu.ru/science/actions/conf>.

Перспективы дистанционного контроля энергетического оборудования безэкипажных судов программы "MARINET"

Ремезовский В. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: remezovsky40@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены перспективы дистанционного контроля энергетического оборудования безэкипажных судов в рамках программы "MariNet".

Abstract. Considered prospects of the remote control of the energy equipment of marine ships without crew of the program "MariNet".

Ключевые слова: морские суда, программа "MariNet", дистанционный контроль энергетического оборудования.

Key words: marine ships, program "MariNet", remote control of the energy equipment.

К 2021 году в России должны появиться первые цифровые системы морских судов, плавающих без экипажа. Межведомственной рабочей группой под руководством вице-премьера Аркадия Дворковича утвержден проект "дорожной карты" MariNet (распределенные системы морского транспорта без экипажа) [1, 2].

Развитие национальной стратегической инициативы – Программы "MARINET", направленной на внедрение в практику мореплавания безэкипажных судов, требует разработки методов дистанционного контроля технического состояния электрического оборудования, накопление, передачу данных, создание банка данных для оперативной диагностики.

В связи с этим актуальным является разработки разнообразных методов оперативного неразрушающего контроля, например [3, 4], в процессе которых возможна передача информации, в том числе, по каналам *GPS*.

Применительно к энергетическому оборудованию безэкипажных судов актуальным является выделение диагностических параметров, с помощью которых возможно своевременное выявление образующихся дефектов и локализация мест диагностики.

Современные диагностические приборы, например, тепловизоры Ti-400, приборы контроля качества электрической энергии типа POWER-Q4 и другие, имеют блоки сопряжения, позволяющие передавать информацию для ее дистанционного анализа.

Перспективным является создание устройств типа извещателей, аналогичных, например, пожарным, которые в непрерывном режиме слежения могут производить контроль и диагностику разнообразных параметров, в том числе, тепловых режимов работы электрического и теплоэнергетического оборудования различных блоков и элементов конструкций ГРЩ и т. п.

Ввиду, с одной стороны, ограниченности методических материалов по проблемам Программы "Маринет" и, с другой стороны, актуальности вопроса создания безэкипажных судов, целесообразно внедрения в учебный процесс учебных курсов по соответствующим специальностям морского профиля.

Направление исследований в Морском институте в области программы "MariNet" актуально при образовании совместных научно-технических коллективов с вузами Арктического региона Норвегии, Финляндии и других для распространения и обмена результатов научно-технической деятельности по проблемам MARINET.

Библиографический список

1. <http://izvestia.ru/news/592013>.
2. Аннотация к плану мероприятий ("дорожной карте") по развитию рынка МариНэт Национальной технологической инициативы // <https://asi.ru/nti/docs/MariNet.pdf>.
3. Власов. А. Б., Ремезовский В. М., Мухалев В. А. Метод контроля параметров электрического двигателя на основе анализа пусковых токов // Вестник МГТУ. – 2015. – Т. 18. – № 1. – С. 143–148.
4. Власов, А. Б., Мухалев В. А. Экспресс-анализ технического состояния кабелей с резиновой изоляцией // Судостроение. – 2015. – № 6. – С. 65–67.

Вопросы повышения качества технического обслуживания и ремонта морской техники

Семенов В. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: semenovvp@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы и направления повышения качества отечественного судоремонта в современных условиях. В контексте решения проблем выделена необходимость обеспечения государственной поддержки ремонтно-восстановительных работ, развития предпринимательства в сфере судоремонта и подготовки кадров.

Abstract. The main problems and the directions of improvement of quality of domestic ship repair in modern conditions are considered. In a context of the solution of problems need of ensuring the state support of rescue and recovery operations, business developments in the ship repair and training sphere is marked out.

Ключевые слова: судоремонт, проблемы судоремонта, качество судоремонта, модернизация судоремонта, подготовка кадров.

Key words: ship repair, ship repair problems, quality of ship repair, ship repair modernization, training.

Современное состояние отечественного флота характеризуется значительным сокращением количества кораблей и судов в эксплуатации в результате их активного старения и незначительного пополнения судами новой постройки. Это снижает уровень безопасности мореплавания и увеличивает количество экологических проблем.

В настоящее время ужесточаются требования к оборудованию кораблей и судов, пунктам их временного и постоянного базирования, портовых комплексов, в частности, к обеспечению их работоспособности в нештатных ситуациях, универсальности, модульности построения, надежности, качества, безопасности, снижения стоимости. Этим требованиям, как показал опыт последних лет, принципиально могут удовлетворять только средства, созданные с использованием современных инновационных технологий на всех этапах их разработки и производства [1].

Одним из основных направлений повышения эффективности судоремонта являются выявление резервов и планомерные работы по снижению затрат труда и других ресурсов [2].

Решается это путем совершенствования организации труда в управленческом процессе. Система организации труда в судоремонте с постоянно-

действующим контролем над производством на основе нормирования труда позволяют добиваться эффекта в снижении трудовых затрат и увеличении операционной прибыли за счет снижения издержек производства.

Эксплуатация кораблей и судов, в рамках которой проводятся мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), имеет наибольшее значение среди этапов жизненного цикла создания и владения судна (корабля) как по длительности, так и по стоимости. По оценкам специалистов, расчетное время создания корабля составляет около 10 лет, период эксплуатации до возможных операций реновации – около 30 лет, а стоимость этапа ТОиР составляет от 50 до 70 % стоимости создания и владения [3].

В 2010 г. по предложению руководства ОАО "Центр технологии судостроения и судоремонта" (ЦТСС), при поддержке Федеральной службы по тарифам, Министерства обороны России и ОАО "Объединенная судостроительная корпорация" и с одобрения Министерства промышленности и торговли России в составе ОАО "ЦТСС" был образован научно-технический центр ценообразования, трудоемкости строительства и ремонта кораблей и судов "РУМБ".

С момента создания этот центр развивается как орган для проведения экспертизы трудоемкости и цен в кораблестроении, а также разработки нормативно-методических документов по ценообразованию, трудоемкости и нормированию труда.

