

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 14–19 апреля 2017 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2017

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;

Н 34 **Наука – производству** : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 14–19 апреля 2017 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2017. – 206 с. : ил.

ISBN 978-5-86185-942-4

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Наука – производству", которая состоялась 14–19 апреля 2017 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, 2017

ISBN 978-5-86185-942-4

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ... 6

Изготовление элементов лабораторных стендов с использованием FDM/FFF-технологий	7
Власов А. В.	
Воздействие низких температур на характеристики излучения лазерных диодов.....	12
Власова С. В., Шапочкин П. Ю.	
Защита информации в системах автоматического управления производственными и технологическими процессами.....	17
Вотинов М. В.	
Устройство светодиодное имитирующей защиты	21
Вотинов М. В., Ерещенко В. В., Столянов А. В.	
SQL-инъекции как уязвимости информационных систем	25
Вотинов М. В., Пайкачева К. В.	
Разработка исполнительных элементов воздухосмешивающей системы для программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов	29
Ерещенко В. В., Яценко В. В.	
Автоматическое управление процессом пастеризации продуктов из гидробионтов – перспективный метод разработки и производства полезной консервной продукции	34
Жук А. А., Кайченев А. В., Куранова Л. К.	
Применение программы SMath Studio и интернет-сервиса SMath Studio Cloud в учебном процессе	38
Лейко Н. Н.	
Радиочастотный метод измерения положения границы раздела двух сред в емкости	43
Маслов А. А., Прохоренков А. М., Совлуков А. С., Яценко В. В.	
Анализ системы автоматического управления установкой для обезвоживания пищевых продуктов	50
Пайкачева К. В., Кайченев А. В.	
Сравнение по быстродействию режимов работы ЭВМ и контроллера в составе адаптивной системы управления.....	56
Потапов Н. С., Маслов А. А.	
Контроль качества электрической энергии в электрических сетях.....	63
Ремезовский В. М.	
Стенд для контроля параметров асинхронных двигателей	66
Ремезовский В. М., Мухалев В. А., Русов О.	
Стенд для исследования преобразователя частоты.....	69
Ремезовский В. М., Борисов Д. А., Иванов А. П.	

Расчет механической характеристики ненагруженного асинхронного электродвигателя без измерения его электрических параметров.....	72
Саватеев Д. А.	
Разработка программного обеспечения для оптимизации этапа предварительного подбора режимов стерилизации консервов из гидробионтов.....	77
Столянов А. В., Кайченев А. В.	
БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ	82
Информационная и функциональная надежность эргатической системы позиционирования бурового судна в заданной точке.....	83
Вивиорра С. И., Холичев С. Н., Шутов В. В.	
Технологический процесс – основа деятельности судоремонтного предприятия.....	88
Пашеева Т. Ю.	
Психология безопасности в промышленных и транспортных компаниях, а также на судах этих компаний	93
Карташов С. В., Пеньковская К. В., Сарлаев В. Я.	
Ошибки управления при обеспечении безопасности плавания в ледовых условиях	97
Рудич А. С., Боев Н. В., Меньшиков В. И.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ	101
Использование инструментария ARIS в моделировании процессов работы служб морского судна.....	102
Бурзун М. С.	
Программные разработки для сферы образования	108
Скрябин А. В.	
Математическая модель процесса сушки древесины	113
Луковкин С. Б., Хохлова Л. И.	
Применение параллельной модели алгоритмов пчелиных колоний для реализации криптоанализа систем шифрования	122
Сергеев А. С.	
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ	128
Фундаментальные принципы качества образования	129
Луковкин С. Б., Хохлова Л. И.	
РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И РАДИОСВЯЗЬ	136
Разработка клеверной антенны с увеличенным коэффициентом усиления.....	137
Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Шубина Е. Г.	

Исследование антенн круговой поляризации с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости	143
Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Татусяк М. С.	
К вопросу о минимизации продольных размеров направленных антенн круговой поляризации.....	149
Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Быченко П. А., Шульженко А. Е.	
Исследование изотропных антенн круговой поляризации в целях повышения коэффициента усиления	156
Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Полежаев В. С., Шульженко А. Е.	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА	162
Моделирование системы управления главным двигателем судна при реализации нечеткого управления с подстройкой коэффициентов	163
Баева Л. С., Федич Р. М.	
Применение метода неравновесной термографии для контроля параметров полимерной изоляции	169
Власов А. Б., Аллюров К. Б.	
Контроль старения изоляции кабелей КНРЭК	172
Власов А. Б., Власова С. В. Мухалев В. А.	
Методика определения качества герметика кабельных гермовводов.....	175
Власов А. Б., Мухалев В. А. Криштопов А. И.	
Анализ тепловых процессов в судовой компрессорной установке на основе термографии	178
Власов А. Б., Сергеев К. О., Соловьев Б. В.	
Стенд для определения качества герметика с помощью тепловизора.....	182
Криштопов А. И.	
Защита металлоконструкций, судов и сооружений от биологического повреждения и обрастания	184
Орешкина В. М.	
Методика инспекции готовности грузовых помещений к приёмке груза в процессе технической эксплуатации судов торгового флота	188
Петров А. Л., Баева Л. С., Петрова Н. Е., Кумова Ж. В., Орешкина В. М.	
Особенности и риски эксплуатации судов в условиях северных морей.....	192
Радионовская Т. И.	
Расчет рабочего процесса газового дизеля	196
Сергеев К. О., Головкин М. Ю.	
Условие информационной равновесности на мостике судна при плавании по навигационному маршруту	203
Тагиев Т. Г., Гладышевский М. А., Меньшиков В. И.	

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Изготовление элементов лабораторных стендов с использованием FDM/FFF-технологий

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

Аннотация. В статье приводятся результаты изготовления элементов учебно-лабораторного стенда на 3D-принтере FDM/FFF. Описывается опыт изготовления и использования шестерней из ABS-пластика. Предлагаются возможные варианты снижения уровня шума.

Abstract. The results of producing of the laboratory unit's parts on the FDM/FFF 3D-printer are being given. The experience of making and using of ABS-plastic gears is being described. Possible variants of noise reducing are being offered.

Ключевые слова: 3D-печать, шестерня, снижение шума.

Key words: 3D-printing, FDM, FFF, gear, noise reducing.

Современному производству требуется постоянный приток высококачественных специалистов. С целью их подготовки лабораторная база кафедры Автоматики и вычислительной техники МГТУ (АиВТ) постоянно совершенствуется сотрудниками кафедры. Для этого применяется современное оборудование, программные средства и результаты собственных научных исследований. Значительная часть оборудования создается силами кафедры с привлечением студентов.

В 2013 г. было завершено изготовление двух экземпляров учебно-лабораторного стенда "АСР частоты вращения двигателя постоянного тока" [1]. В настоящее время эти стенды активно используются в учебном процессе для подготовки бакалавров и магистров по направлению "Автоматизация технологических процессов и производств". По результатам эксплуатации данные стенды периодически проходят этапы модернизации: добавляются новые функции, совершенствуется структура и обновляется элементная база [2].

Объект управления в описываемых стендах представлен спаркой двигатель-генератор-тахогенератор с текстолитовыми шкивами на валах. Шкивы объединены ременной передачей при помощи общего пассика. В последнее время начал наблюдаться рост числа отказов стендов вследствие низкого качества резиновых изделий, используемых в качестве пассиков. Кроме того, в ходе выполнения лабораторных работ периодически наблюдалось про-

скальзывание в передаче (обычно при высоких скоростях и нагрузках), что приводило к существенной нелинейности статических характеристик объекта. Ситуация усугублялась малой ремонтпригодностью данного узла – процесс разборки и извлечения спарки из станда был достаточно трудоемок.

Для решения данной проблемы было решено использовать аддитивные технологии. Кафедра АиВТ на протяжении двух лет эксплуатирует 3D-принтеры PICASO Designer, работающие по технологии FDM/FFF (Fused deposition modeling/Fused filament fabrication, печать методом послойного направления) [3]. За время использования был накоплен большой опыт работы, позволяющий успешно изготавливать достаточно сложные объекты.

Было предложено заменить ременную передачу зубчатой на базе прямозубых шестерней и заодно перепроектировать данный узел станда, сделав его более доступным в обслуживании. Одним из достоинств аддитивных технологий, ранее называвшихся технологиями быстрого прототипирования, является возможность за короткий промежуток времени при минимальных затратах перепробовать несколько вариантов реализации объекта и выбрать из них наилучший. Последний (четвертый) вариант узла спарки представлен на рис. 1.

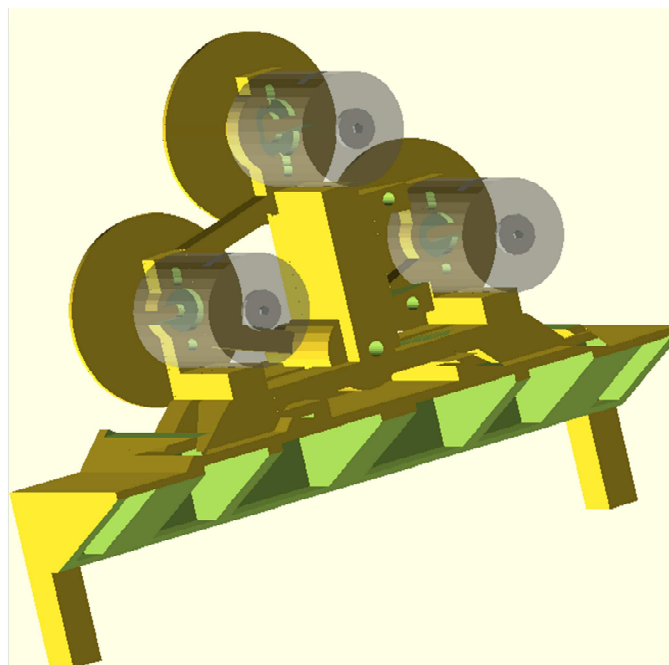


Рисунок 1 – Новая версия узла спарки

Данный вариант состоит из рамы, которая крепится к основанию при помощи пазов и фиксируется в требуемом положении саморезами. На раме размещаются электродвигатели, входящие в состав спарки, причем для верх-

него электродвигателя предусмотрена возможность регулировки его положения относительно двух остальных с целью регулирования зазора в зубчатой передаче. На валы электродвигателей одеваются шестерни и фиксируются саморезами. Рабочая поверхность шестерней смазывается смазкой ОКБ-122-7 ГОСТ 18179-72. С целью повышения эстетической привлекательности, на лицевую сторону шестерней могут наклеиваться диски с декоративными изображениями (рис. 2). Весь узел крепится на фронтальную панель стенда винтами с гайками.

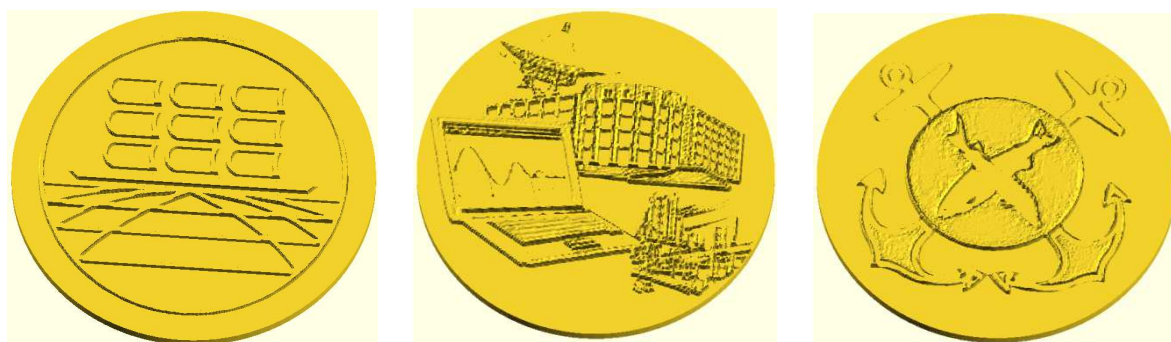


Рисунок 2 – Декоративные накладки на шестерни

Работа выполнялась в свободно распространяемой среде трехмерного твердотельного моделирования OpenSCAD, причем для создания шестерней применялся внешний модуль Public Domain Involute Parameterized Gears, позволяющий создавать высококачественные прямозубые шестерни требуемого размера с указанным количеством зубьев [4]. Все изделие изготавливалось из ABS-пластика, каждая деталь печаталась целиком, склеивание не производилось.

Перед выполнением работ высказывались опасения, что шестерни будут интенсивно изнашиваться в ходе работы учебно-лабораторного стенда. Как показала практика, за полгода работы износа.

Известно, что печать шестерней – одна из самых сложных задач для современных FDM/FFF принтеров, но особенных трудностей в ходе изготовления не наблюдалось. Основные проблемы начались в ходе постобработки: равномерное снятие облоя на 50 зубьях каждой шестерни представляло собой нетривиальную задачу.

Как результат, неодинаковость зубьев привела к заеданиям в определенных положениях, и для компенсации этого эффекта пришлось сместить верхний электродвигатель дальше от остальных. Это привело к уменьшению области зацепления зубьев и увеличению зазоров между ними, что вырази-

лось в увеличении уровня шума, издаваемого узлом спарки – шестерни издавали высокочастотный звук, который резонировал с лицевой панелью стенда.

К настоящему моменту выработано несколько вариантов решения проблемы:

– увеличить заполнение шестерней до 100 %. В первых вариантах реализации для снижения расхода пластика и уменьшения веса шестерней применялось заполнение 20 %. Если его увеличить, то вырастит масса шестерней, а это позволит сместить спектр генерируемых ими звуковых колебаний в более низкочастотную область (т. е. уменьшить их "звон");

– так как облой на шестернях образуется в результате эффекта "слоновой ноги", т. е. большего по сравнению с остальными слоями растекания первого слоя по платформе принтера, то применение фаски на прилегающей к платформе поверхности позволит убрать облой из области зубьев (рис. 3);

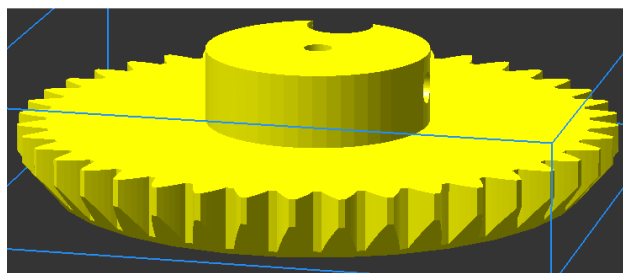


Рисунок 3 – Прямозубая шестерня с фаской

– вместо прямозубой передачи применить косозубую (рис. 4). Прямозубая передача проще в проектировании, изготовлении и постобработке, однако ей как раз характерен повышенный уровень шума в процессе работы. Известно, что косозубая передача в этом плане предпочтительнее;

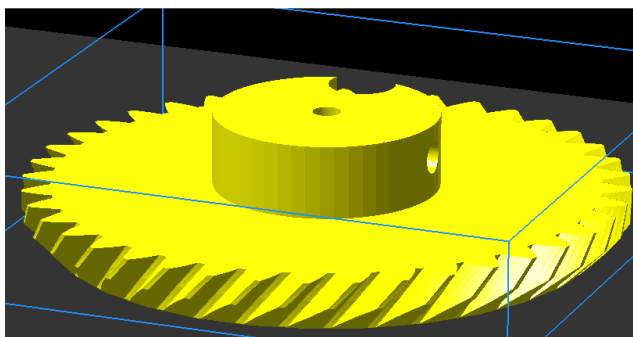


Рисунок 4 – Косозубая шестерня, смоделированная на основе прямозубой

– увеличить массу основания виброизолирующим материалом, что позволит погасить паразитные вибрации, передаваемые на лицевую панель стенда;

– закрыть узел изнутри стенда шумоизоляционным материалом, чтобы им поглощалась часть генерируемых спаркой звуковых колебаний.

К моменту создания статьи спроектированы и изготовлены наборы прямозубых и косозубых шестерней, все изделия реализованы с фаской и напечатаны со 100 % заполнением. В дальнейшем планируется опробовать их в различных режимах работы стенда и сравнить полученные результаты по уровню шума с целью выбора наилучшего варианта.

Библиографический список

1. Совершенствование учебно-лабораторного стенда "АСР частоты вращения ДПТ" [Электронный ресурс] / А. В. Власов [и др.]. // Наука – производству : мат. 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. – С. 9–13.

2. Власов, А. В. Проблемы 3D-печати при мелкосерийном производстве продукции [Электронный ресурс] / А. В. Власов, А. Р. Власова // 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, 2015. – 324 с. : ил. – С. 21–26.

3. Дзеннаро, М. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития [Электронный ресурс] / М. Дзеннаро, Э. Канесса, К. Фонда // Международный центр теоретической физики. – Режим доступа: https://books.google.ru/books?id=TYDcAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, свободный. – Загл. с экрана. – Данные соответствуют 02.04.2016.