В 2013 г. во исполнение поручения Президента РФ о пересмотре цен действующих контрактов на строительство и ремонт кораблей центр был привлечен к проведению экспертиз расчетов трудоемкостей и цен. Так, по результатам этих экспертиз были установлены новые цены на корабли, строительство и ремонт которых выполняют ОАО СЗ "Северная верфь", ОАО ЦС "Звездочка", ОАО ПСЗ "Янтарь", ОАО "Средне-Невский судостроительный завод", ОАО "Адмиралтейские верфи", ОАО "Амурский судостроительный завод".

В целях развития данного направления работы в отрасли решением министра промышленности и торговли РФ от 2 апреля 2014 г. ОАО "ЦТСС" определено как ведущая организация судостроительной промышленности по информационно-аналитическому и нормативному обеспечению в области ценообразования, трудоемкости и нормирования труда в судостроительной промышленности, ведения соответствующих баз данных, а также технико-экономических экспертиз цен при разработке, производстве, ремонте, сервисном обслуживании и утилизации кораблей и судов.

Десять лет назад было положено начало документальному оформлению отмены действовавшей системы плановых заводских ремонтов, в этот же период произошли существенные изменения в органах управления эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) кораблей и судов ВМФ.

С переходом от системы плановых заводских ремонтов корабельной техники появился термин "восстановление технической готовности" (ВТГ). Технической готовностью судоремонтное предприятие традиционно обозначало объем выполненных работ от объема заявленных. Единицей измерения в этом случае были проценты. Сегодня ВТГ определяется уже как устанавливаемый вид ремонта. Результатом этого нововведения стало возможно одной стороне "что-то заказать", а другой стороне "что-то сделать".

Состав работ, нормативные (проектные) трудоемкость и сроки выполнения работ, восстановление ресурса при ВТГ в отличие от любого вида ремонта нигде не определены. Этим, в частности, объясняются проблемы при согласовании цен и сроков ВТГ между Министерством обороны России и Исполнителями.

Развитие этих новаций нашло отражение в процедуре продления межремонтных сроков (МРС) и полных сроков службы как отдельных изделий, так и кораблей и судов в целом.

ГОСТ РВ 15.702 устанавливает процедуру продления назначенных показателей долговечности военной техники. Назначенные показатели – это те показатели, после достижения конечных показателей которых техника должна выводиться из эксплуатации независимо от ее технического состояния, даже если она полностью исправна. Для остальной техники стандартами предписано устанавливать "обычные" ресурс и срок службы (и то не всегда), которые не требуют автоматического прекращения эксплуатации после достижения конечных значений. Более того, для изделий обычного назначения рекомендуется устанавливать средний ресурс и средний срок службы, т. е. этим величинам придается ориентировочное значение.

На этапе создания техники надежность, видимо, представляется как нечто виртуальное. Поэтому нередко в ТТЗ необоснованно прописываются назначенные, а не обычные показатели надежности, которые автоматически переносятся в технические условия (ТУ) на условия.

Решения о продлении показателей долговечности сегодня принимаются по результатам освидетельствования. Для кораблей и судов ВМФ не существует нормативной базы, которая устанавливала бы организацию, виды,

объемы и периодичность их освидетельствования. Разработка такой нормативной базы – это чрезвычайно сложная задача. Необходимо изучить опыт гражданского флота в этой области, рассмотреть, насколько здесь можно использовать опыт и документы Российского Морского Регистра судоходства.

В отличие от ВМФ освидетельствование гражданского морского флота осуществляется в течение всего периода эксплуатации судов, а не только по истечении сроков службы, с возрастом изменяются лишь периодичность и объемы освидетельствования. Такая практика представляется достаточно разумной. Для выполнения данных условий необходимо создание независимого от судовладельца (ВМФ) органа надзора за техническим состоянием кораблей и судов ВМФ или делегирование этих полномочий Государственному Морскому Регистру судоходства.

Другая проблема – неоднозначность терминологии (например, понятия "сервисное обслуживание"). Опыт свидетельствует, что термины, используемые всеми сторонами ТОиР, должны иметь абсолютно однозначный смысл. Особенно в настоящее время, так как в условиях перманентной реорганизации органов военного управления и взаимоотношений с промышленностью общепринятые и даже стандартизированные понятия воспринимаются и трактуются разными сторонами по-своему.

Система технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ как "совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему" (ГОСТ 18322-78), в нормативных документах ВМФ в настоящее время не регламентирована [3].

По плану стандартизации ОАО "51 Центральный конструкторско-технологический институт судоремонта" (ОАО "51 ЦКТИС") приступило к разработке ряда государственных и отраслевых военных стандартов, относящихся к системе ТО и Р кораблей, в том числе государственного военного стандарта (ГОСТ РВ) "Корабли и суда ВМФ. Система технического обслуживания и ремонта. Основные положения" [4].

Прослеживается устойчивая тенденция переноса центра тяжести с плановых заводских ремонтов всех видов техники на более углубленное (и более затратное) систематическое техническое обслуживание. Для кораблей ВМФ эта тенденция представляется приемлемой и экономически оправданной. Более качественное техническое обслуживание, особенно систематический мониторинг технического состояния, должны привести к сокращению объемов ремонта кораблей и увеличению межремонтных периодов. В пол-

ной мере это можно отнести только к кораблям, спроектированным под эту систему ТОиР.

Оптимальным представляется такой проект корабля, у которого совпадают межремонтные сроки корабля и сроки службы образцов вооружения (по моральному износу). Для кораблей, находящихся в эксплуатации с истекшими межремонтными сроками и изношенной материальной частью, усиленное техническое обслуживание не решает проблемы.