4. Public Domain Involute Parameterized Gears [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://www.thingiverse.com/thing:5505>, свободный. – Загл. с экрана. – Данные соответствуют 02.04.2016.

Воздействие низких температур на характеристики излучения лазерных диодов

Власова С. В.¹ Шапочкин П. Ю.²

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

² (г. Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет", ресурсный центр "Нанофотоника", e-mail: pavel.shapochkin@gmail.com)

Аннотация. В работе выполнен теоретический анализ и экспериментальное исследование возможности использования серийно выпускаемых полупроводниковых лазерных диодов в области низких температур, вплоть до температуры 50 К. Проведен анализ зависимости длины волны, излучаемой полупроводниковым лазерным диодом, от температуры среды. Рассмотрены физические причины, определяющие указанную зависимость.

Abstract. Theoretical analysis and experimental investigation of the possibility of using commercially available semiconductor laser diodes at low temperatures, up to a temperature of 50 K, is performed. The dependence of the wavelength emitted by a semiconductor laser diode on the temperature of the medium is analyzed. The physical causes determining this dependence are considered.

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

Key words: semiconductor laser diodes, the emission spectra, the temperature coefficient of change in the width of band gap for semiconductor.

В настоящее время лазерные полупроводниковые диоды (ЛПД) широко используются в различных областях науки, техники, медицины. Возможности применения этих устройств далеко не исчерпаны. Идёт дальнейший поиск современных источников излучения, работающих в жестких условиях эксплуатации, в том числе при низких температурах. Например, обсуждается возможность создания дистанционного измерителя низких температур, в которых датчиком является полупроводниковый лазерный диод [1]. Очевидно, что для создания предлагаемого датчика низких температур необходимо детально исследовать зависимость параметров излучения лазерного полупроводникового диода от условий, в которых он эксплуатируется, в первую очередь, от температуры. Важнейшая характеристика ЛПД – длина волны излучения. Поскольку вид спектра излучения лазерного диода изменяется в зависимости от условий эксплуатации [2], речь в данной работе будет идти

о длине волны в спектре излучения, соответствующей максимуму излучения при данной температуре.

Известно [3], что в полупроводниковых (п/п) лазерах оптический спектр излучения формируется за счет вынужденного излучения, возникающего при межзонных переходах¹, экситонных переходах², переходах «зона – "мелкая примесь"»³.

Таким образом, длина волны λ излучения полупроводникового лазера, соответствующая максимуму излучения, в первую очередь, связана с шириной запрещенной зоны E_g соотношением:

$$\lambda = \frac{hc}{E_g}, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка;

c – скорость света в вакууме.

Очевидно, что с ростом температуры, эффективная ширина запрещенной зоны будет уменьшаться, длина волны, соответственно, будет возрастать. Для описания влияния температуры на ширину запрещенной зоны используют температурный коэффициент изменения ширины запрещенной зоны [4]:

$$\beta = \frac{E_{g2} - E_{g1}}{T_2 - T_1}, \quad (2)$$

где E_{g1} и E_{g2} – ширина запрещенной зоны полупроводника при температуре T_1 и T_2 , соответственно.

В работе [4] на основе математического моделирования процессов межзонного перехода электронов (с учетом влияния энергетических состояний зоны проводимости и валентной зоны на энергетический спектр поверхности полупроводника) показано, что для большинства полупроводников теоретически определенная величина β имеет значение, близкое к экспериментальному. Отмечается, что в тонкослойных гетероструктурах на параметр β могут оказывать воздействие также и возникающие по мере изменения температуры механические напряжения [5].

В связи с вышесказанным, в данной работе мы ставим цель: проверить экспериментально, как изменяется спектральный состав излучения серийно

¹ Переходах электронов из состояний у нижнего края зоны проводимости на состояния у верхнего края валентной зоны (переходы "зона – зона") в условиях высокой концентрации носителей в зоне проводимости.

² При рекомбинации электрона и дырки, связанных в нейтральное подвижное образование экситон.

³ Имеется в виду локальный центр, обладающий энергетическим уровнем, отщепленным от одной из разрешенных зон на малое энергетическое расстояние по сравнению с шириной запрещенной зоны.

выпускаемого полупроводникового лазерного диода с изменением температуры его эксплуатации в область низких температур (до 50К). Нами были экспериментально изучены характеристики излучения полупроводникового лазерного диода AlGaInP (серии ADL-63058TL) в диапазоне температур от 50 до 270 К. Стабилизация температуры осуществлялась в вакуумном гелиевом криостате. Спектр излучения исследовался при помощи монохроматора МДР-23 с установленным CCD-детектором. Термопара была укреплена непосредственно на корпусе лазерного диода⁴.

Пороговый инжекционный ток составлял примерно 23 мА (рис. 1), что соответствует типичным серийным характеристикам исследуемого изделия ("threshold current изменяется в пределах от 19 до 23 мА").

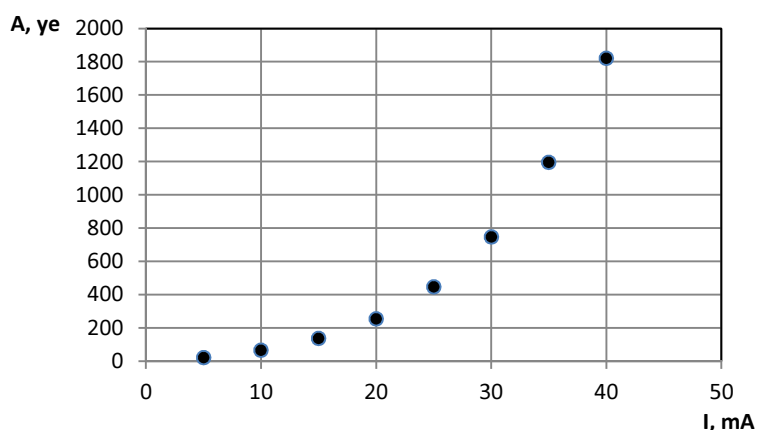


Рисунок 1 – Ватт-амперная характеристика полупроводникового лазерного диода при комнатной температуре

На рис. 2 представлена зависимость длины волны, соответствующей максимуму амплитуды излучения в спектре исследуемого полупроводникового лазера, от температуры. Температурная зависимость ширины запрещённой зоны полупроводников является старой, но по-прежнему актуальной, как в теоретическом, так и в экспериментальном аспекте, темой, тем более, если речь идёт о гетероструктурах. В связи с этим, на рис. 3 изображена зависимость ширины запрещённой зоны, рассчитанной по формуле (1), как функция температуры. Результаты экспериментов, представленные на рис. 2 и рис. 3, свидетельствуют о том, что как на зависимости длины волны излучения лазера от температуры $\lambda(T)$ (рис. 2), так и на зависимости ширины запрещённой зоны $E_g(T)$ (рис. 3), можно выделить два приблизительно линейных участка с различной скоростью изменения исследованных параметров (λ) и (E_g) от тем-

⁴ Измерения выполнены в ресурсном центре "Нанофотоника" Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета.

пературы: первый участок – от 50 К до приблизительно 130 К, второй участок – от 150 К до 270 К.

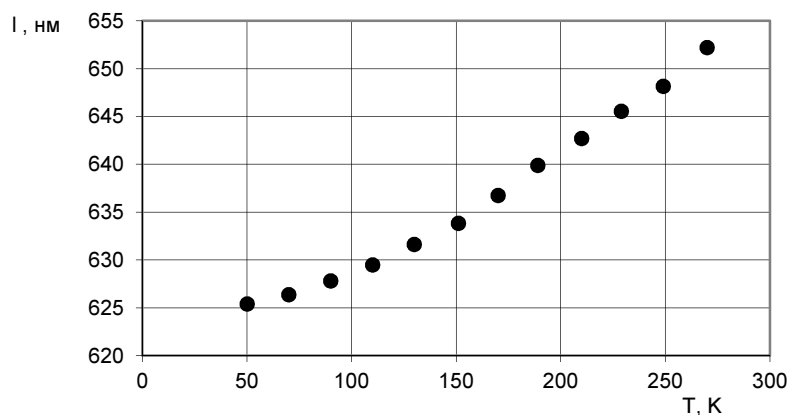


Рисунок 2 – Зависимость длины волны излучения λ_m (соответствующей максимальной интенсивности в спектре излучения) полупроводникового лазерного диода (AlGaInP) от температуры

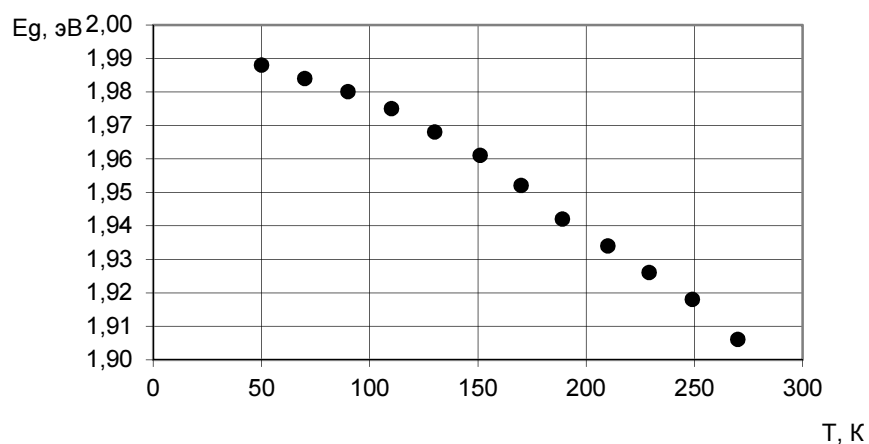


Рисунок 3 – Зависимость ширины запрещенной зоны E_g , рассчитанной по формуле (1), полупроводникового лазерного диода (AlGaInP) от температуры

Расчёт температурного коэффициента изменения ширины запрещенной по соотношению (2) в интервале температур от 50 К до 130 К дал значение $\beta = (-2,38 \cdot 10^{-4})$ эВ/К. В интервале температур от 150 К до 270 К коэффициент $\beta = (-4,62 \cdot 10^{-4})$ эВ/К. Последнее значение близко к величине температурного коэффициента изменения ширины запрещенной зоны, указанного в работе [4] для материала InP, а именно $\beta = (-4,8 \cdot 10^{-4})$ эВ/К. К сожалению, нам не удалось найти справочных данных о температурном коэффициенте изменения ширины запрещенной зоны для твёрдого раствора In_{0,5}Ga_{0,5}P.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что в области температур (130÷150) К в полупроводниковой гетероструктуре

происходят процессы, приводящие к достаточно резкому изменению зависимости величины ширины запрещенной зоны от температуры. Экстраполяция зависимости $E_g(T)$ рис. 3 позволяет определить ширину запрещенной зоны используемого в лазере материала при $T = 300$ К. Она оказалась равной 1,89 эВ. Ширина запрещенной зоны, определенная экспериментально при $T = 300$ К, согласно справочным данным [6], соответствует твердому раствору $In_{0,5}Ga_{0,5}P$ (для него в справочнике указана $\Delta E = 1,9$ эВ при $T = 300$ К). Справочных данных о ширине запрещенной зоны твердого раствора $In_{0,5}Ga_{0,5}P$ при низких температурах нам не удалось обнаружить в литературе, поэтому затруднительно ответить на вопрос, с какими процессами связано резкое изменение коэффициента β в районе температуры 130 К. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы получить ответ на этот вопрос.

Из результатов работы становится очевидным, что для использования серийного полупроводникового лазерного диода в качестве датчика для измерения низких температур, как это указано в работе [1], или для каких-либо других практических применений в области низких температур, необходимы дальнейшие исследования для уточнения процессов, происходящих в полупроводниковых гетероструктурах при низких температурах.

Библиографический список

1. Власов, А. Б., Дервянкин П. Г. Способ дистанционного измерения температуры среды. Патент РФ на изобретение. Заявка №2013129258/28(0436110), МКП G01K11/00 (2006.01); G01J3/28 (2006.01); G01J5/0 (2006.01) от 25.06.2013.
2. Власова, С. В., Петров В. В., Шапочкин П. Ю. Использование полупроводниковых лазерных диодов в области низких температур // Вестник МГТУ : тр. Мурманского государственного технического университета, Т. 19, № 4, 2016. – С. 697–703.
3. Елисеев, П. Г. Введение в физику инжекционных лазеров. – М. : Наука, 1983. – 294 с.
4. Гулямов, Г., Шарипбаев Н. Ю. Влияние температуры на ширину запрещенной зоны полупроводника // Физическая инженерия поверхности. 2011. – Т. 9. – № 1. – С. 40.
5. Емельянов, А. М. Определение изменений ширины запрещенной зоны непрямозонных полупроводников по спектрам краевой люминесценции // Письма в ЖТФ, 2009, т. 35, вып. 6. – С. 9–16.
6. Твердые растворы в полупроводниковых системах : справочник / Москва : Наука, 1978. – 197 с. : ил.

Защита информации в системах автоматического управления производственными и технологическими процессами

Вотинов М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники; e-mail: votinovmv@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам обеспечения защиты информации в системах автоматического управления, регламентированным ФСТЭК России.

Abstract. The article is devoted to ensuring the protection of information in systems of automation, regulated by the Russian FSTEC.

Ключевые слова: автоматизация, защита информации, технологический процесс.

Key words: automation, information security, process.

На современном этапе развития информационного общества очевидными являются вопросы защиты информации. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" регламентирует все нюансы, связанные с получением, хранением, распространением, предоставлением и защитой информации. В законе прописаны виды информации, обладатели информации, приведены их обязанности.

Вместе с тем, закон подходит к информации, информационным технологиям и защите информации довольно таки обобщённо. Действительно, в зависимости от рода информации будут существовать определённые нюансы, связанные с её использованием. Например, Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ "О персональных данных" регламентирует права субъекта персональных данных, обязанности оператора системы по обработке персональных данных. Закон РФ от 21 июля 1993 г. № 5485-1 "О государственной тайне" регламентирует перечень сведений, составляющих государственную тайну, защиту государственной тайны, а также контроль и надзор данной сфере и так далее.

В общем смысле, под информацией понимаются сведения независимо от формы их представления[2]. Не стоит забывать, что источником информации могут быть не только персональные данные, служебная информация и информация, составляющая государственную тайну, файлы мультимедиа, страницы интернет-блогеров и тому подобное.

Информация как таковая может быть продуктом или элементом даже автоматизированных систем автоматического управления производственными и технологическими процессами. Например, показания с датчиков системы, сведения об заданных величинах, параметрах, фактически являются информацией. Система автоматического управления может иметь линии связи

с интернетом или локальной сетью организации. Возможно в систему интегрировано хранилище для сбора сведений о протекающем технологическом процессе. Таким образом, в системе автоматического управления довольно много мест концентрации информации в явном виде.

В руководящих документах Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК), Федеральной службы безопасности (ФСБ) имеется понятие "нарушителя", а также содержатся предположения о возможностях и средствах нарушителей при совершении противоправных действий.

Конечно же, задумываться о защите информации в системах автоматического управления, например пищевой промышленности, нет необходимости. Сбой в работе такой системы приведёт только к потери одной партии продукции, а информация о технологическом процессе для нарушителя будет малоинформативной. Другое дело, когда речь идёт о технологических процессах на критически важных объектах, на которых противоправные действия нарушителя могут привести к пагубным последствиям, например, могут представлять опасность для населения, для окружающей среды. В частности, к таким объектам можно отнести, например, электростанции, заводы химической промышленности и так далее.

Таким образом, прежде всего необходимо удостовериться в целесообразности осуществления мер по защите информации в имеющейся системе автоматического управления. Если все таки объект подпадает под понятие "критически важного" необходимо в дальнейшей работе руководствоваться Приказом ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31. Приказ утверждает требования, которым должны соответствовать системы управления таких объектов.

Согласно приказа, все системы автоматического управления подразделяются на три класса (К1-К3). Отнесение к тому или иному классу зависит от уровня значимости информации, находящейся в системе. Причём, если система имеет многоуровневую структуру, например, отдельно выделяется диспетчерский уровень, уровень автоматического управления и так далее, то уровень значимости информации определяется как совокупный для данной структуры.

Уровень значимости информации зависит возможного ущерба, причинённого потенциальным нарушителем, трём основных составляющих, к которым относятся: целостность информации, доступность информации, конфиденциальность информации.

Информацией с высоким уровнем значимости обладают системы, в которых нарушение только лишь одной составляющей может привести к ка-

тастрофическим последствиям. Средний уровень значимости информации соответствует системам, нарушение штатного режима которой приведёт к умеренным последствиям. Соответственно, если последствия незначительные при нарушении конфиденциальности, целостности и доступности информации, то считается, что информация обладает низким уровнем значимости. Безусловно, досконально определить уровень значимости информации невозможно, поэтому желательно, чтобы оценка осуществлялась не одним, а несколькими независимыми экспертами.

По уровню значимости информации однозначно определяется класс защищённости, которому должна соответствовать система автоматического управления. Соответствие класса защищённости системы автоматического управления уровню защищённости обрабатываемой в ней информации приведено в табл. 1.

Таблица 1 – Соответствие класса защищённости системы автоматического управления уровню защищённости обрабатываемой в ней информации

Уровень значимости информации	Класс защищённости системы автоматического управления
Высокий	К1
Средний	К2
Низкий	К3

Стоит отметить, что результаты классификации системы автоматического управления должны быть задокументированы соответствующим актом классификации.

В соответствии с классом защищённости системы автоматического управления должен быть определён базовый набор мер защиты информации. Состав мер защиты информации для формирования базового набора приведён в приложении № 2 к требованиям, утверждённым приказом ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31.

Определённый базовый набор мер защиты информации должен содержать требования защиты системы и её компонентов в целом, анализ угроз безопасности информации, требования по обеспечению безопасности установки обновлений системы, а также разработки её отдельных компонентов. Безусловно, мероприятия по обеспечению защиты информации должны быть отражены в утверждённом плане мероприятий по обеспечению защиты информации, в котором особая роль должна быть отведена обучению персонала.

Справедливости ради стоит отметить, что утверждённые приказом ФСТЭК России требования не обязывают организации проводить в обязательном по-

рядке аттестацию всех систем автоматического управления. Решение об аттестации должно быть принято руководителем организации самостоятельно. Соответствующие разъяснения содержатся в информационном сообщении ФСТЭК России от 25.07.2014 № 240/22/2748.

Таким образом, обеспечение защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами, безусловно, важный вопрос, требующий ответственного к нему отношения. Если речь идёт о производствах, в которых на систему автоматического управления возложены функции по управлению критически важным объектом, очевидно, что исполнение мер по обеспечению защиты информации поднимет общий уровень защищённости объекта автоматизации. В случае объектов, не попадающих под понятие "критически важных", решение о выполнении требования ФСТЭК России лежит на руководители организации. Однако, даже частичное соблюдение требований поможет повысить уровень грамотности персонала в вопросах безопасности и снизить количество сбоев в оборудовании, связанных как раз с недобросовестным отношением к информации, формируемой системой автоматического управления.

Библиографический список

1. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 "Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды".

2. Российская газета: Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ Об информации, информационных технологиях и о защите информации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rg.ru/2006/07/29/informaciadok.html> – Загл. с экрана.

3. Информационное сообщение ФСТЭК России от 25.07.2014 № 240/22/2748 "По вопросам обеспечения безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры в связи с изданием приказа ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31 "Об утверждении требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды".

Устройство светодиодное имитирующей защиты

Вотинов М. В., Ерещенко В. В., Столянов А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: votinovmv@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается светодиодное устройство, которое может быть использовано в качестве устройства имитирующей защиты объектов движимого и недвижимого имущества. Описаны компоненты устройства и принцип его работы.

Abstract. The LED device used as imitator of car or country house security system is considered in this article. The components of the device and the principle of its operation are also described.

Ключевые слова: светодиодное устройство, имитатор охранной системы защиты.

Key words: LED device, imitator of security system.

В современном мире часто требуется оснастить помещение или автомобиль охранной системой защиты, которая бы препятствовала совершению злоумышленником противоправных действий. Однако обычно это довольно затратный процесс и не всегда реализуемый с технической точки зрения. Например, длительное отсутствие электроэнергии в загородных домах или гаражных кооперативах может привести к неработоспособному состоянию охранной системы в определённые периоды времени.

В связи с этим хорошим решением является оснащение недвижимости или автомобильной техники компактным устройством, имитирующим работу реальной охранной системы защищаемого объекта и работающим автономно от центрального электроснабжения продолжительное время.

Задача разработки имитации реальной охранной системы реализована в предложенном ниже устройстве. Принципиальная электрическая схема устройства и размещение компонентов на печатной плате представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

В состав устройства входят следующие компоненты:

1) V1 (V1/1, V1/2, V1/3 на рис. 1) – микросхема генератора импульсов SN7404N фирмы Texas Instruments;

2) R1 – резистор номиналом 2 кОм и мощностью 0,125 Вт;

3) R2 – резистор номиналом 1 кОм и мощностью 0,125 Вт;

4) RV1 – потенциометр номиналом 1 МОм;

- 5) C1 – электролитический конденсатор номиналом 0,1 мкФ;
- 6) T1 – NPN транзистор 2SC458 фирмы Hitachi Semiconductor или российский аналог КТ315;
- 7) D1 – светодиод красного цвета диаметром 5 миллиметров.

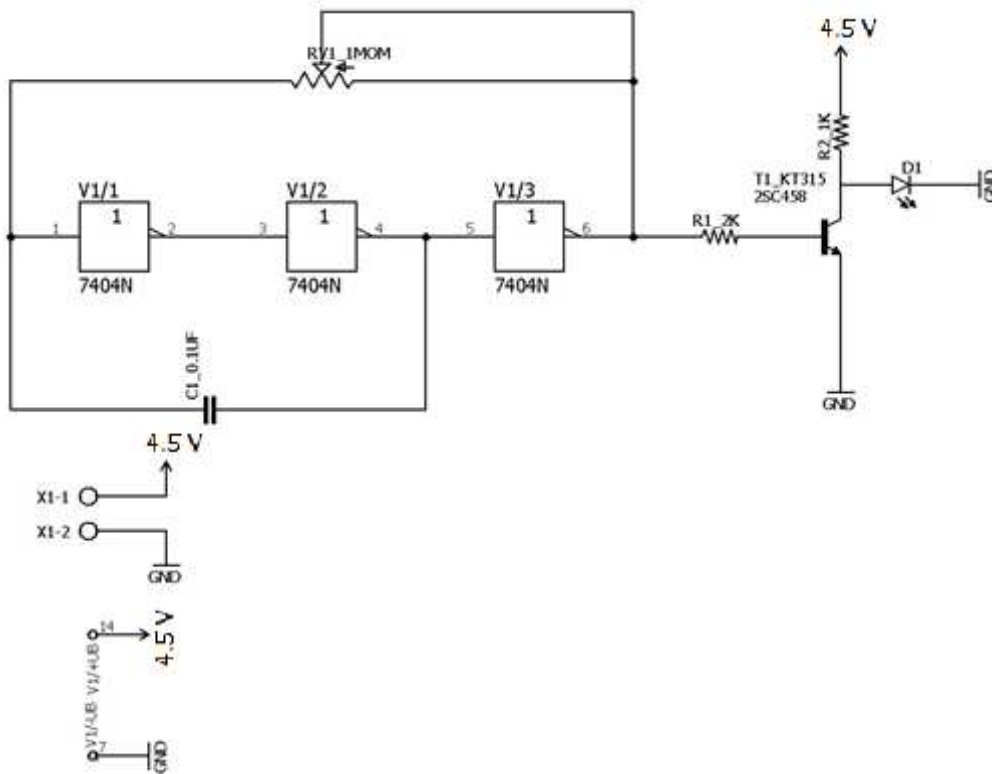


Рисунок 1 – Эскиз электрической схемы устройства

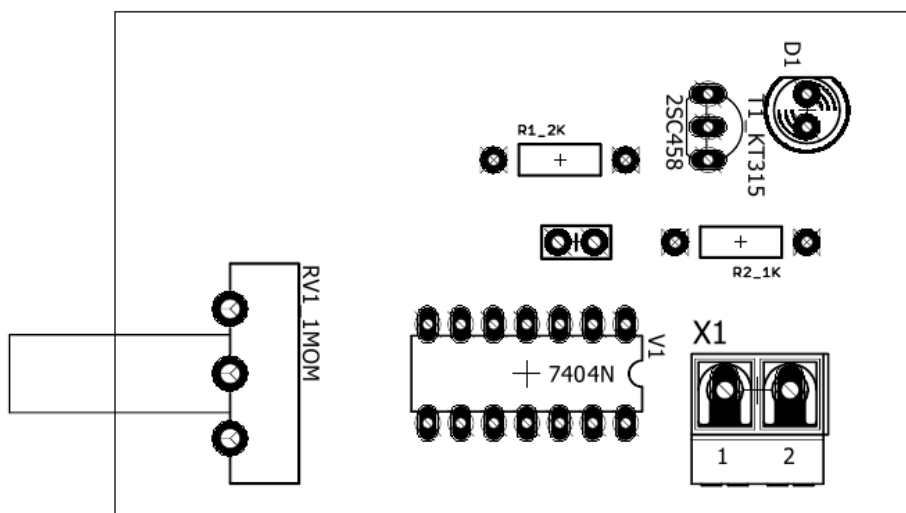


Рисунок 2 – Эскиз печатной платы устройства

Устройство светодиодное имитирующей защиты представляет собой компактный блок и предназначено для формирования периодических свето-

вых импульсов с помощью светодиодов. Выдержка времени свечения светодиода регулируется с помощью потенциометра RV1 (рис. 1) таким образом, чтобы имитировать реально работающие системы охраны. Устройство автономное, выполнено в компактном корпусе (рис. 3).

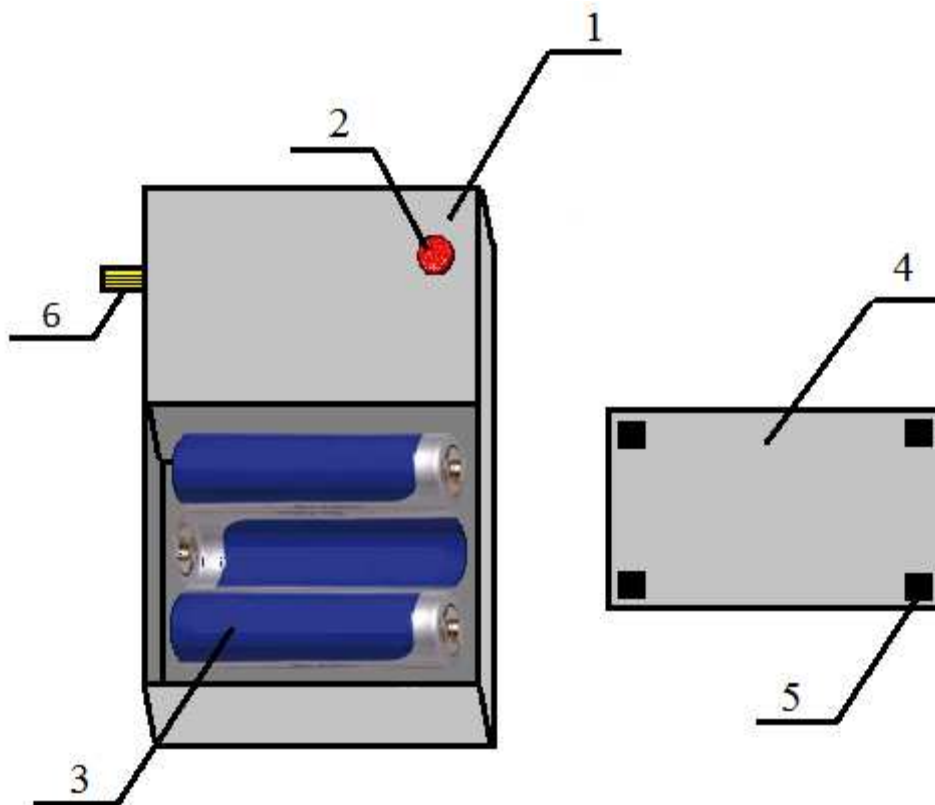


Рисунок 3 – Внешний вид устройства: 1 – корпус с размещённой в нем схемой генерации импульсов; 2 – светодиод (красный); 3 – отсек источника питания; 4 – крышка батарейного отсека; 5 – липучки; 6 – регулятор периода импульсов

Рассмотрим принцип работы устройства.

На корпус устройства (1) выведен красный светодиод (2). Корпус устройства и светодиод выполнены в компактных размерах.

В отсек источника питания (3) помещаются три батарейки формата "AA", соединенные последовательно, которые закрываются крышкой батарейного отсека (4). Как только появляется питание, микросхема генератора импульсов, расположенная в корпусе (1) начинает генерировать кратковременные импульсы напряжения, длина и период которых определяются положением регулятора (6). Сформированные импульсы подаются на светодиод.

Корпус устройства (1) прикрепляется к окну охраняемого помещения (квартира, загородный дом) при помощи липучек (5). При использовании устройства в автомобильной технике рекомендуется его расположение на па-

нели водителя. Мигающий светодиод должен навести потенциального злоумышленника на мысль о том, что объект охраняется и психологически отбить желание совершения противоправных действий непосредственно с данным объектом.

Отличительной особенностью предлагаемого устройства является его автономность. Система имеет низкое энергопотребление, так как состоит из источника питания, светодиода и схемы, генерирующей импульсы. За счёт простоты конструкции и использования в качестве светильного элемента светодиода, устройство обладает продолжительным периодом автономной работы. Предположительность времени работы устройства составляет не менее трёх месяцев.

В заключении хотелось бы отметить, что разработанное устройство может использоваться в дополнение к реально действующей охранной системе, повысив тем самым общий уровень безопасности охраняемого объекта.

Библиографический список

1. SN7404. Техническая документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn7404.pdf>
2. 2SC458. Техническая документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://radio-hobby.org/uploads/datasheet/161/2sc4/2sc458.pdf>
3. КТ315 цоколевка, КТ315 параметры, КТ315 характеристики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hardelectronics.ru/kt315-tsokolevka-parametry-harakteristiki.html>

SQL-инъекции как уязвимости информационных систем

Вотинов М. В., Пайкачева К. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники; e-mail: votinovmv@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена распространённой уязвимости информационных систем – SQL-инъекции. Приведены аспекты их использования, а также некоторые меры защиты.

Abstract. The article is devoted to the common vulnerabilities of information systems – SQL-injection. Given aspects of their use, as well as some measure of protection.

Ключевые слова: база данных, язык запросов, SQL-инъекции.

Key words: database, query language, SQL-injection.

В настоящее время широкое распространение получили информационные системы, в частности интернет сервисы, позволяющие пользователям получать услуги удалённо в электронном виде по средствам сети "Интернет". Среди них можно выделить мобильные банки, платежные системы, государственные услуги, системы продажи билетов.

Информационные системы сильно проникли в нашу жизнь, неся при этом удобство и простоту использования, функциональность и доступность информации. Не удивительно, что информационные системы охватили не только обычный быт граждан, но и проникли в системы автоматического управления производственными процессами. Действительно, намного удобнее управлять и контролировать технологические процессы с планшетного ПК, подключённого к сети "Интернет", нежели стоять в цеху непосредственно у производственных мощностей.

В этой связи актуальной задачей является защита информации, передаваемая в рамках системы между её пользователем и конечным оборудованием. Основные положения в части обеспечения защиты информации представлены в федеральном законе № 149-ФЗ "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" [1]. Вместе с тем, в части защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей при-

родной среды необходимо руководствоваться приказом ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 [2].

В основе практически всех информационных систем заложены две составляющие. К первой составляющей относятся службы, обеспечивающие функционирование интернет сервера: IIS (Internet Information Services), Apache и аналоги. Ко второй составляющей относится система управления базами данных (MS SQL Server, MySQL и аналоги) и непосредственно сама база данных. Фактически, когда пользователь работает в информационной системе, система формирует SQL-запросы к базе данных, сервером формируются необходимые выборки информации, которые затем отсылаются обратно пользователю и в удобоваримом виде для него отображаются. Механизм прост и отлажен, однако и в нем присутствуют уязвимости, которыми может воспользоваться злоумышленник в своих корыстных целях. Одними из таких уязвимостей являются SQL-инъекции, о которых пойдёт речь в данной статье.

SQL-инъекции являются широко распространёнными дефектами безопасности в сети "Интернет", их легко использовать без специальных программ и глубоких технических знаний. Применение злоумышленниками SQL-инъекции может способствовать[3]:

- краже данных;
- отказу в работе информационной системы;
- подмене или уничтожению данных;
- другим случаям и намерениям.