Во всем мире распространена система закрепления за изготовителем (судостроительным предприятием) ТОиР на весь жизненный цикл. Фирма-поставщик создает свои или обеспечивает и аттестует дилерские сервисные центры, которые выполняют в полном объеме ТОиР изделий фирмы. Продолжительное существование сервисных центров подтверждает их экономическую эффективность. Но необходимо учитывать, что, как правило, сервисные центры обслуживают изделия крупносерийного и массового производства с использованием специального оборудования и оснастки. Судостроительному предприятию создать сервисных центров на флотах, по крайней мере, затруднительно, требуются большие материальные затраты, которые при практически единичной постройке кораблей не окупаются. Идеи сервисных центров вполне применимы и к предприятиям-изготовителям комплектующих изделий. Впрочем, в создании сервисных центров нет необходимости. На всех флотах сохранились еще судоремонтные заводы, способные в полной мере выполнять ТОиР кораблей. В отличие от судостроительных предприятий и предприятий-изготовителей комплектующих изделий судоремонтные предприятия располагают широко универсальным производством, способным быстро перестраиваться под меняющуюся номенклатуру изделий с минимальными затратами на подготовку производства.

Имеются также проблемы, связанные с документацией для ТОиР. Основной документацией для ТОиР кораблей ВМФ являются эксплуатационные документы (ЭД) и ремонтные документы (РД) в комплекте со ссылочными документами. Предприятия, которые должны выполнять "сервисное" обслуживание, не в полной мере обеспечены ЭД. На корабль в целом ЭД отсутствует, ее разработка нормативными документами не предусмотрена. РД разработана и введена в действие в ВМФ менее, чем на 40 % объектов ремонта, система разработки и обеспечения предприятий РД отсутствует. По-видимому, необходимо вернуться к системе типовой организационно-технической документации (ТОТД), существовавшей ранее на предприятиях Главного управления судоремонтных заводов ВМФ (которого в настоящее

время уже не существует). Однако ТОТД сегодня является, по-видимому, безальтернативным вариантом.

На фоне трансформации мировой экономики и в условиях перехода России на инновационный путь экономического развития обозначились новые внутренние ограничения роста, обусловленные существованием не только таких важных проблем развития морской деятельности, как восполнение флота, увеличение объемов национальной грузовой базы, перевозимых судами под российским флагом, реконструкция гидросооружений, расположенных на водных магистралях и др., но также и тесно связанным с ними существенным дефицитом квалифицированных инженерных и рабочих кадров.

В советские годы профессия моряка занимала одно из первых мест в списке престижных профессий. Сейчас Россия утратила свое преимущество во флоте, однако система морского и речного образования держится на высоком уровне. Наши моряки, особенно старший и средний комсостав, пользуются спросом во всем мире. Но отток кадров весьма высок. Формирование кадрового потенциала является одной из реальных проблем, которую необходимо решать как на государственном, так и на региональном уровнях.

Возврат морским профессиям их прежней высокой репутации, а также решение проблемы дефицита квалифицированных специалистов на флоте возможны только путем согласованных действий, предпринимаемых всеми заинтересованными сторонами, ответственными за подготовку моряков.

Библиографический список

1. Семенов. В. П. Проблемы и пути повышения качества судоремонта [Электронный ресурс] // Наука и образование : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2014. – С. 806–809. – Режим доступа:
<http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/nio2014>.

2. Виноградов. Л. В., Семенов В. П. Средства и методы управления качеством : учебное пособие. – СПб. : СПбГИЭУ, 2010 – 148 с.

3. Муру. Г. Н. Условия эффективного функционирования системы технического обслуживания и ремонта морской техники // Морской вестник. – 2011. – № 2. – С. 39–41.

4. Муру. Г. Н. К 60-летию создания системы военного судоремонта // Морской вестник. – 2014. – № 2. – С. 29–30.

Анализ результатов диагностики подшипников электрических машин

Сергеев К. О., Григорщук П. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: Kepstr@rambler.ru, effectg@gmail.com)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты применения безразборной диагностики для определения технического состояния подшипников качения электрических машин с целью определения наиболее часто встречающихся дефектов.

Abstract. In this article results of undismantled diagnostics are considered to determine technical condition of rotating bearings in electric engines in order to find the most common defects.

Ключевые слова: безразборная диагностика, подшипники, электрические машины, надежность.

Key words: undismantled diagnostics, rotating bearings, electric engines, dependability.

Введение. Подшипники качения являются самым распространенным и наименее надежным элементом любого роторного механизма. Они осуществляют пространственную фиксацию вращающихся роторов и воспринимают основную часть статических и динамических усилий, возникающих в механизме. Поэтому техническое состояние подшипников является важнейшей составляющей, определяющей работоспособность механизма в целом.

Разнообразные подшипники качения: шариковые и роликовые, радиальные и радиально – упорные, однорядные и двухрядные и т. д. широко применяются в оборудовании различного назначения, в частности, в судовых электродвигателях и генераторах, поэтому вопросы оценки технического состояния и диагностики их дефектов имеют большое значение для обеспечения безаварийной работы судового оборудования.

Методы диагностики. Существует несколько методик диагностики подшипников качения и в настоящее время используются четыре метода для оценки их технического состояния [1]:

- метод ПИК-фактора;
- метод прямого спектра;
- метод спектра огибающей;
- метод ударных импульсов.

В статье рассмотрены результаты оценки технического состояния подшипников полученные при применении метода анализа спектра огибающей высокочастотной компоненты вибросигнала. Несмотря на то, что по срав-

нению с другим популярным методом диагностики по ударным импульсам, метод спектра огибающей более сложен и требует определенной квалификации персонала, он позволяет классифицировать различные дефекты подшипника, тем самым существенно упрощая прогнозирование остаточного ресурса.

Следует отметить, что не все различаемые методом спектра огибающей дефекты одинаково критичны для подшипника. Например, если при обнаружении дефекта на наружном кольце или телах качения еще возможно продолжение эксплуатации подшипника в течение какого-то времени, то дефект сепаратора требует немедленной замены подшипника, так как может привести к его разрушению и аварии механизма.