Предположим, пользователь работает в информационном сервисе по просмотру прогноза погоды на сайте <http://informsystem.ru/index.aspx>. Пользователю на данной странице предлагается указать город, чтобы система отобрала его в удалённой базе данных и вывела для него соответствующий прогноз погоды. Запрос будет выглядеть примерно следующим образом:

<http://informsystem.ru/index.aspx?city=Мурманск>

В данном случае информационному сервису передаётся пожелание пользователя увидеть прогноз погоды для города Мурманска. Стоит отметить, что любые данные, передаваемые таким образом, имеют строковый тип данных (string). На основе полученных данных информационный сервис сформирует запрос к базе данных примерно в следующем виде:

```
select * from prognoz where city='Мурманск'
```

Таким алгоритмом работы пользуются злоумышленники. SQL-инъекция заключается в том, что злоумышленник самостоятельно может поменять ис-

ходный запрос к информационному сервису. Например, записать его в следующем виде:

```
http://informsystem.ru/index.aspx?city=Мурманск or city is not Null
```

Если в информационном сервисе не предусмотрена защита от SQL-инъекций, то для базы данных сформируется следующий запрос:

```
select * from prognoz where city='Мурманск' or city is not Null
```

Такое условие в результате выдаст прогноз погоды для всех городов, находящихся в базе данных информационной системы. Кажется, что это безобидное баловство, однако язык SQL и прост и сложен одновременно. Используя некоторые его возможности, можно вывести на экран не только прогноз погоды по всем городам, но и информацию из соседних таблиц как текущей базы данных, так и любой другой в рамках используемой СУБД. Предположим, злоумышленник знает, что в базе данных находится таблица "users", содержащая учётные данные пользователей, тогда простым запросом к информационному сервису можно извлечь из неё данные:

```
http://informsystem.ru/index.aspx?city=Мурманск union select * from users
```

SQL запрос в этом случае будет выглядеть:

```
select * from prognoz where city='Мурманск' union select * from users
```

Система управления базами данных, выполнив такой запрос, просто выведет злоумышленнику, помимо прогноза погоды по Мурманску, учётные записи всех пользователей.

Конечно же, представленный пример прост, в нем, например, не учтены такие особенности, как несоответствие структур таблиц city и user, которое скорее всего приведёт к ошибке в выполнении запроса. Мы не стараемся рассказать, как правильно составлять SQL-инъекции, а только привлечь к данному типу уязвимостей внимание. Для автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах даже небольшие ошибки могут привести к необратимым, катастрофическим последствиям.

Для защиты от SQL-инъекций необходимо провести ряд мероприятий, направленных на усиление уязвимых мест. Необходимо тщательно фильтровать входные параметры, значения которых будут использованы для построения SQL-запроса. Как минимум средствами информационного сервиса анализировать поступивший запрос, его длину. Это предотвратит возможность злоумышленников внедрять более длинные строки. Если передаются

целочисленные значения или значения с плавающей точкой, необходимо провести проверку на формат.

Таким образом, защита информации в современном информационном мире – это главная проблема любого технического специалиста. Разработчикам программного обеспечения информационных систем общего пользования или специализированных систем, как то системы автоматического управления, как минимум необходимо знать типовые уязвимости и изначально реализовывать от них защиты. Как показывает практика, реализация SQL-инъекций проста, но не сложна и защита от них. Поэтому даже простыми, но действенными способами защиты, можно значительно понизить риск SQL-инъекций.

Библиографический список

1. Российская газета: Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ Об информации, информационных технологиях и о защите информации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rg.ru/2006/07/29/informacia-dok.html> – Загл. с экрана.

2. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 "Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды".

3. Что такое SQL инъекции [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sd-company.su/article/security/sql_injection – Загл. с экрана.

Разработка исполнительных элементов воздухосмешивающей системы для программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов

Ерещенко В. В., Яценко В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: yatsenkovv@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке элементов воздухосмешивающей системы для программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов, проводимой в рамках научно-исследовательской работы. В результате работы, были разработаны: шиберная задвижка с электромеханическим приводом на базе аддитивных технологий и плата, предназначенная для управления этой задвижкой, поддерживающей интерфейс RS-232, и осуществляют передачу данных по протоколу Modbus RTU.

Abstract. The article is devoted to the development of air-mixing system elements for the software and hardware complex for searching for optimal modes of cold drying of hydrobiotics, carried out within the framework of research work. As a result of the work, a slide gate valve with an electromechanical drive based on additive technologies was developed and a board designed to control this gate, which supports the RS-232 interface and transmits data via the Modbus RTU protocol.

Ключевые слова: воздухосмешивающая система, программно-аппаратный комплекс, шиберная задвижка, интерфейс RS-232, протокол Modbus RTU.

Key words: Air-mixing system, software and hardware complex, gate valve, RS-232 interface, Modbus RTU protocol.

Введение

Основной задачей научно-исследовательской работы, является разработка программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов. Основным элементом разрабатываемого комплекса является климатическая установка (рис. 1), позволяющая создавать приточный сушильный агент с заданными параметрами температуры и влажности. Таким образом, появляется возможность найти оптимальный режим обезвоживания для любого климатического региона, времени года или разработать особый режим сушки.

Климатическая установка

Технологический процесс подготовки сушильного агента представляет собой ряд основных операций: подогрев или охлаждение наружного воздуха,

увлажнение, подогрев приточного воздуха после увлажнения. Интенсивность каждой операции зависит от начальных параметров воздуха, подаваемого на вход климатической камеры, и требуемых (задаваемых) параметров воздуха.

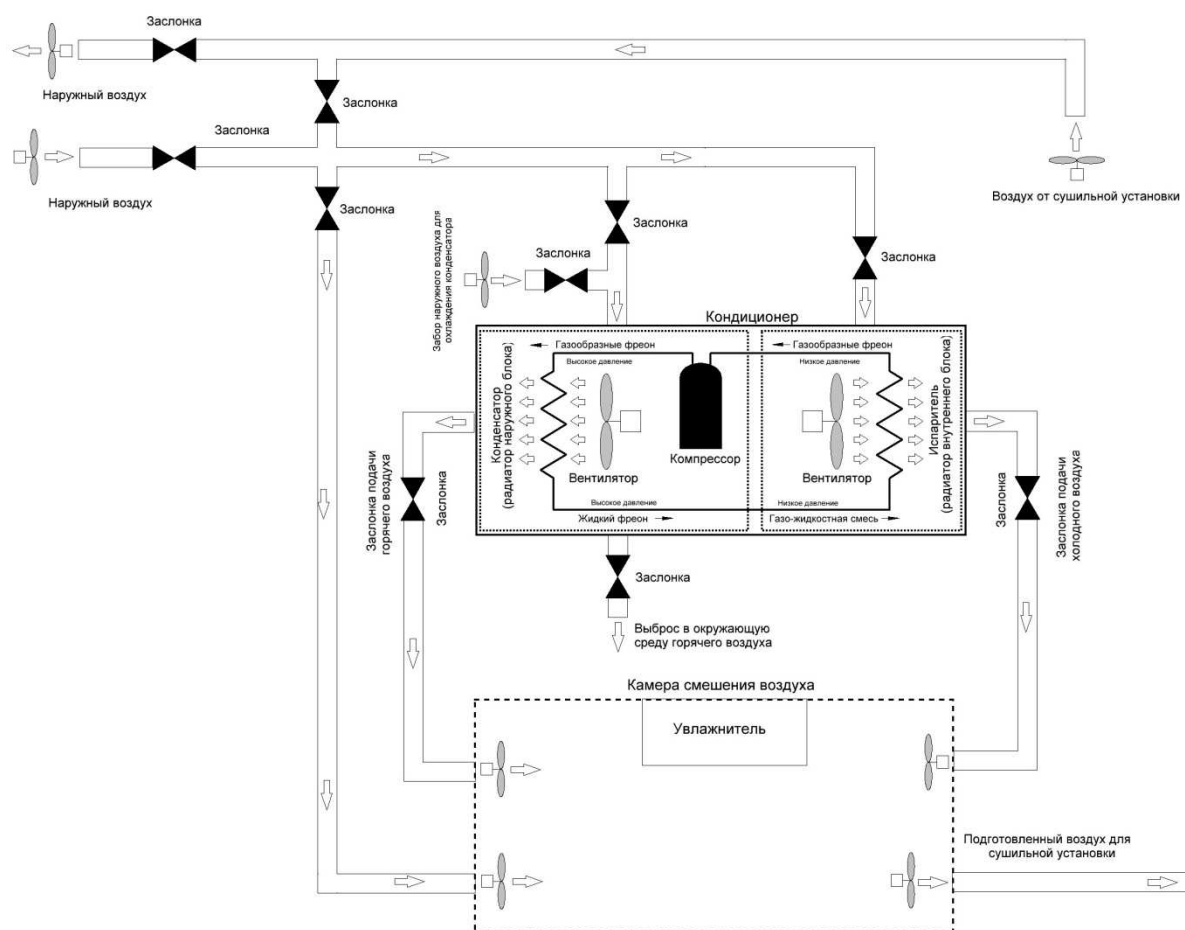


Рисунок 1 – Структурная схема климатической установки

Регулирование температуры приточного воздуха осуществляется системой воздухосмешения. В соответствии с показаниями датчиков температуры, установленных на выходе климатической установки, изменяется степень открытия заслонок подачи горячего, холодного и рециркуляционного воздуха.

По показаниям датчика влажности регулируется предварительный нагрев или охлаждение воздуха, а также его увлажнение с помощью ультразвуковых увлажнителей. Благодаря этому достигается требуемое влагосодержание приточного воздуха.

Для того чтобы воздух на этапе пуска не проходил к потребителю без предварительной подготовки, в климатической камере предусмотрены заслонки воздуховодов. После получения воздуха с заданными параметрами,

заслонки открываются, и воздушная смесь рециркулирует между потребителем и климатической установкой.

Основной задачей при разработке климатической установки стала разработка исполнительного элемента воздушносмешивающей системы, позволяющей регулировать температуру и влажность приточного сушильного.

Для решения поставленной задачи была разработана модель шиберной задвижки с электромеханическим приводом (рис. 2) и плата, предназначенная для управления этой задвижкой, поддерживающей интерфейс RS-232 и осуществляющая передачу данных по протоколу Modbus RTU.

Механические элементы задвижки предлагается изготовить на 3D принтере. С этой целью в среде T-Flex CAD были разработаны трехмерные модели отдельных деталей и конструкция задвижки в целом, представленные на рис. 2 и 3.

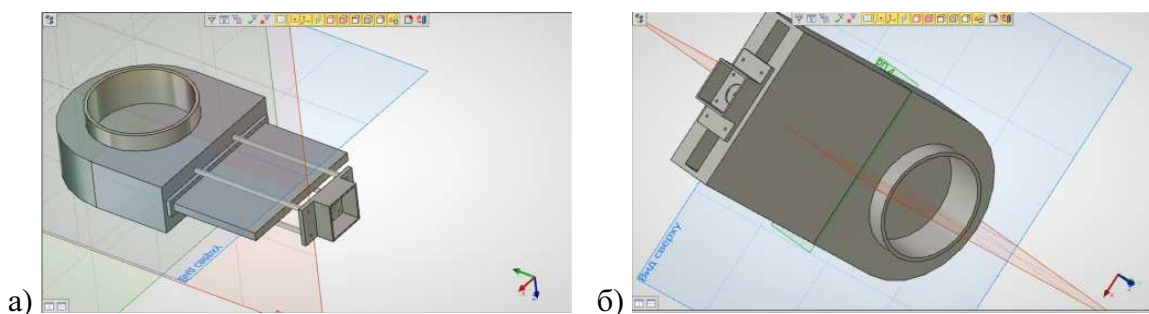


Рисунок 2 – Шиберная задвижка на этапе проектирования

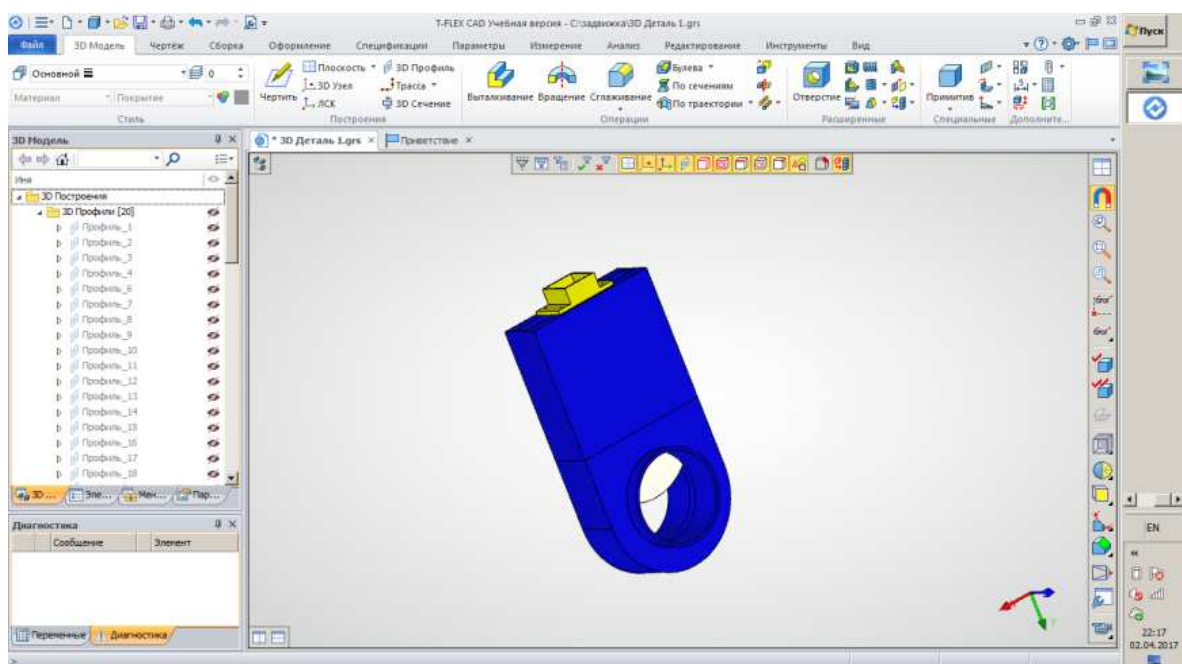


Рисунок 3 – Шиберная задвижка с электромеханическим приводом

Для управления положением шиберной задвижки разработана управляющая плата, структурная схема которой представлена на рис. 4. Исполнительным механизмом, осуществляющим перемещение задвижки, является шаговый двигатель 17HS8401, поворот которого задается драйвером L298. При достижении крайних положений движущейся части срабатывают концевые выключатели верхнего или нижнего положения и выключают исполнительный механизм.

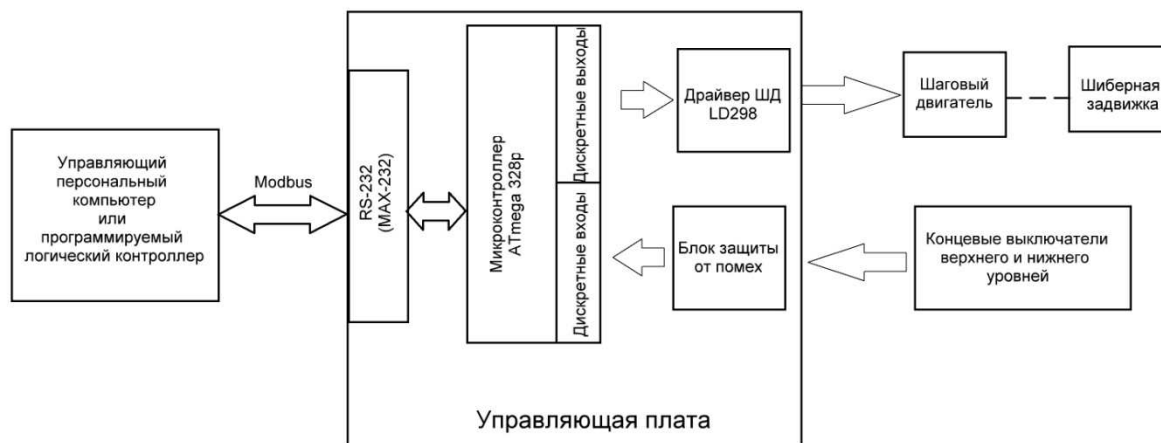


Рисунок 4 – Управляющая плата шиберной задвижки

Управляющие сигналы, поступающие на драйвер шагового двигателя, и сигналы с концевых выключателей поступают на микроконтроллер atmega328p.

Atmega328p – это высокопроизводительные, 8-битные микроконтроллеры с расширенной RISC архитектурой, энергонезависимой памятью. Устройство работает в диапазоне напряжения от 1.8 до 5.5 В.

Так как разрабатываемая система предполагает наличие большого количества задвижек, то необходима реализация централизованного управления. С этой целью предусмотрена возможность подключения управляющей платы к центральному персональному компьютеру или программируемому логическому контроллеру по протоколу Modbus RTU.

Modbus – коммуникационный протокол, основан на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave). Использует для передачи данных интерфейсы RS-485, RS-422, RS-232, а также Ethernet сети TCP/IP (протокол Modbus TCP). Для осуществления возможности организации обмена информацией по данному протоколу на управляющей плате предусмотрена микросхема MAX-232.

Разработанная модель шибберной задвижки позволяет реализовать воздухоподогревающую систему для программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов. Данная система позволит создать сушильный агент с заданными параметрами (скорость движения теплоносителя, температура, влажность) и 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 : мат. междунар. науч. конф. (2–6 апреля 2012 г.) [Электронный ресурс] / МГТУ. Электронные текстовые Данные (139 Мб) Мурманск : МГТУ, 2012.

2. Ерещенко, В. В., Столянов А. В., Ершов М. А., Жук А. А. "Разработка климатической камеры для малогабаритной сушильной установки УПОР-М" : мат. междунар. науч.-практ. конф. "Наука-производству", Мурманск, 22–25 марта 2016 г. – С. 43–47.

Автоматическое управление процессом пастеризации продуктов из гидробионтов – перспективный метод разработки и производства полезной консервной продукции

Жук А. А.¹, Кайченев А. В.¹, Куранова Л. К.² (г. Мурманск ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра автоматизации и вычислительной техники, ²кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. В статье рассматривается концепция применения технических средств и методов автоматизации для оптимизации процесса пастеризации продуктов из гидробионтов, размещённых в герметично упакованной консервной таре. Предложенный подход позволит упростить разработку новых видов консервов и методов тепловой обработки (пастеризации), а также повысит экономическую эффективность производства. Особое внимание уделяется безопасности консервной продукции и сохранности нутриентов.

Abstract. The article considers the concept of automation equipment and methods application to pasteurization process optimization for canned food from hydrobionts placed in hermetically packed containers. This approach will allow to make easier the new types canned food development and heat treatment methods such as a pasteurization and also will increase the production economic efficiency. Special attention is given to canned food safety and nutrients preservation.

Ключевые слова: автоматическое управление, оптимизация, процесс пастеризации, консервированные продукты, гидробионты, пищевые производства.

Key words: automatic control, optimization, pasteurization process, canned food, hydrobionts, food productions.

В 2008 г. в рамках научных исследований на кафедре Автоматики и вычислительной техники Мурманского государственного технического университета была разработана стерилизационная установка АВК-30М [2].

АВК-30М позволяет гибко реализовать любые режимы стерилизации в соответствии с заданием. Благодаря этому режим работы АВК-30М (режим стерилизации) будет в полной мере соответствовать режиму на промышленном автоклаве АСКАМАТ 230. Это позволит переносить новые, разработанные на АВК-30М режимы стерилизации консервов на промышленный автоклав АСКАМАТ 230. [3]

Данное направление исследований является актуальным, однако, процесс стерилизации имеет существенный недостаток. Высокотемпературная обработка не только убивает термостойкие микроорганизмы, но и оказывает деструктивное воздействие на обрабатываемый продукт, что приводит к по-

тере нутриентов, снижению пищевой ценности и ухудшению органолептических свойств.

Пастеризованные консервы являются более высококачественными, более ценными в пищевом отношении продуктами по сравнению со стерилизованными. Потери витаминов, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и других нутриентов при пастеризации в 1,5–2 раза меньше, чем при стерилизации [1].

Вышеизложенное даёт основание говорить о целесообразности разработки новых видов пастеризованных консервов (полуконсервов) и методов их тепловой обработки.

Традиционные методы термической обработки продуктов основаны на использовании преимущественно двух параметров – температуры и продолжительности процесса. Эти параметры в совокупности определяют эффект пастеризации – критерий микробиологической безопасности продукта – критерий Пастера, который вычисляется по формуле

$$Pa = \tau/z, \quad (1)$$

где τ – продолжительность действия температуры на продукт, с;

z – продолжительность бактерицидного действия температуры при термообработке, с.

Следует отметить, что стандартные температурно-временные режимы, используемые при тепловой обработке продуктов, приводят к значительному превышению нормативного эффекта пастеризации и стерилизации. В итоге это приводит к снижению качества продукта и увеличению энергетических затрат.

Одним из решений данной проблемы может быть оптимальное автоматическое управление, которое позволит повысить качество продукта и снизить энергетические затраты.

Для разработки способа оптимального автоматического управления процессом пастеризации целесообразно воспользоваться системным подходом и методом компьютерного моделирования. Использование адекватных моделей позволит получить оптимальный температурно-временной режим, который обеспечит требуемый эффект пастеризации. При этом оптимизация выполняется на основе критерия Пастера.

Объектами исследования являются: автоматизированный комплекс и стерилизационная установка АВК-30М, пищевой продукт (один или несколько

видов гидробионтов), консервная тара. Предмет исследования – оптимальное автоматическое управление процессом пастеризации продуктов из гидробионтов, осуществляемое на автоматизированном комплексе и стерилизационной установке АВК-30М.

В работе будут использованы эмпирический и теоретический уровни научного знания. Методы эмпирического уровня познания: эксперимент, измерение, сравнение. Методы теоретического уровня познания: формализация, компьютерное (математическое) моделирование, анализ и синтез.

Научная работа включает в себя следующие этапы.

- 1) Анализ и формализованное описание объектов исследования.
- 2) Проведение экспериментов для получения кинетики нагрева стерилизационной камеры автоклава АВК-30М. Получение температурных зависимостей нагревания рабочей среды до заданной температуры.
- 3) Получение температурных зависимостей нагревания продукта. Оценка интенсивности процесса теплопередачи от рабочей среды стерилизационной камеры к массе продукта.
- 4) Экспериментальное исследование реакции автоклава при загрузке определенных видов продукта.
- 5) Сравнение результатов, полученных в ходе экспериментов.
- 6) Подбор математических моделей "вход-выход". Компьютерное моделирование на основе экспериментальных данных. Сравнение моделей и реальных объектов.
- 7) Синтез системы управления. Разработка и внедрение программного обеспечения.
- 8) Наладка системы и настройка оптимального автоматического регулятора.

В настоящее время выполнена проверка возможности проведения процесса пастеризации продуктов из гидробионтов на стерилизационной установке АВК-30М. Результаты исследования показали, что такая возможность существует, однако требуется модернизация автоматической системы управления стерилизационной установкой.

В рамках дальнейшей научно-исследовательской работы планируется доработка, развитие и обновление существующего программного обеспечения автоматизированного комплекса АВК-30М для реализации режимов пастеризации. Помимо этого планируется применить современные датчики температуры для получения температурных кривых.

Таким образом, предлагаемая концепция осуществления процесса пастеризации отличается от традиционной технологии тепловой обработки продуктов из гидробионтов применением технических средств и математических методов автоматизации. Данный подход позволит упростить разработку новых видов консервов и методов тепловой обработки (пастеризации), а также повысит экономическую эффективность производства в целом.

Следует подчеркнуть, что научно-исследовательская работа по разработке и исследованию способа автоматического управления процессом пастеризации продуктов из гидробионтов на лабораторном комплексе АВК-30М позволит в дальнейшем применить данный метод на промышленном автоклаве "Ascamat 230", который используется для изготовления консервной продукции на судах рыбопромыслового флота. Это предопределяет актуальность и практическую значимость исследовательской работы в рамках научного обеспечения и развития рыбной промышленности, стратегической задачей которой является обеспечение населения качественными, полезными и безопасными продуктами из гидробионтов.

Библиографический список

1. Гроховский, В. А. Щадящие способы стерилизации / В. А. Гроховский, С. Ю. Дубровин, А. М. Ершов [и др.]. // Электронный учебно-методический комплекс дисциплины Технология рыбы и рыбных продуктов [Электронный ресурс] : сайт / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – 2016. – Режим доступа: <http://fish-tech.mstu.edu.ru/part4/coursebook.shtml>. – Загл. с экрана. – Данные соответствуют 28.02.2017.

2. Кайченков, А. В. Технические и программные средства "ОВЕН" в научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники / А. В. Кайченков, А. А. Маслов, А. А. Жук [и др.] // Наука и образование [Электронный ресурс] : мат. всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 1 ноября 2016 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – С. 74–80.

3. Столянов, А. В. Экономичная методика разработки режимов стерилизации консервов из гидробионтов для промышленных автоклавов / А. В. Столянов, А. В. Кайченков, А. В. Власов [и др.] // Вестн. МГТУ [Электронный ресурс] : тр. Мурм. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2015. – Т. 18, № 4. – С. 661–666.

Применение программы SMath Studio и интернет-сервиса SMath Studio Cloud в учебном процессе

Лейко Н. Н. (*г. Мурманск ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: leykonn.mstu.edu.ru*)

Аннотация. Программа SMath Studio относится к системам компьютерной математики (СКМ), (Computer Algebra Systems – CAS). Имеет общепринятый синтаксис записи тригонометрических функций: $\text{tg}(x)$, $\text{ctg}(x)$, $\text{arctg}(a)$, $\text{arcctg}(a)$. Работает с комплексными числами, позволяет комбинировать вычисления, текст и графику, выводить результаты в печать. Имеет интернет-сервис с онлайн-версией.

Abstract. The program SMath Studio refers to systems of computer mathematics (SCM), (Computer Algebra Systems – CAS). Has accepted the entry syntax of trigonometric functions: $\text{tg}(x)$ $\text{ctg}(x)$, $\text{arctg}(a)$, $\text{arcctg}(a)$. Works with complex numbers, allows you to combine calculations, text and graphics, output the results in print. Has the Internet service with the online version.

Ключевые слова: информатика, комплексные числа, облачные вычисления.

Key words: Informatics, complex numbers, cloud computing.

Программа для вычисления математических выражений и построения графиков функций SMath Studio относится к прикладному программному обеспечению общего назначения: к системам компьютерной математики (СКМ), в англоязычной литературе – к системам компьютерной алгебры (Computer Algebra Systems – CAS).

Бесплатная программа российских разработчиков SMath Studio появилась в 2005 г. На текущий момент SMath Studio существуют версии для нескольких платформ, в том числе, компьютеров на базе операционных систем Windows и Linux, смартфонов [1].

Программа SMath Studio с графическим редактором и поддержкой единиц измерения предоставляет большое количество вычислительных возможностей, интерфейс переведён на многие (38) языки.

Наличие интернет-сервиса с онлайн-версией SMath Studio Cloud в облаке с возможностью работать без регистрации, позволяет студентам получать опыт и навык реализации облачных вычислений. Зарегистрированные на Web-сервере SMath Studio в облаке пользователи получают возможность распечатать, сохранить вычисления для дальнейшей работы, а также предоставить ссылку на них другим пользователям [2].

Это приобретает особую актуальность, так как создан проект по запуску мобильных сетей 5G к 2020 г. (проект создания 5G-стандарта IMT-2020) [3] и можно сделать вывод, что облачные вычисления получат широкое применение в ближайшем будущем и будут особо востребованы специалисты, владеющие облачными технологиями.

Для ввода выражения пользователь установкой курсора (красного крестика) указывает место и производит ввод с клавиатуры. Выполнения вычисления осуществляется нажатием на "=".

Похожим способом объявляется переменная: пишется имя, ставится знак присваивания ":@" с помощью кнопки на панели "Арифметика" или двоекратным нажатием на клавиатуре, программа сама добавляет в знак присваивания знак "=" и можно вводить значение [4].

Введённая заранее переменная или функция должна быть записана левее или выше того выражения, в котором она используется. При этом её изменение приведёт к тому, что весь лист будет пересчитан (незаменимое свойство при организации многократных объёмных вычислений).

Текстовый комментарий может быть введён в любой области рабочего окна, при этом никакие специальные знаки не требуются. Пользователь может менять цвет шрифта, фона, а также выделять выражение рамкой.

Программа знает многие математические и физические константы, умеет работать с размерностями. Весь лист с расчётами может быть сохранён и в дальнейшем открыт для просмотра и редактирования.

Программа использует простой синтаксис записи выражений, подобный тому, который можно увидеть на доске. С ее помощью можно решить практически любую задачу в символьном и численном виде (в том числе, работа с матрицами, вычисление определенных интегралов, численное и символьное дифференцирование).

SMath Studio может быть легко дополнена новой функциональностью, основываясь на требования пользователя. В приложении есть подробный математический справочник. Встроенный менеджер расширений позволяет получить доступ к официальным и сторонним ресурсам: примеры использования, дополнения, справочники и пособия, интерактивные книги и т. п. Всего более 100 шт.

Программа имеет привычный со школы общепринятый синтаксис записи тригонометрических функций:

sin(a) – синус числа **a**.

cos(a) – косинус числа **a**.

tg(a) – тангенс числа **a**.

ctg(a) – котангенс **a**.

arcsin(a) – арксинус числа **a**.

arccos(a) – арккосинус числа **a**.

arctg(a) – арктангенс числа **a**.

Программа позволяет поместить текст, вставить рисунки, созданные в других приложениях (рис. 1).

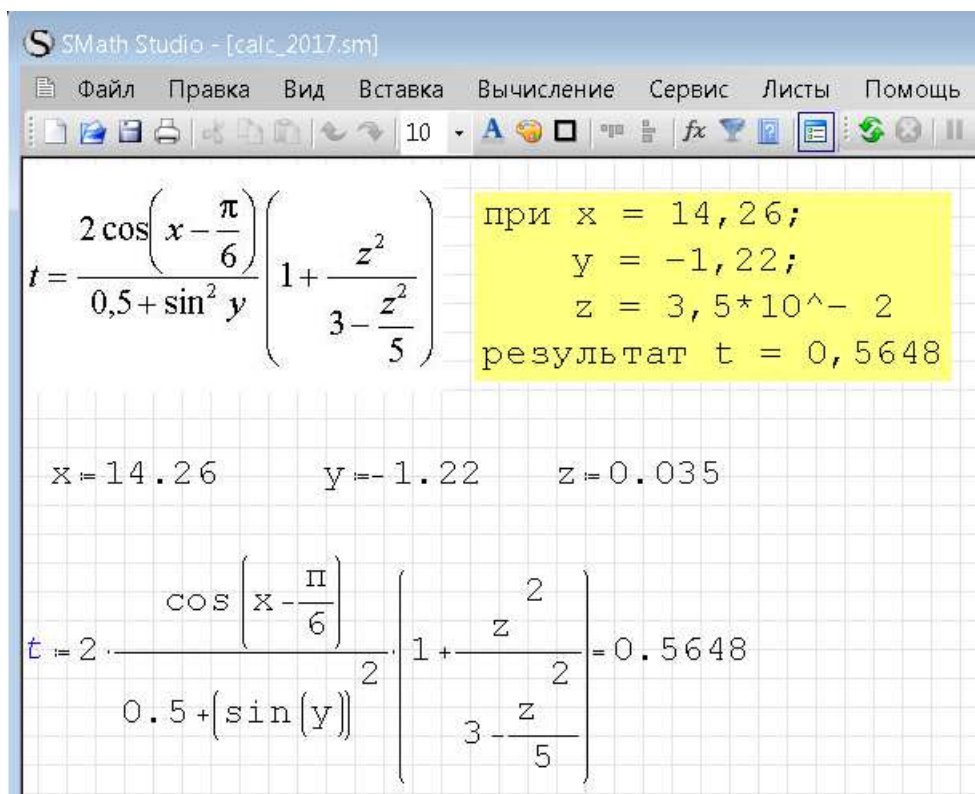


Рисунок 1 – Пример символьных вычислений со вставкой рисунка и текста

Для иллюстрации можно использовать двумерные и трехмерные графики.

Комбинируя на одном листе вычисления, текст и графику, SMath Studio облегчает вычисления и их контроль. Возможен вывод результатов расчетов на печать.

Программа позволяет масштабировать графики. Для изменения окна графика необходимо растянуть его за одну из трёх чёрных точек. Вращение колесика мыши приводит к масштабированию всего графика в целом. Масштабирование по оси абсцисс производится вращением колесика при нажатой клавише Shift, по оси ординат – Ctrl. Движение мыши при нажатой левой клавише ведёт к разному результату в зависимости от выбранного значка на панели: перемещает систему координат ("Перемещать", "Вращать", включено по умолчанию), либо масштабирует график ("Масштабировать"). Пункты "График

точками" и "График линиями" изменяют соответствующий вид отображения. Нажатие "Обновить" сбрасывает все сделанные изменения [5] (рис.2).

Решение нелинейных уравнений методом дихотомии

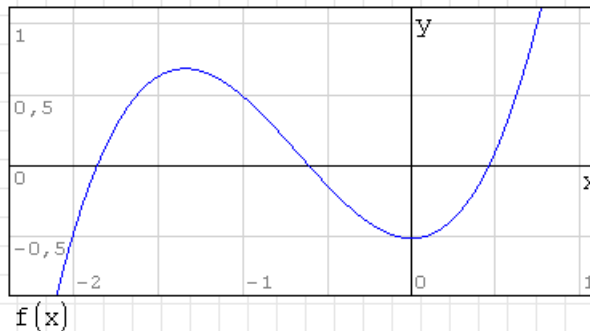
$$f(x) = 0$$

Нелинейное уравнение

Входные данные:

$$f(x) = x^3 + 2 \cdot x^2 - 0.5$$

Создаем функцию



Построение графика для определения интервалов нахождения корней

Рисунок – 2. Пример создания графика в SMath Studio

К особым достоинствам можно отнести возможность работы с комплексными числами (рис. 3).