Анализа результатов диагностики подшипников качения. В данной работе проанализирована база данных ООО "ДиаМАНТ" с которым в области диагностики судового оборудования сотрудничает кафедра СЭУ МГТУ. База ведется с 1992 года, и включает в себя информацию о состоянии свыше 1500 агрегатов, более чем 100 судов и 5500 продиагностированных подшипников.

Цель, анализа результатов диагностики заключена в определении наиболее часто встречаемых дефектов подшипников. Результат, в свою очередь, поможет выявить уязвимые элементы подшипника, и разработать методику контроля и определения остаточного ресурса по результатам диагностики.

Результаты диагностики были распределены по двум группам:

- зарождающиеся дефекты;
- выявленные развитые дефекты.

Выборка по дефектам подшипников качения представлена в табл. 2, а по зарождающимся дефектам (дефектов, не требующих немедленной замены) в табл. 1.

Зарождающиеся дефекты, как правило, не требуют замены подшипников, но их выявление позволяет отслеживать состояние и планировать последующие замеры для постановки более точного диагноза.

Таблица 1 – Зарождающиеся дефекты подшипников качения

Количество	Вид дефекта
25	Зарождающийся дефект на телах качения
49	Зарождающийся дефект сепаратора
68	Дефект – перекос колец
207	Зарождающийся дефект на внутреннем кольце
399	Зарождающийся дефект на наружном кольце
1611	Зарождающихся дефектов не выявлено

К зарождающимся относят дефекты, свидетельствующие о начале износа колец (появление гармоник соответствующих частоте перекачивания тел качения по кольцу), самих тел качения (встречаются реже, чем дефекты на кольцах), монтажные перекосы. Зарождающие дефекты имеют небольшую степень развития, но уже видны на спектрограмме.

Деление на развитые и зарождающиеся дефекты весьма условно и определяется опытом оператора. Следует отметить, что иногда гармоники соответствующие дефекту на наружном кольце видны в спектре сигнала абсолютно нового подшипника.

Таблица 2 – Развитые дефекты подшипников качения

Количество	Вид дефекта
19	Дефект на наружном кольце, начало деградации сепаратора.
31	Дефект тел качения
42	Дефект наружного и внутреннего кольца
77	Дефект сепаратора и тел качения
94	Дефект сепаратора
271	Дефект смазки
418	Дефект на внешнем кольце
515	Дефект на наружном кольце
2044	Дефектов не выявлено

Результаты также представлены на рис. 1, 2, 3, где они приведены в процентном отношении от общего числа проверенных подшипников.



Рисунок 1 – Отношение количества зарождающихся и развитых дефектов

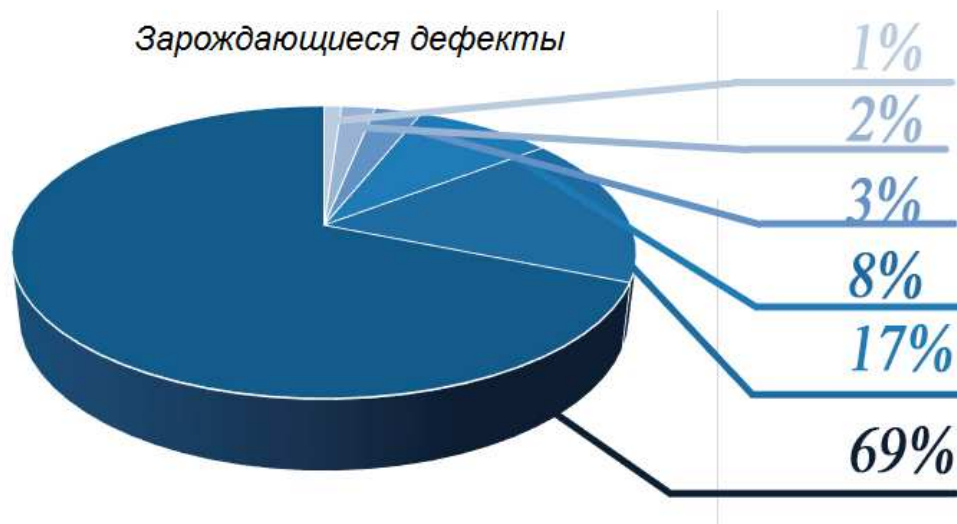


Рисунок 2 – Зарождающиеся дефекты подшипников по видам в % отношении

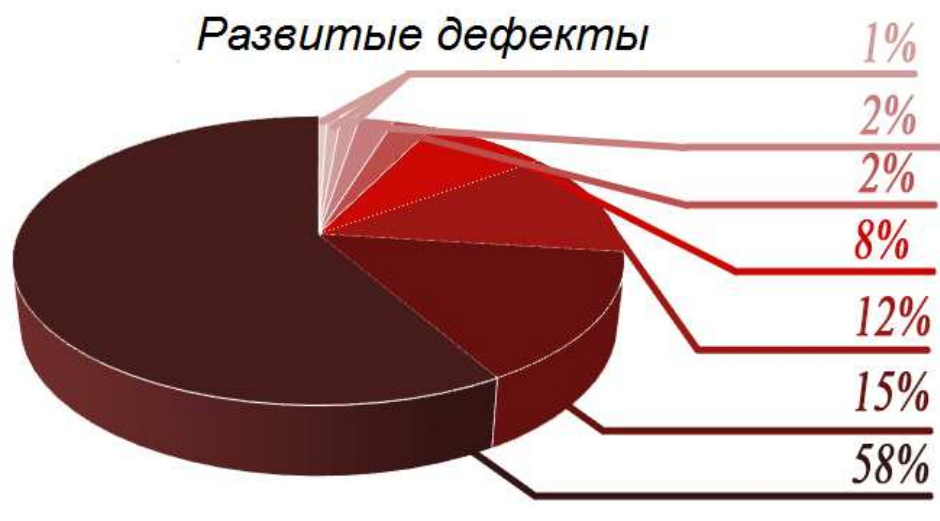


Рисунок 3 – Развитые дефекты подшипников по видам в % отношении

Выводы

1. В результате проведенного исследования было выявлено, что более 65 % подшипников являются эксплуатационно пригодными и не нуждаются в замене.

2. На части подшипников обнаруживаются зарождающиеся дефекты разной степени развитости, требующие усиления контроля, но не требующие замены подшипника.

3. Чаще всего встречаются дефекты связанные с внешним (более 15 %) и внутренним кольцом (более 12 %), а также сепаратором (более 8 %).

4. Развитие дефектов подшипника начинается, как правило, с появления дефектов на наружном кольце.

5. Наиболее критичные дефекты – дефекты сепаратора, встречаются значительно реже, что говорит о том, что подшипники выбраковываются до их появления.

6. Имеется достаточно большое количество (3 %) дефектов обусловленных не правильным монтажом подшипника (перекосы), что говорит о целесообразности выходного контроля сразу после сборки агрегата.

7. Анализ результатов диагностики еще раз подтвердил экономическую целесообразность и высокую окупаемость применения методов безразборной диагностики.

8. Необходимо совершенствовать методы диагностики для увеличения достоверности их результатов и разрабатывать методы прогнозирования остаточного ресурса подшипников.

Следует отметить, что по сложившейся практике, диагностика подшипников электрических машин проводится только перед одним из очередных освидетельствований судна, что при вынесении решения о допуске подшипника к эксплуатации требует уверенности в том, что узел доработает до следующего освидетельствования. Это зачастую приводит к замене части подшипников которые могли бы эксплуатироваться еще довольно длительное время.

Отсюда следует, что при постоянной диагностике можно выстроить "жизненный цикл" подшипника, который существенно продлит время эксплуатации и уменьшит экономические затраты со стороны судовладельца.

Библиографический список

1. Розенберг, Г. Ш. Вибродиагностика / Г. Ш. Розенберг [и др.]. – СПб. : ПЭИПК, 2003. – 284 с.

Анализ результатов диагностики редукторов промысловых судов

Сергеев К. О., Опарин М. В.

(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: Kerpstr@rambler.ru, skamixei@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов промысловых судов, рассматриваются типичные дефекты, делаются выводы об их надежности и эффективности применения методик диагностики для судов рыбопромыслового флота.

Abstract. In this article results of undismantled diagnostics are considered to determine technical condition of gears in sealing vessels, typical defects are observed, conclusion of diagnostic methods reliability and efficiency application are done for fishing fleet vessels.

Ключевые слова: техническое состояние, безразборная диагностика, нормы вибрации, остаточный ресурс, анализ продуктов износа.

Key words: reliability, reducing gear, residual resource, assigned resource, technical condition, undismantled diagnostics

Введение. В состав СЭУ большинства промысловых судов входит дизель – редукторный агрегат (ДРА). Редуктора ДРА созданы по различным конструктивным схемам, но содержат однотипные элементы: зубчатые колеса, подшипники качения и скольжения, соединительные муфты различных конструкций [1].

Будучи ответственным элементом пропульсивного комплекса судна, редуктор ДРА нуждается в своевременном обслуживании и ремонте. Наиболее рациональным подходом при ремонте редукторов является ремонт по состоянию, т. е. ремонт, проводимый по результатам безразборной диагностики.

Кафедра СЭУ МГТУ, совместно с фирмой "ДиаМАНТ", проводит диагностирование редукторов ДРА с 1992 года. При выборе методов диагностики из всего перечня возможных методов были выбраны три: третьоктавный анализ виброускорения в полосе частот до 5 кГц, анализ огибающей высокочастотной компоненты вибрации и анализ масла на продукты износа.

Третьоктавный анализ виброускорения используется для диагностики зубчатого зацепления и общего состояния подшипников качения. Для решения первой задачи используется контроль полос частот соответствующих зубцовым гармоникам, для решения второй – рост уровней виброускорения в высокочастотной части спектра. Для уточнения диагноза состояния под-

шипников качения и скольжения используется анализ огибающей высокочастотной компоненты вибрации [2].

Основным критерием оценки технического состояния редукторов по параметрам вибрации является соответствие полученного максимального по точкам контроля уровня среднего квадратичного (эффективного) значения виброускорения в третьоктавных полосах частот, выраженного в дБ относительно опорного уровня – $3 \times 10 \text{ м/с}^2$ с нормой вибрации редуктора так же выраженной в виде третьоктавного спектра. Такой метод оценки технического состояния объекта диагностики по параметрам вибрации соответствует требованиям Части VII "Правил РМРС".

Критерии оценки технического состояния по продуктам износа в маслах приняты следующими: считается удовлетворительным рабочее состояние редуктора при показателях содержания металлов в масле (опытные данные) железа менее 15 г/т; меди менее 10 г/т; хрома менее 3 г/т. При увеличении концентрации металлов на 30 %, указанных выше значений, производится контрольный узкополосный анализ вибрации с последующим заключением о необходимости вскрытия, ремонта.

Результаты диагностики. При проведении анализа результатов диагностики главных редукторов промысловых судов было рассмотрено 93 редуктора и получены следующие данные:

– Шестьдесят пять редукторов – исправны, дефектов не имели. Значения виброскорости на редукторе в частотном диапазоне (1,2–160 Гц) не превышали норму Регистра для ГТЗА (Категория "А"), а значения виброускорения – среднестатистическую норму по 150-04.688 ИТ. Содержание продуктов износа в масле (металлов) редуктора ГД соответствовало удовлетворительному состоянию деталей системы, что свидетельствовало об отсутствии интенсивных износов деталей редуктора. Развитые дефекты подшипников редуктора отсутствовали. Техническое состояние зацепления зубчатых пар – "удовлетворительное";

– В восьми случаях были обнаружены развитые дефекты подшипников качения. Дефекты приводили к увеличению высокочастотной компоненты в третьоктавном спектре вибрации (не всегда с превышением среднестатистической нормы по 150-04.688 ИТ) и выявлялись при анализе огибающей;

– Семнадцать редукторов, из числа прошедших диагностику, имели превышение среднестатистической нормы по 150-04.688 ИТ в области низких частот (до 60 Гц), а также в полосе 1,0 кГц.