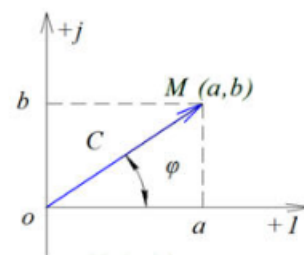
– **arg(z)** – Возвращает угол в комплексной плоскости от действительной оси до z. Результат между $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ радианами.

– **Im(z)** – возвращает мнимую часть числа z;

Введем комплексное число

$$a = 4 + 3 \cdot i = 4 + 3 \cdot i$$

$$\text{Im}(a) = 3 \quad \text{Re}(a) = 4$$



Для вычисления модуля применить функцию $f(x) \rightarrow \text{abs}$ или с клавиатуры ввести abs

$$c = |a| = 5$$

Угол в радианах в полярной системе координат

$$\varphi = \arg(a) = 0.6435$$

Рисунок 3 – Пример ввода комплексного числа в SMath Studio

- **Re(z)** – возвращает действительную часть числа z;
- **abs(z)** – возвращает модуль комплексного числа z;
- **pol2xy(a;b)** – функция перевода координат точки с координатами (a; b) из полярной системы в прямоугольную;
- **xy2pol(a;b)** – функция перевода координат точки с координатами (a; b) из прямоугольной системы в полярную.

Программа позволяет использовать функции перевода координат точки с координатами (a; b) комплексного числа из полярной системы в прямоугольную и из прямоугольной системы в полярную не вводя само число (рис. 4).

$$\text{xy2pol}(4 ; 3) = \begin{cases} 5 \\ 0.6435 \end{cases}$$

$$\text{pol2xy}(4 ; 3) = \begin{cases} -3.96 - 1.4842 \cdot 10^{-15} \cdot i \\ 0.5645 - 1.0403 \cdot 10^{-14} \cdot i \end{cases}$$

Рисунок 4. – Пример применения функций xy2pol (a; b) и pol2xy (a; b) в SMath Studio

Библиографический список

1. Электронный ресурс [<http://ru.smath.info/обзор/SMathStudio/резюме>]
2. Электронный ресурс [<http://smath.info/cloud/>]
3. 5-G: скоростные сети будущего // СИР. – 2015. – № 10. – С. 14–16.
4. Неофициальный справочник проекта SMath Studio [Электронный ресурс <https://sites.google.com/site/mikkhalichlab/home>]
5. С. К. Михель. Математика for free. [Электронный ресурс <http://padaread.com/?book=38450>].

Радиочастотный метод измерения положения границы раздела двух сред в емкости

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

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике 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. Рассматривается радиочастотный метод определения положения границы раздела различных сред, в частности жидкостей, содержащихся в емкостях одна над другой. Метод реализуется с применением двух отрезков коаксиальной длинной линии и одного отрезка двухпроводной длинной линии, который образован наружными проводниками отрезков коаксиальной длинной линии. Метод позволяет определять положение границы раздела двух сред в емкости независимо от электрофизических параметров обеих сред.

Abstract. Radiofrequency method for determination interface position between two media, liquids in particular that are placed in a tank one above the other.. The method is realized via application of two sections of coaxial transmission line and one section of two-conductor transmission line formed by outer conductors of the coaxial transmission lines. The method provides determination of interface position between two media in a tank independently on electrical parameters of both media.

Ключевые слова: измерение, радиочастотный, емкость, жидкость, граница раздела.

Key words: measurement, radiofrequency, tank, liquid, interface position.

В различных отраслях промышленности необходимо с высокой точностью определять положение границы раздела двух сред, находящихся в какой-либо емкости одна над другой и образующих плоскую границу раздела, в частности двух несмешивающихся жидкостей с разной плотностью.

Известны методы и устройства для измерения положения границы раздела двух сред в емкостях, основанные на применении радиочастотных датчиков в виде отрезков длинных линий (коаксиальной линии, двухпроводной линии и др.) в качестве чувствительных элементов [1]. Такой отрезок длинной линии размещается вертикально в емкости с контролируемыми средами, образующими в емкости границу раздела. Измеряя какой-либо его информативный параметр, в частности, резонансную частоту электромагнитных колебаний, можно определить положение границы раздела двух сред. Не-

достатком таких методов измерения и реализующих их устройств является невысокая точность измерения, обусловленная зависимостью результатов измерения уровня от электрофизических параметров обеих или одной из сред, образующих границу раздела.

Известно также радиочастотное устройство – двухканальный уровнемер, в котором в двух независимых отрезках длинных линий с разными нагрузками на их концах, образующих его измерительные каналы, возбуждаются электромагнитные колебания типа *TEM* на основной (1-й) гармонике [2]. Измеряя их резонансные частоты f_1 и f_2 электромагнитных колебаний (являющиеся функциями уровня z жидкости и его диэлектрической проницаемости ϵ), можно найти уровень z согласно математическому соотношению, соответствующему именно этому методу измерения. Недостатком этого метода является невысокая точность измерения, главным образом, в области малых значений уровня, близких к нулевому значению. В этом случае при нулевом значении уровня ($z = 0$) имеется неопределенность типа "0/0", а вблизи значения $z = 0$ погрешность измерения резко возрастает, поскольку результат совместного преобразования f_1 и f_2 может принимать разные значения из-за возможных, даже малых, девиаций значений f_1 и f_2 .

Известен также метод измерения, в котором применяют два независимых отрезка длинной линии с оконечными горизонтальными участками разной длины, располагаемых вертикально и заполняемых жидкостью в соответствии с ее уровнем в емкости [3]. Измеряя резонансные частоты этих отрезков длинной линии или фазовые сдвиги волн фиксированной частоты после их распространения вдоль этих отрезков длинной линии и производя их совместную функциональную обработку согласно математическим соотношениям, соответствующим именно этому методу измерения, можно определить значения уровня жидкости независимо от ϵ жидкости. Недостатком этого метода также является невысокая точность измерения при измерении положения границы раздела двух сред, в частности двух несмешивающихся жидкостей с разной плотностью, с непостоянными значениями электрофизических параметров вышерасположенной среды.

Рассмотрим радиочастотный метод, позволяющий определять положение границы раздела двух сред в емкости с повышенной точностью.

В емкости, содержащей расположенные одна над другой среды 1 и 2, образующие границу раздела, размещают вертикально три отрезка длинной линии: два отрезка коаксиальной длинной линии 3 и 4 и один отрезок двух-

проводной длинной линии 5, который образован наружными проводниками отрезков коаксиальной длинной линии 3 и 4. Отрезки коаксиальной длинной линии 3 и 4 выполняются идентичными, имеющими одинаковые конечные горизонтальные участки фиксированной длины z_0 , но разные нагрузочные реактивные сопротивления на концах этих горизонтальных участков. Между параллельными наружными проводниками отрезков коаксиальной длинной линии, вплоть до концов их горизонтальных участков, возбуждают электромагнитные колебания как в отрезке двухпроводной длинной линии 5, имеющем на конце его горизонтального участка длиной z_0 нагрузочное реактивное сопротивление, отличное от нагрузочных реактивных сопротивлений отрезков длинной линии 3 и 4. Такое отличие обеспечивает отличие друг от друга трех зависимостей соответствующих резонансных частот отрезков длинной линии от координаты z границы раздела двух сред. При этом, за счет наличия горизонтальных участков у всех трех отрезков длинной линии, устраняется недостаток [2] – неопределенность результатов измерения значения z при его нулевом и близких к нему значениям при соответствующей, присущей данному методу, совместной функциональной обработке резонансных частот трех отрезков длинной линии.

Для осуществления метода измерения положения границы раздела двух сред 1 и 2 с использованием указанных трех отрезков длинной линии, являющихся резонаторами, возможна, в частности, следующая реализация устройства для этой цели. Один из отрезков однородной коаксиальной длинной линии 3 выполняются короткозамкнутым на нижнем конце (в этом случае реактивное сопротивление нагрузки равно нулю) – т. е. на конце его горизонтального участка 6 – и разомкнутым на верхнем конце, другой отрезок однородной коаксиальной длинной линии 4 выполняются разомкнутым на нижнем конце (в этом случае реактивное сопротивление нагрузки равно бесконечности) – т. е. на конце его горизонтального участка 7 (рис. 1). Третий отрезок длинной линии – отрезок двухпроводной длинной линии 5 – имеет на конце его горизонтального участка 8 реактивное сопротивление в виде сосредоточенной индуктивности. При этом горизонтальные участки 6, 7 и 8 соответствующих отрезков длинной линии 3, 4 и 5 заполняются контролируемой средой 1 скачкообразно и опорожняется при, соответственно, поступлении сред в емкость и их удалении из емкости.

С помощью высокочастотных генераторов, входящего в состав электронных блока 9, 10 и 11, соответственно, в отрезках длинной линии 3 и 4 и 5

возбуждают электромагнитные колебания основного *ТЕМ*-типа на резонансных частотах f_1 , f_2 и f_3 , соответственно. В этих же электронных блоках осуществляют также измерение соответствующих значений f_1 , f_2 и f_3 . Далее осуществляют в вычислительном блоке 12 их совместное преобразование с целью определения положения границы раздела двух сред 1 и 2 в емкости независимо от значений диэлектрической проницаемости обеих сред 1 и 2. С выхода вычислительного блока 12 данные о текущем значении положения границы раздела двух сред 1 и 2 поступают в регистратор 13.

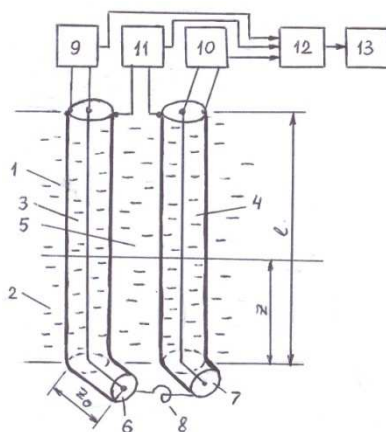


Рисунок 1 – Функциональная схема радиочастотного устройства для измерения положения границы раздела двух сред

Распределение напряженности электрического поля стоячей волны в этих трех отрезках длиной линии 3, 4 и 5 показано на рис. 2 соответствующими линиями *a*, *b* и *c*. Линии *a* и *b* соответствуют четвертьволновым отрезкам длиной линии 3 и 4, линия *c* – отрезку длиной линии с равномерным распределением вдоль него напряженности электрического поля [4].

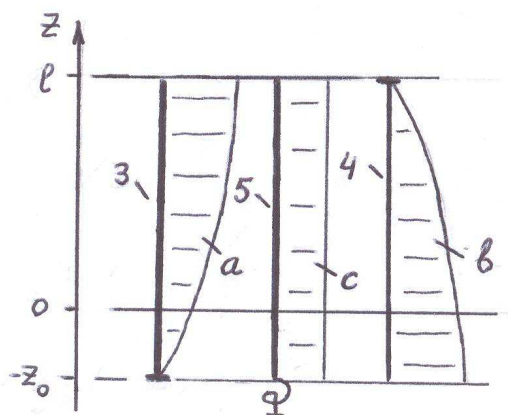


Рисунок 2 – Распределение напряженности электрического поля стоячей волны вдоль трех отрезков длиной линии

Для отрезков длиной l линии, длина вертикальной части каждого из которых имеет длину l и на конце удлинение в виде горизонтального участка фиксированной длины z_0 , возбуждаемых на, соответственно, резонансных частотах f_1 , f_2 и f_3 электромагнитных колебаний, зависимость этих резонансных частот от координаты z границы раздела двух сред можно выразить следующими соотношениями:

$$f_1 / f_{1_0} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \varphi_1(z, z_0) \right]^{-1/2} \quad (1)$$

$$f_2 / f_{2_0} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \varphi_2(z, z_0) \right]^{-1/2} \quad (2)$$

$$f_3 / f_{3_0} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \varphi_3(z, z_0) \right]^{-1/2} \quad (3)$$

где $f_{1_0}, f_{2_0}, f_{3_0}$ – начальные (при отсутствии в емкости обеих сред, образующих границу раздела) значения f_1, f_2 и f_3 , соответственно; ε_1 и ε_2 – диэлектрическая проницаемость вышерасположенной и нижерасположенной сред, соответственно;

$$\varphi_1(z, z_0) = \int_{-z_0}^{\bar{z}} U_1^2(\xi) d\xi / \int_{-z_0}^l U_1^2(\xi) d\xi; \quad \varphi_2(z, z_0) = \int_{-z_0}^{\bar{z}} U_2^2(\xi) d\xi / \int_{-z_0}^l U_2^2(\xi) d\xi;$$

$$\varphi_3(z, z_0) = \int_{-z_0}^{\bar{z}} U_3^2(\xi) d\xi / \int_{-z_0}^l U_3^2(\xi) d\xi;$$

$U_1(\xi)$, $U_2(\xi)$ и $U_3(\xi)$ – напряжение в точке с координатой ξ соответствующего отрезка линии, возбуждаемого на резонансных частотах f_1, f_2 и f_3 , соответственно.

$$A(z) = \frac{(f_{1_0} / f_1)^2 - (f_{2_0} / f_2)^2}{(f_{2_0} / f_2)^2 - (f_{3_0} / f_3)^2} = \frac{\varphi_1(z, z_0) - \varphi_2(z, z_0)}{\varphi_2(z, z_0) - \varphi_3(z, z_0)} \quad (4)$$

Соотношения (1), (2) и (3) позволяют путем их совместного преобразования определить положение (координату z) границы раздела двух сред 1 и 2 в емкости независимо от значений ε_1 и ε_2 , соответственно. Это соотношение является инвариантным по отношению к ε_1 и ε_2 . В любой малой окрестности значения $z = 0$ функция $A(z)$ имеет конечное значение. Это подтверждает, что рассматриваемый метод измерения обеспечивает высокую точность измерения при любых значениях координаты z , включая его малые, вблизи нуля, значения.

Если отрезок длинной линии короткозамкнут на нижнем конце и разомкнут на верхнем конце (в нем электромагнитные колебания возбуждают на резонансной частоте f_1), то в этом случае распределение напряжения вдоль него на основном типе колебаний, возбуждаемом в рассматриваемом отрезке длинной линии, определяется следующим образом:

$$U_1(\xi) = U_0 \sin \frac{\pi \xi + z_0}{2 l + z_0}. \quad (5)$$

Если отрезок длинной линии разомкнут на нижнем конце и короткозамкнут на верхнем конце (в нем электромагнитные колебания возбуждают на резонансной частоте f_2), то в этом случае распределение напряжения вдоль него на основном типе колебаний, возбуждаемом в рассматриваемом отрезке длинной линии, определяется следующим образом:

$$U_2(\xi) = U_0 \cos \frac{\pi \xi + z_0}{2 l + z_0}, \quad (6)$$

В отрезке двухпроводной длинной линии, имеющем на нижнем конце индуктивное сопротивление определенной величины (в нем электромагнитные колебания возбуждают на резонансной частоте f_3), распределение напряжения вдоль него является равномерным:

$$U_3(\xi) \cong U_0 = const. \quad (7)$$

В результате будем иметь:

$$\frac{f_1}{f_{1_0}} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \left(\frac{z + z_0}{l + z_0} - \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi(z + z_0)}{l + z_0} \right) \right]^{-1/2}; \quad (8)$$

$$\frac{f_2}{f_{2_0}} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \left(\frac{z + z_0}{l + z_0} + \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi(z + z_0)}{l + z_0} \right) \right]^{-1/2}; \quad (9)$$

$$\frac{f_3}{f_{3_0}} = \left[\varepsilon_1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{z + z_0}{l + z_0} \right]^{-1/2}. \quad (10)$$

На рис. 3 приведены (качественно) графики зависимостей f_1/f_{1_0} , f_2/f_{2_0} и f_3/f_{3_0} от z/l для данного способа. Как видно на рис. 3, f_1/f_{1_0} , f_2/f_{2_0} и f_3/f_{3_0} имеют разные значения вблизи $z = 0$; при $z = 0$ имеет место скачкообразное изменение этих значений вследствие заполнения горизонтального участка

отрезка длинной линии. Практически же при весьма малых значениях z имеет место существенное отличие значений f_1/f_{1_0} , f_2/f_{2_0} и f_3/f_{3_0} .