Превышение статистической нормы вызывалось различными причинами, не всегда имеющими фатальный характер:

– три редуктора из этих семнадцати имели дефект подшипника качения и повышенные зазоры в подшипниках скольжения, виброактивность редукторов превышала среднестатистическую норму в области низких частот (до 20 Гц) и в области 80–315 Гц.;

– еще у трех редукторов зазоры были увеличены, но не превышали предельных допусков;

– четыре редуктора из этой группы имели заедание зубьев шестерен валов и незначительный питтинг по причине изменения геометрии зацепления из-за перекоса ведущего или промежуточного валов. Дефект обнаруживался по результатам спектрального анализа масла, отобранного из системы смазки главного редуктора, превышению статистической нормы в области низких частот (до 60 Гц) и в полосе 1,0 кГц.;

– три редуктора получили аварийные повреждения: скол зубьев шестерен, подплавление нижнего и верхнего вкладышей носового подшипников промежуточного вала. Питтинг по длине зуба до 1 мм. Это было вызвано кратковременным прекращением подачи смазки из-за неисправности в системе смазки редуктора. Результаты представлены на рис. 1.

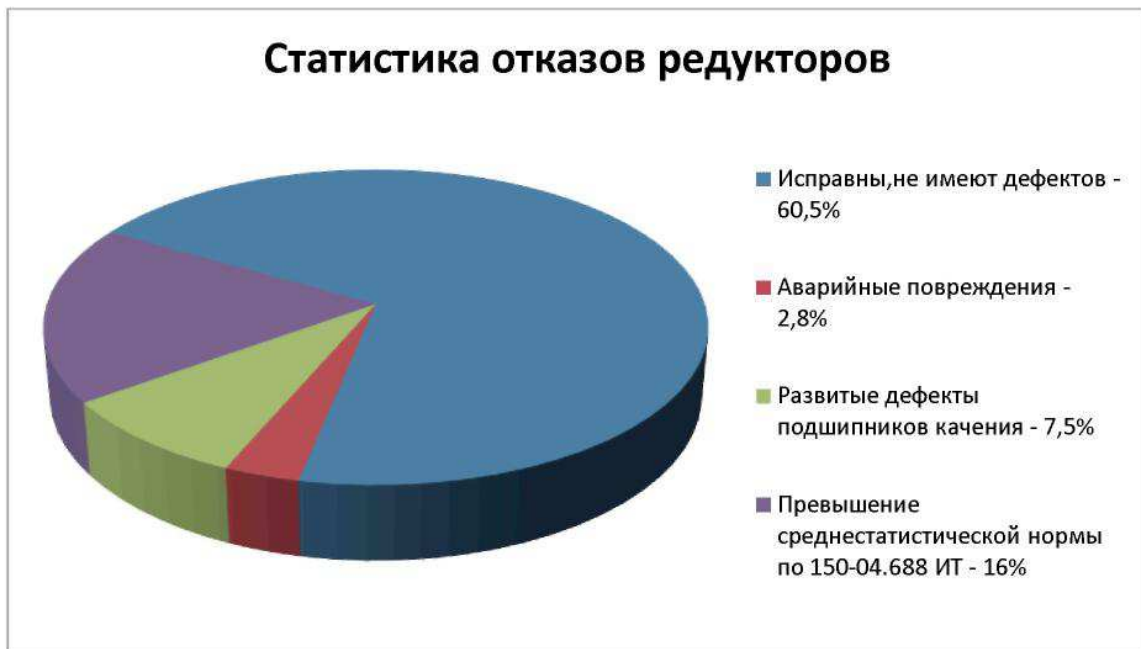


Рисунок 1 – Результаты диагностики редукторов ДРА промысловых судов

Выводы. Анализ результатов диагностики позволяет сделать следующие выводы:

- главные редуктора ДРА рыбопромысловых судов обладают очень высокой надежностью, фактически, все случившиеся аварийные повреждения произошли при отказе в системе смазки редуктора из-за недостаточного контроля и отсутствия своевременного обслуживания (человеческий фактор);
- анализ подтвердил правильность выбора концепции диагностики, разумного сочетания применяемых методов и обоснованность диагностических норм;
- наиболее часто встречающейся причиной неисправности редукторов были дефекты подшипников;
- превышение статистической нормы не всегда является признаком дефекта и требует дополнительных исследований для постановки правильного диагноза;
- применяемая методика диагностики требует дальнейшего совершенствования для повышения точности постановки диагноза и разработки надежных методов прогнозирования остаточного ресурса.

Следует отметить, что диагностика проводилась перед очередным освидетельствованием судна, и редуктора не имеющие дефектов допускались к дальнейшей эксплуатации без разборки, что реально снижает затраты на эксплуатацию судна и увеличивает ресурс самого редуктора.

Библиографический список

1. Анцевич, А. В. Дизель редукторные агрегаты рыбопромысловых судов / А. В. Анцевич [и др.]. // Мурманское книжное издательство. – 1983, – 155 с.
2. Сергеев, К. О., Жуков А. С. Опыт применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов ТKG2-03 СТМ типа "Атлантик-333" // Вестник МГТУ. – 2011. – Т. 14. – № 4. – С. 681–684.

Коррозия в судоремонте.

Современные технологии борьбы с коррозией в судоремонте

Федич Р. М., Орешкин М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: rfedich@mail.ru)

Аннотация. Произведен обзор различных способов борьбы с коррозией в судоремонте. Отдельно рассмотрена активная катодная защита, предложенная компанией Cathelco. Произведен анализ технологий, применяемых в Мурманской области.

Abstract. The different methods of corrosion combating in the ship repairing are reviewed. Active cathodic protection offered by Cathelco is considered separately. Technologies used in the Murmansk region are analyzed.

Ключевые слова: коррозия, Cathelco, активная катодная защита

Key words: corrosion, Cathelco, active cathodic protection.