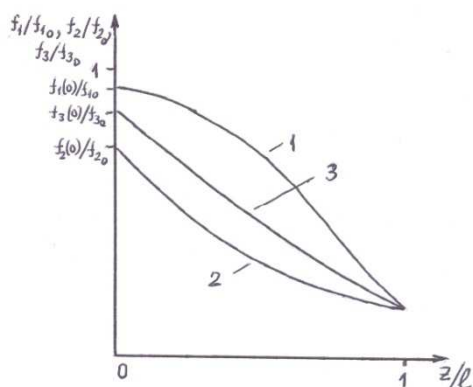


Рисунок 3 – Графики зависимостей резонансных частот от положения границы раздела двух сред.

В вышеприведенных формулах следует использовать вместо ε_1 и ε_2 значения эффективной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{\text{эфф}1}$ и $\varepsilon_{\text{эфф}2}$, соответственно, при применении отрезка длинной линии, по меньшей мере, один из проводников которой покрыт диэлектрической оболочкой определенной толщины [4]. В этом случае возможно измерение положения границы раздела двух сред с произвольными электрофизическими параметрами (диэлектрической проницаемости, электропроводности) независимо от их значений для обеих сред и возможных изменений в процессе измерения.

Таким образом, данный метод позволяет определять положение границы раздела двух сред в емкости независимо от электрофизических параметров обеих сред.

Библиографический список

1. Викторов, В. А. Резонансный метод измерения уровня. – М. : Энергия, 1969. – 192 с.
2. Петров, Б. Н., Викторов В. А., Лункин Б. В., Совлуков А. С. Принцип инвариантности в измерительной технике. – М. : Наука, 1976. – 244 с.
3. Викторов, В. А., Совлуков А. С. Устройство для определения уровня вещества// Авт. свид. СССР № 1765712. Бюлл. Изобрет. 1992, № 36.
4. Викторов, В. А., Лункин Б. В., Совлуков А. С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин. – М. : Наука. – 280 с.

Анализ системы автоматического управления установкой для обезвоживания пищевых продуктов

Пайкачева К. В., Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. Статья посвящена особенностям технологического процесса конвекционной сушки пищевых продуктов при отрицательных температурах. Произведен анализ существующей системы управления установкой и сделаны выводы о возможностях для ее модернизации.

Ключевые слова: конвекционная сушка, система автоматического управления, обезвоживание, сублимация, относительная влажность, парциальное давление

Обезвоживанием или сушкой называется термический процесс удаления из твердых материалов или растворов содержащейся в них влаги путем ее испарения [1]. В пищевой промышленности этот процесс применяется для уменьшения массы продуктов, повышения их транспортабельности и стойкости при хранении.

Широкий ассортимент высушиваемых продуктов обуславливает использование различных способов подвода теплоты и ведения процесса и, соответственно, разных типов и конструкций сушилок. Конструкция должна обеспечить равномерный нагрев и сушку продукта при надежном контроле его температуры и влажности. Сушилки должны иметь достаточно высокую производительность, но при этом должны быть экономичными по удельным расходам теплоты и электроэнергии.

Исследуемая сушильная установка реализует конвективный способ сушки: сушильный агент (воздух) выполняет функции теплоносителя, а также отводит влагу, удаляемую из продукта. Продукт находится в неподвижном состоянии в сушильной камере, сквозь которую следует воздух. Температура сушильного агента (воздуха) находится в отрицательном диапазоне. Такая сушка также называется сублимационной.

Сублимационная сушка позволяет сохранить первоначальную форму и объем продукта. Это достигается за счет того, что большая часть влаги в продукте находится в твердом агрегатном состоянии (лед). В жидком состоянии остается химически связанная влага и часть физически связанной влаги. Процесс сублимации, как и испарения, происходит за счет разности парциальных давлений над высушиваемым продуктом и в окружающей среде.

Чем ниже температура, тем большее количество физически связанной влаги находится в твердой фазе, и соответственно тем больше содержание сухих веществ в продукте по отношению к содержанию влаги. Зависимость между теплотой фазового перехода и внешними условиями выражается уравнением Клайперона-Клаузиуса (1):

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V}, \quad (1)$$

где ΔH – теплота фазового перехода;

ΔV – изменение молярного объема при переходе из одной фазы в другую;

$\frac{dp}{dT}$ – температурный коэффициент давления (величина, показывающая, как изменится давление при изменении температуры).

Пример такой зависимости изображен на рис. 1.

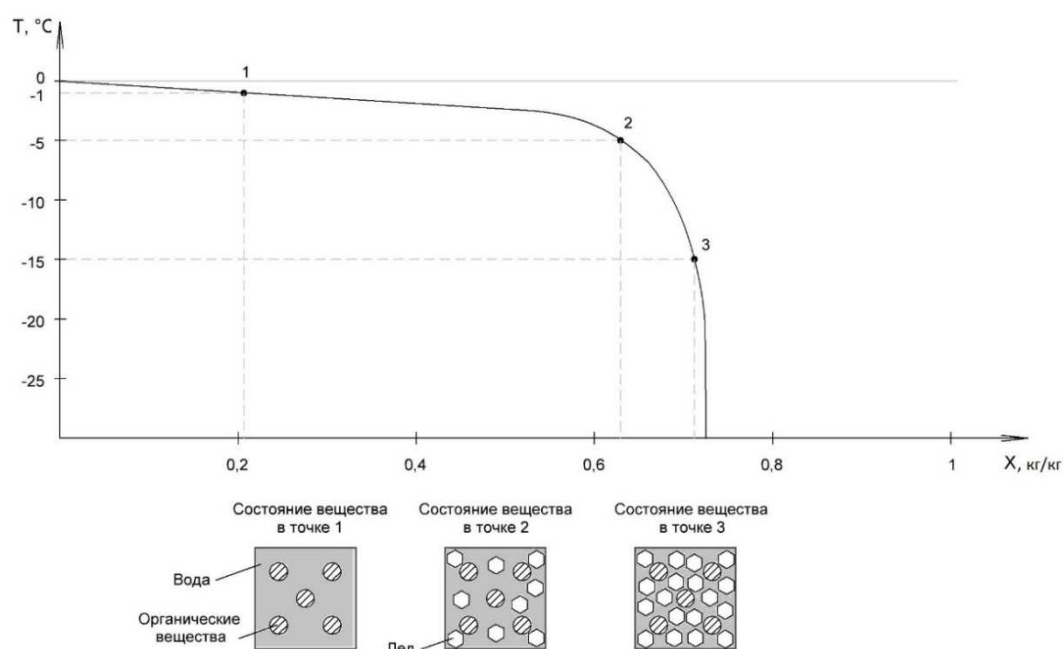


Рисунок 1 – Зависимость содержания сухих веществ в продукте отнесенное к содержанию влаги от температуры
 T – температура продукта, °С; X – отношение содержания сухих веществ к содержанию влаги, кг/кг

В начале процесса сублимационной сушки испаряется физически связанная влага, находящаяся в жидком состоянии. После испарения такой влаги концентрация сухих веществ по отношению к содержанию влаги в продукте становится настолько велика, что в ходе химической реакции с органическими веществами лед начинает таять, количество воды в жидкой фазе увеличивается, а концентрация сухих веществ относительно влаги уменьшается. Вода, находящаяся в жидкой фазе, начинает испаряться, и цикл повторяется

до тех пор, пока не растает весь лед, содержащийся в продукте. Таким образом состояние вещества в процессе сублимационной сушки можно описать, перемещаясь по кривой, изображенной на рис. 1.

Лед, находящийся в структуре продукта, служит своеобразным каркасом и обеспечивает поддержание формы и объема продукта при сушке. В момент, когда весь лед в продукте растает, вода, находящаяся в жидком состоянии, продолжает испаряться, а структура продукта начинает сжиматься, так как больше ее ничто не поддерживает, начинается усадка и деформация продукта. Таким образом для сохранения формы продукта необходимо поддерживать определенное количество льда в течение всего процесса сушки.

Чем ниже температура сублимационной сушки, тем лучше сохраняются форма и объем продукта, но при этом повышаются затраты времени и энергии.

Для уменьшения затрат возможно использование нескольких режимов сушки в течение одного процесса. Продукт предварительно подвергают заморозке при такой температуре, чтобы вся свободная влага внутри продукта находилась в твердом состоянии. Первая ступень сушки проходит при самой высокой отрицательной температуре. Приближаясь к моменту, когда количество льда становится критическим, необходимо перейти на следующую ступень, понизив температуру сушильного агента, таким образом постоянно поддерживая определенное количество льда в продукте.

Контур циркуляции сушильного агента (воздуха) существующей установки представлен на рис. 2.

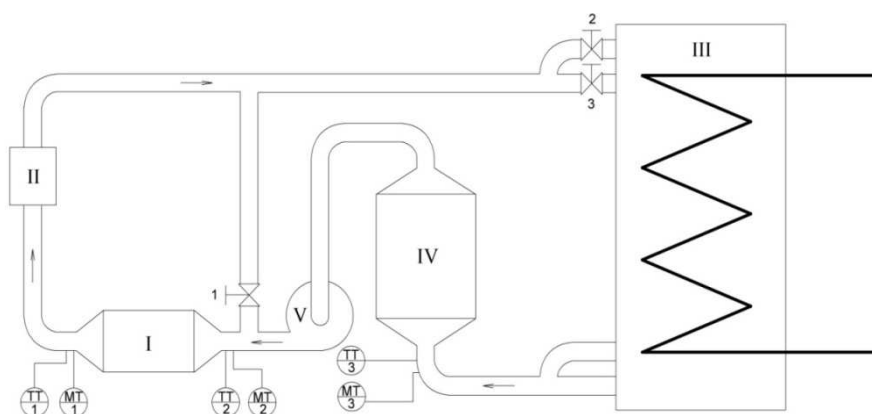


Рисунок 2 – Контур циркуляции сушильного агента

Продукт располагается в сушильной камере (I), через которую следует воздух заданной температуры и относительной влажности. Воздух является теплоносителем, а также служит для отведения влаги, испаренной с поверхности продукта. Принудительная циркуляция воздуха осуществляется с помощью центробежного вентилятора (V).

На выходе из камеры (I) "влажный" воздух, проходя через фильтр (II), следует в теплообменник с гликолем (III) (испаритель), где происходит конденсация или кристаллизация (в зависимости от температурного диапазона сушки) влаги на поверхности теплообмена. Таким образом, чтобы поддерживать допустимую для сушки относительную влажность воздуха, температура гликоля всегда должна быть ниже температуры сушильного агента. Высушенный в испарителе воздух следует через электрический нагреватель (IV) к вентилятору, который направляет его обратно в камеру.

Задвижка 1 открывает подачу части отработанного воздуха на вход в сушильную камеру. Это используется, когда необходимо повысить относительную влажность входящего в камеру воздуха.

В корпусе испарителя (III) находится два одинаковых теплообменника, так как в системе охлаждения два одинаковых цикла циркуляции гликоля. Возможно использовать оба цикла или только один из них, в зависимости от требуемой температуры и относительной влажности сушильного агента. При отключении одного из циклов гликоля на щите управления, необходимо также перекрыть поток в неиспользуемом цикле задвижками 2 или 3.

Датчики температуры и влажности воздуха ТТ1, 2, 3 и МТ1, 2, 3 снимают показания на выходе из сушильной камеры, на входе в камеру и на выходе из испарителя соответственно. Эти датчики передают показания на ПК для возможности контроля оператором и не участвуют в системе управления. На основании показаний этих датчиков оператор делает выводы о ходе процесса сушки.

Схема системы охлаждения представлена на рис. 3.

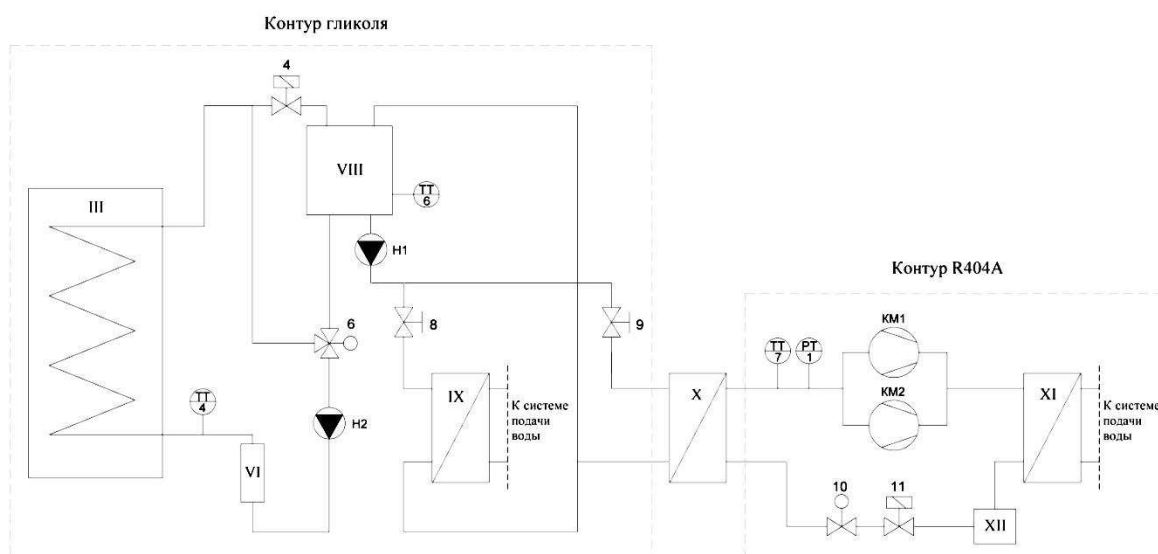


Рисунок 3 – Схема системы охлаждения

В системе охлаждения используются два одинаковых контура циркуляции гликоля из накопительного танка (VIII) в два одинаковых испарителя, находящиеся в одном корпусе (III). Возможно использовать оба контура или только один из них, в зависимости от требуемой температуры и относительной влажности сушильного агента. При выборе оператором первого, второго или обоих контуров на щите управления, срабатывают соленоидные вентили 4, 5, открывая ток гликоля в выбранном контуре.

С выхода испарителя (III) нагретый воздухом гликоль следует в накопительный танк (VIII), где смешивается с гликолем более низкой температуры. Холодный гликоль из накопительного танка поступает в испаритель, проходя через электрические нагревательные элементы (VI, VII). Управляющие сигналы на электрические нагревательные элементы приходят с щита управления, на основе сравнения показаний датчиков температуры гликоля на входе в испарители ТТ4 и ТТ5, и заданных оператором температур для контуров гликоля.

Трехходовые клапаны с электроприводом 6, 7 осуществляют подачу отработанного гликоля на вход испарителя для регулировки температуры гликоля. Управляющие сигналы на клапаны 6, 7 приходят с щита управления.

Циркуляция гликоля осуществляется посредством циркуляционных насосов Н2, Н3.

Циркуляция гликоля из накопителя к теплообменникам для его последующего охлаждения осуществляется посредством циркуляционного насоса Н1.

При положительном диапазоне температур сушильного агента предполагается использование водяного охлаждения гликоля. В этом случае должен быть открыт вентиль 8 на подачу гликоля из накопителя в теплообменник с водой (IX) из системы водоснабжения здания.

При низких и отрицательных температурах сушильного агента для охлаждения гликоля используется холодильный агент R404A. В этом случае должен быть открыт вентиль 9 на подачу гликоля из накопителя в теплообменник с холодильным агентом R404A (X).

R404A в жидком и газообразном состояниях поступает в теплообменник с гликолем (X). Температура гликоля равна температуре кипения R404A. Холодильный агент R404A начинает кипеть и часть его переходит в газообразное состояние. В газообразном состоянии холодильный агент поступает в компрессоры КМ1 и КМ2. Поршни компрессоров сжимают газ, увеличи-

вая давление и температуру, сжатый газ следует в теплообменник с водой (XI), где происходит конденсация холодильного агента, и он полностью переходит в жидкую фазу. Жидкий холодильный агент накапливается в резервуаре (XII), из которого происходит подача R404A к электронному расширительному вентилю 10.

Положение вентиля 10 регулируется сигналами с щита управления в зависимости от показаний датчиков ТТ7 и РТ1, измеряющих температуру и давление холодильного агента на выходе из теплообменника с гликолем (X).

Соленоидный вентиль 11 открывает ток в контуре холодильного агента R404A, срабатывает вместе с включением работы компрессоров на щите управления.

Один процесс сушки может занимать несколько дней, и оператору необходимо постоянно контролировать показания датчиков температуры и влажности воздуха ТТ1, 2, 3 и МТ1, 2, 3, так как в зависимости от изменения этих показаний оператор корректирует управляющее воздействие на щите управления.

Проанализировав существующую систему управления, сделан вывод о целесообразности внедрения программного управления посредством SCADA-системы. Это существенно упростит работу оператора, а также даст возможность в реальном времени строить кривые кинетики сушки и архивировать полученные данные.

Библиографический список

1. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М. : Энергия, 1972. 320 с.