Введение. Современные методы борьбы с коррозией в судоремонте – очень актуальная на сегодняшний день тема. Коррозия приводит ежегодно к миллиардным убыткам, и разрешение этой проблемы является одной из важнейших задач.

Из различных видов коррозии в морских условиях основной является электрохимическая – разрушение поверхности металла в жидкостях, проводящих электрический ток (электролитах). Если в электролит поместить соединенные между собой электроды – металлы, имеющие разный потенциал, то электрод с более низким значением потенциала (анод) будет разрушаться, а по проводнику, соединяющему электроды, будет проходить электрический ток.

В судовых условиях электролитом является морская вода, а роль электродов выполняют стальной корпус и бронзовые втулки в дейдвудной трубе и рулевых петлях, а также бронзовый или латунный гребной винт. Медь и ее сплавы, обладая более высоким потенциалом, при контакте со сталью создают катод. В результате этого сталь, являющаяся анодом, подвергается значительному коррозионному разрушению, особенно на участках, близко расположенных к контакту.

Борьба с коррозией проводится различными способами. Но все они являются разновидностью одного из следующих методов: легирование, ингибиторная защита, защитные покрытия и электрохимическая защита.

Выбор способа защиты зависит от назначения конструкции и условий ее эксплуатации.

Обзор существующих методов борьбы с коррозией в судоремонте.
Легирование. Для повышения коррозионной стойкости стали в качестве легирующих элементов применяют хром, никель, титан, молибден и некоторые другие элементы. Но достаточная эффективность нержавеющей стали в морской воде обеспечивается только при содержании в ней легирующих элементов свыше 18 %, что значительно повышает стоимость стали. Поэтому легирование не нашло широкого распространения в судостроении. Из нержавеющей стали изготавливают только винты и подводные крылья, а в судовом машиностроении она используется в качестве заменителя цветных металлов.

Ингибиторная защита. Ингибиторами, или замедлителями коррозии, называют такие вещества, которые при добавлении в небольших количествах к агрессивной среде замедляют или предупреждают коррозию. Ингибиторную защиту применяют только в закрытых помещениях. Поэтому этот вид защиты может найти применение главным образом на нефтеналивных судах для предупреждения коррозии внутренних поверхностей грузовых танков. В этом случае ингибиторы могут вводиться как в нефтепродукты, так и в принимаемую балластную воду. Общее количество вводимого при этом замедлителя обычно составляет несколько сотых процента. Обычно замедлитель вводят в раствор, которым промывают танки после удаления груза или балласта.

Защитные покрытия. Наиболее простая защита от коррозии – это нанесение на поверхность металла защитной пленки. В зависимости от вида защитной пленки. Покрытия бывают лакокрасочные, металлические, неметаллические и оксидные.

Электрохимическая защита. Полное прекращение коррозии возможно только в том случае, если на поверхности защищаемого металла не будет анодных участков. Искусственное превращение всей поверхности металла в катод достигается одним из способов электрохимической защиты: катодным или протекторным (рис. 1).

При катодной защите электропотенциал в морской воде изменяется наложением электрического тока от внешнего источника, для чего защищаемый объект соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного

тока, а его положительный полюс – со специальным электродом (анодом), погруженным в воду вблизи защищаемого объекта. Защита от коррозии этим способом обеспечивается установкой мощностью 3–5 кВт. Безопасность катодной защиты достигается применением источников тока с низким напряжением (до 24 В). В настоящее время применяются железокремниевые и платинотитановые аноды. Обычно достаточно установить 10–12 анодов, чтобы обеспечить надежную защиту. Для равномерного распределения защитного тока аноды располагают равномерно по всему корпусу симметрично на оба борта.

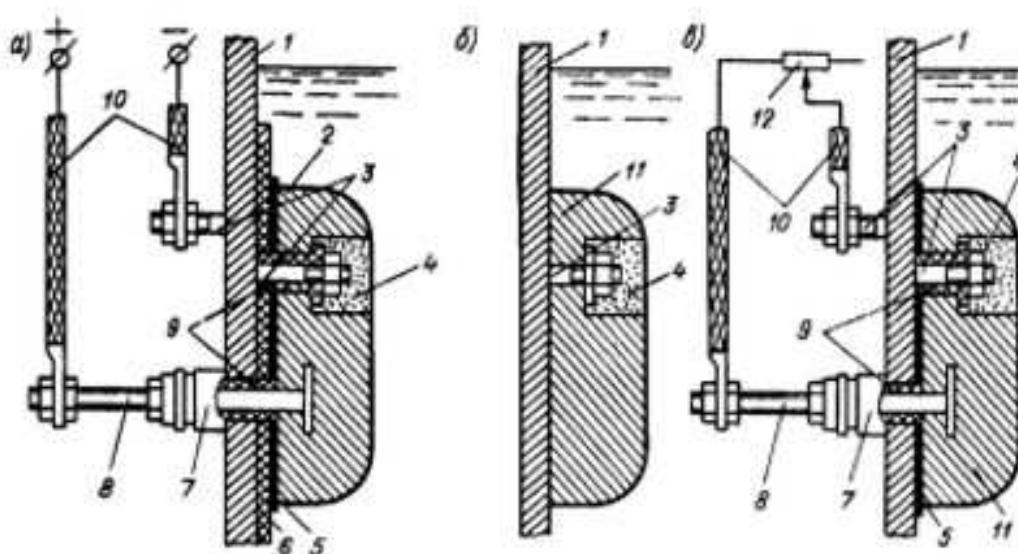


Рисунок 1 – Электрохимическая защита от коррозии: а – катодная; б – протекторная с короткозамкнутым протектором; в – протекторная с регулируемым сопротивлением

Другой вид электрохимической защиты протекторная защита или защита гальваническими анодами. Ее особенность – отсутствие внешнего источника тока. Защитный ток в этом случае создают гальваническими элементами, которые образуются при установке на корпус судна протекторов из металла с более низким потенциалом, чем у защищаемого. В такой гальванической паре корпус играет роль катода, а анодом являются протекторы. Благодаря этому в процессе электрохимической коррозии происходит разрушение протектора, а корпус судна коррозии не подвергается. В качестве протекторов могут применяться металлы, которые имеют электродный потенциал ниже, чем у стали. Протекторы в отличие от анодов должны иметь с корпусом судна электрический контакт. Обычно контакт осуществляется через приварные шпильки, с помощью которых протекторы крепят к об-

шивке. В некоторых случаях применяют отключаемые протекторы, которые имеют вводы внутрь судна и замыкаются на корпус через регулируемое сопротивление. Простота выполнения и отсутствие эксплуатационных расходов обеспечивают широкие возможности для применения протекторной защиты [4].

Активная катодная защита компании Cathelco. Cathelco выпускает системы электрохимической защиты корпуса от коррозии с наложенным током для судов любого типа и водоизмещения. Система C–Shield, установленная на более чем 6000 коммерческих судов, сочетает в себе инновационный дизайн панели управления с широким ассортиментом корпусных анодов. Также выпускаются специальные системы для судов с алюминиевым и стальным корпусом, а также компактные системы для малых судов.

Хотя современные покрытия корпусов обеспечивают некоторую защиту от коррозии, они редко обеспечивают комплексное решение. В связи с этим большинство заказчиков отдают предпочтение защите своих судов, с помощью специально разработанной системы активной катодной защиты. Используя размещенные на корпусе аноды и контрольные электроды, подключенные к панели (панелям) управления, система вырабатывает внешний ток, подавляющий естественную электрохимическую активность на смачиваемой поверхности корпуса. Это устраняет формирование коррозионных зон на поверхности корпуса, предотвращая возникновение гальванических пар "винт-корпус", в местах сварки и в местах контакта разнородных металлов.

Важной особенностью систем активной катодной защиты является то, что они постоянно контролируют электрический потенциал на границе морская вода – корпус и, с учетом этого потенциала, меняют выходной ток анодов. Поэтому, система гораздо более эффективна, чем система протекторных анодов, в которой уровень защиты не регулируется. С помощью установки системы катодной защиты можно в значительной мере сохранить корпус судна и сократить эксплуатационные расходы за счет сокращения расхода топлива благодаря более гладкой смачиваемой поверхности корпуса. Кроме того, система снижает затраты судовладельца и повышает безопасность за счет сохранения прочности корпуса [5].

Технологии, применяемые в Мурманской области. ОАО Мурманский судоремонтный завод Морского флота производит ремонт винтору-

левого комплекса судна, дейдвудного устройства, донно-забортной арматуры, замена и ремонт системы протекторной защиты корпуса судна от коррозии, ремонт и замена корпусных конструкций [6].

Широко применяются материалы серии Jotamastic 87, которые образуют абразивостойкое покрытие. Данные материалы могут наноситься в интервале температур от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, обеспечивают отличную антикоррозионную защиту, как в соленой, так и в пресной воде. В версии 87GF, усиленной добавлением стеклянных чешуек, могут превосходно работать в зоне контакта со льдами.

Системами покрытий Йотун были защищены следующие объекты на Северо-западе РФ:

- Мурманск, "Комплекс слива мазута на 35 судоремонтном заводе";
- Мурманск, "Причал под стоянку атомного ледокола "Ленин";
- Морские опоры "Внеклассного мостового перехода через Кольский залив", который благополучно работает с 2001 года [7].

Заключение. Компания Cathelco на сегодняшний день имеет множество заказов от судостроительных верфей различных стран на поставку оборудования для антикоррозийной защиты корпусов. Также компания получила контракт на поставку оборудования для защиты трубопроводных систем от обрастания для серии из шести фрегатов. Корабли строятся для Черноморского флота ВМФ России на судостроительном заводе "Янтарь" в Калининграде. Системы Cathelco обеспечивают надежную защиту от коррозии на срок до 15 лет.

К плюсам данной технологии можно отнести надежность, более долгий срок эксплуатации судов до капитального ремонта. Минусом является большая стоимость, по сравнению с другими видами коррозионной защиты. Тем не менее, большинство судовладельцев осознают необходимость совместного использования современных покрытий корпусов и специально разработанных систем катодной защиты с наложенным током.

Таким образом, итоговое предложение – внедрить данную технологию для судов флота рыбной промышленности.

Библиографический список

1. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Российского морского регистра судоходства. – СПб. : Морской Регистр, 2013. – 351 с.

2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 503 с.

3. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 2. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 721 с.

4. Устройство и техническая эксплуатация судна. Технология судоремонта. URL: <http://wc.matrixplus.ru/utes11-002.htm>

5. Активная катодная защита корпуса от коррозии. URL: http://www.mns.spb.ru/produkcija/produkcija_partnrov/cathelco/aktivnaya_katodnaya_zawita_korpUSA_ot_korrozii/

6. ОАО "Мурманский судоремонтный завод Морского флота". – Режим доступа: <http://www.ms rz.ru/work.html>. – Загл. с экрана.

7. Антикоррозионные покрытия Jotun. – Режим доступа: <http://www.skraski.ru/Jotunhydro.html>. – Загл. с экрана.

Научное издание

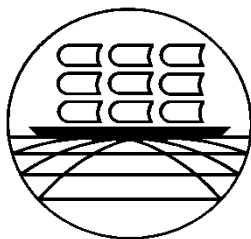
НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ
МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Мурманск, 22–25 марта 2016 г.)

Компьютерная верстка *Г. М. Плишко*
Ответственный за выпуск *А. Б. Власов*

Налоговая льгота – Издания соответствуют коду 58.11.1 ОКПД 2 ОК 034-2014
(КПЕС 2008)

Издательство МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.
Сдано в набор 06.09.2016. Подписано в печать 15.09.2016. Формат 60×84¹/₁₆.
Бум. типографская. Усл. печ. л. 18,84. Уч.-изд. л. 14,5. Заказ 293. Тираж 100 экз.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
МОРСКОЙ ИНСТИТУТ**



НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 22–25 марта 2016 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2016