Сравнение по быстродействию режимов работы ЭВМ и контроллера в составе адаптивной системы управления

Потапов Н. С., Маслов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. В статье рассматриваются схемы взаимосвязи между контроллером и ЭВМ, задействованные в процессе разработки адаптивной системы. Проводится сравнительный анализ данных схем по шагу квантования процесса как критерию быстродействия.

Abstract. This paper reviews computer-controller interconnection layouts that are utilized in adaptive system design. Comparative study of the layouts based on sampling time as performance criteria is provided.

Ключевые слова: адаптивная система, электронно-вычислительная машина, контроллер, быстродействие, шаг квантования.

Key words: adaptive system, electronic computing machine, controller, performance, sampling time.

В рамках диссертационной научно-исследовательской работы на базе кафедры автоматики и вычислительной техники разрабатывается комбинированная адаптивная система управления (КАдСУ), схема которой представлена на рис. 1. С технической точки зрения система состоит из следующих компонентов:

– Лабораторный стенд "АСР частоты вращения двигателя постоянного тока" – самостоятельная система с настраиваемой структурой, позволяющая осуществлять как внутреннее управление объектом (через встроенный ПИД-регулятор), так и внешнее управление (от контроллера);

– Контроллер i7188EXD – программируемая микропроцессорная система со встроенной платой ввода-вывода, осуществляющая связь между АСР и ПК (передача информации об объекте от АСР, выработка управляющего сигнала от ПК с математическими преобразованиями);

– IBM-совместимый компьютер с операционной системой MS Windows XP – система с установленной на ней программой управления КАдСУ.

Ориентированная на расширение имеющейся лабораторной базы, система формируется таким образом, что она позволяет осуществлять процессы

идентификации исследуемого процесса, оптимизации линейного ПИД-регулятора и управления объектом при помощи регулятора состояния [1].

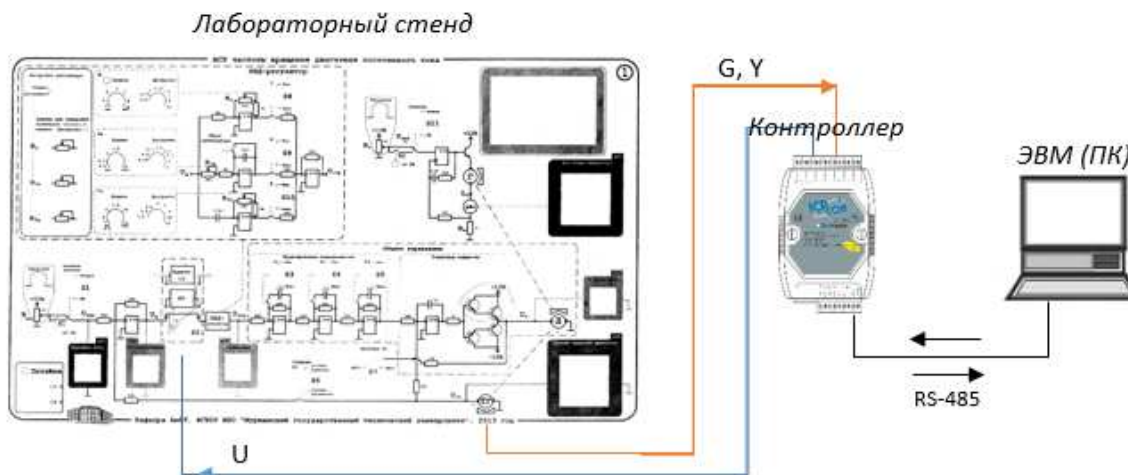


Рисунок 1 – Комбинированная адаптивная система управления

Особого внимания заслуживает взаимодействие компьютера и контроллера и распределение вычислительных мощностей между ними. В зависимости от этого контроллер в одном случае может выступать в роли измерительного прибора, отсылая информацию об объекте на компьютер для последующей обработки вне лабораторного стенда. В другом случае контроллер может принять расчеты наблюдателя и регулятора на себя, оставив для компьютера только функцию визуализации полученной информации.

При выборе режима взаимодействия между ЭВМ и контроллером для решения той или иной задачи важно придерживаться следующих принципов:

- связь между компонентами системы должна поддерживать определенный уровень быстродействия;
- связь между компонентами должна быть надежной;
- связь между компонентами не должна допускать приема ложных сообщений.

Реализация первого принципа на практике выражается в достижении минимально возможного шага квантования процесса. Достаточно малый шаг квантования позволяет системе охватить большой объем данных в определенный промежуток времени (например, 1 с). Это повышает нагрузку на вычислительную систему, однако результатом этого служит повышенная точность полученных данных и снижение искажений при идентификации и фильтрации выхода объекта.

Второй принцип подразумевает применение надежного промышленного протокола связи контроллера с ПК. В данном случае связь организована через интерфейс RS-485 (соединение через витую пару). Основной акцент делается на длине и качестве сигнальной линии, а также принимаются дополнительные меры по экранированию линии для подавления высокочастотных помех [2].

Третий принцип вытекает из второго и подразумевает обеспечение защиты от ложных сигналов и коллизий, которые в некоторых случаях могут вызвать сбой в управляющей программе контроллера или компьютера.

С учетом всего вышесказанного условно можно выделить три основных режима взаимодействия, используемых в разрабатываемой адаптивной системе:

- офлайн-режим с приоритетом ЭВМ;
- офлайн-режим с приоритетом контроллера;
- онлайн-режим (режим обмена в реальном времени) [3].

Рассмотрим каждый из этих режимов подробнее.

Схема офлайн-режима с приоритетом ЭВМ отображена на рис. 2.



Рисунок 2 – Схема офлайн-режима работы с приоритетом ЭВМ

На основе контроллера реализованы базовые функции, предназначение для чтения, преобразования и передачи данных с объекта управления. Сюда относятся функции приема-передачи, цифровой фильтрации и калибровки. Основные вычислительные операции протекают на ЭВМ, куда поступает массив данных от контроллера. В целом быстродействие процесса определяется промежутком времени от отправки посылки с настройками процесса на контроллер до отправки ответной посылки в конце одного шага квантования.

Для определения среднего шага квантования для рассматриваемой был проведен опыт по идентификации процесса длительностью 10 с. Скорость передачи по RS-485 составляла 115 200 бод (115,2 кбит/с), интервалы между шагами квантования измерялись при помощи встроенного в контроллер таймера. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

В среднем минимальный шаг квантования процесса, обеспечиваемый контроллером, составляет примерно 10 мс, что соответствует требованиям по быстродействию.

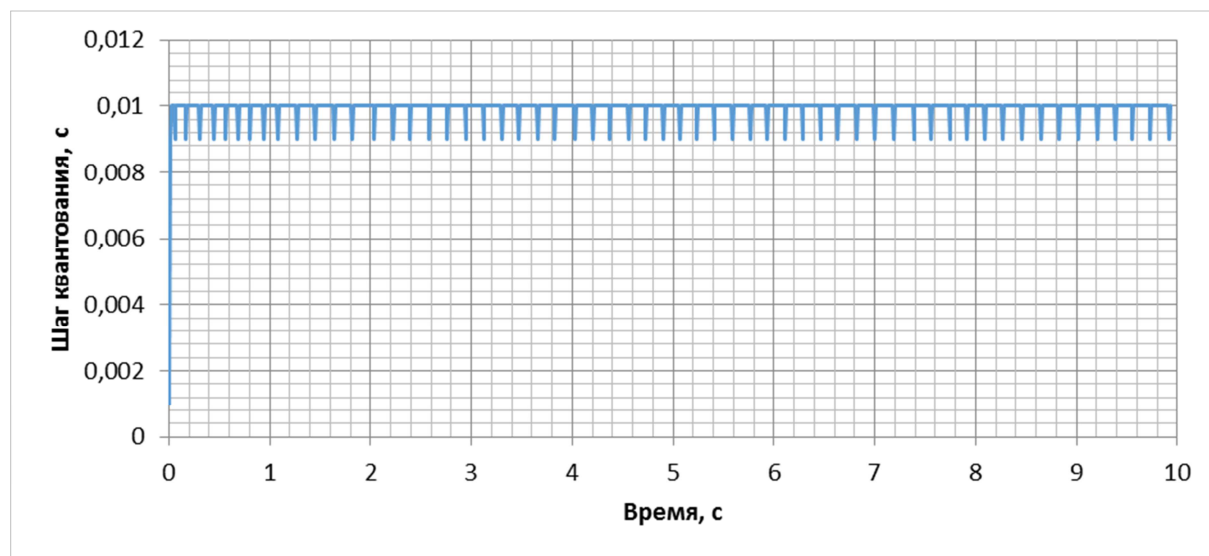


Рисунок 3 – График шага квантования для офлайн-режима работы с приоритетом ЭВМ

Офлайн-режим работы системы с приоритетом контроллера предполагает расчет информационных и управляющих сигналов на нижнем уровне системы (с непосредственным использованием информации от стенда). Данный подход применим в случае, когда требуется вычисление необходимых коэффициентов регулятора на месте. Схема применяется в контурах системы с линейным ПИД-регулятором и регулятором состояния. Схема офлайн-режима с приоритетом контроллера приведена на рис. 4.



Рисунок 4 – Схема офлайн-режима работы с приоритетом контроллера

Для исследуемого режима был проведен опыт по отработке регулятора состояния для переходного процесса длительностью 10 с. График изменения шага квантования процесса представлен на рис. 5.

Для рассматриваемого режима минимальный шаг квантования составляет 40 мс – примерно в 4 раза больше, чем в случае режима с приоритетом ЭВМ. Это обусловлено, в первую очередь, повышенной расчетной нагрузкой

на контроллер. Пики на графике в определенный момент времени обозначают ошибку при чтении посылки на соответствующем шаге квантования. В случае возникновения ошибки посылка может прийти в неполном виде (прийти в "разорванном" виде на две строки), из-за чего программа на ПК ее попросту проигнорирует. Чем выше пик шага квантования на графике, тем большее число шагов подряд было зарегистрировано с ошибкой.

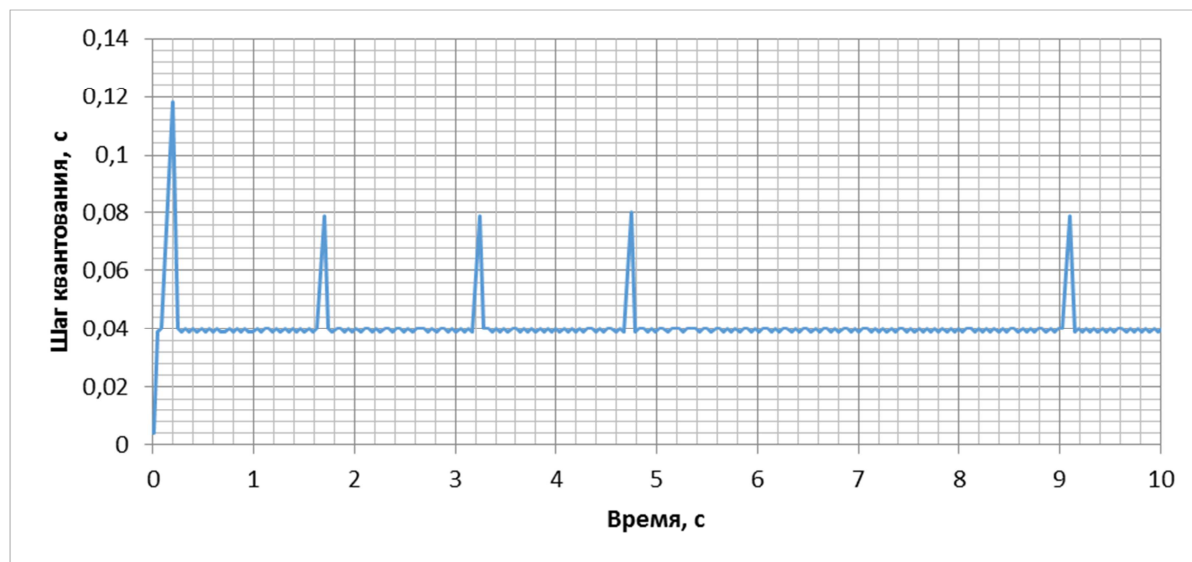


Рисунок 5 – График шага квантования для офлайн-режима работы с приоритетом контроллера

Вышеописанные методы имеют недостаток, выражающийся в том, что в них отсутствует возможность программного вмешательства со стороны оператора, которое может быть применимо при подстройке коэффициентов наблюдателя. Для решения этой проблемы был задействован онлайн-режим работы, который подразумевает собой обмен данными между компьютером и контроллером в режиме реального времени. Схема данного режима приведена на рис. 6.



Рисунок 6 – Схема онлайн-режима работы

Поскольку одновременная передача между устройствами через интерфейс RS-485 физически невозможна, предлагается распределить между ними право на передачу и определить порядок отправки сообщений по каналу. На примере регулятора состояния схема реализуется следующим образом:

- на первом шаге квантования ЭВМ подгружает в контроллер свойства процесса, модель объекта и желаемый характеристический полином;
- контроллер передает на ЭВМ данные по объекту: задающий сигнал, выходная величина, рассогласование;
- асимптотический наблюдатель на ЭВМ рассчитывает вектора состояний и передаются назад на контроллер;
- регулятор состояния на контроллере, используя значения полученных векторов, рассчитывает управляющий сигнал на текущем шаге;
- на последующих шагах квантования контроллером читается реакция объекта на изменения в управляющем сигнале.

Алгоритм реализован таким образом, что одно устройство, отправив посылку на другое устройство, переходит в режим ожидания до тех пор, пока не придет ответная посылка. Это позволяет избежать коллизий при обмене данными, однако любая ошибка потери информации (разрыв строки, как было описано выше) может привести к зависанию системы. В дальнейшем, если понадобится использовать онлайн-режим на практике, необходимо продумать меры по восстановлению информации.

Для исследуемого режима был проведен опыт по отработке регулятора состояния для переходного процесса длительностью 5 с. График изменения шага квантования процесса представлен на рис. 7.

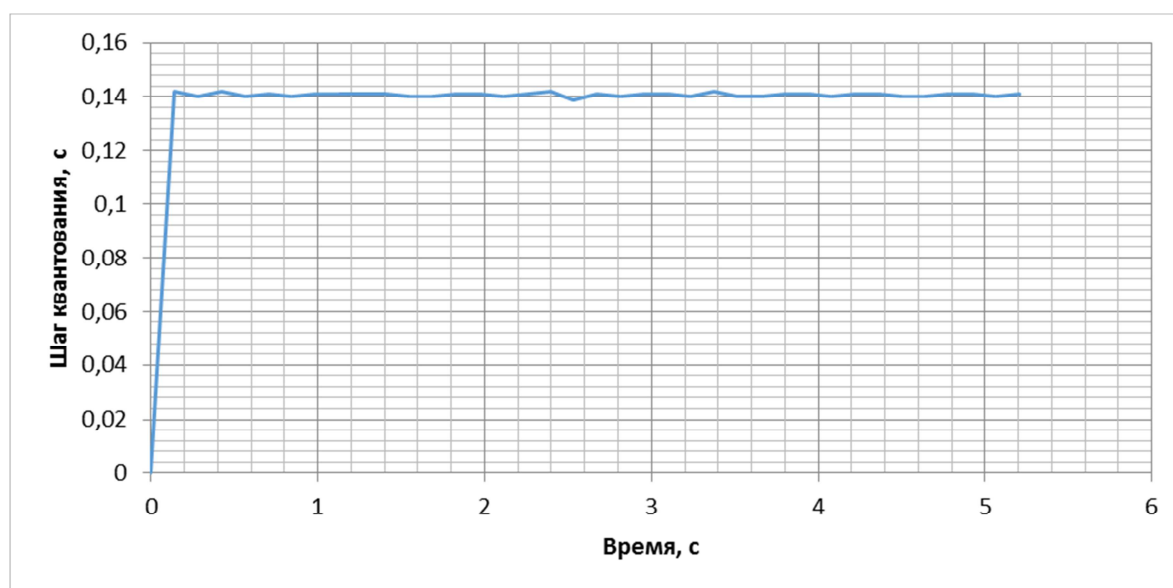


Рисунок 7 – График шага квантования для онлайн-режима работы

Средний шаг квантования по графику составляет 140 мс – наихудший показатель среди рассмотренных режимов. Кроме того, рассматриваемый процесс был приостановлен на отметке 5,205 с из-за ошибки потери информации, описанной выше.

Опираясь на результаты опытов, можно сделать вывод, что при практической реализации адаптивной системы управления оптимальным режимом работы ЭВМ и контроллера в плане быстродействия и надежности является офлайн-режим с приоритетом контроллера. В перспективе рассматривается возможность использования онлайн-режима работы после того, как будет решена проблема восстановления контекста.

Библиографический список

1. Маслов, А. А. Беспойсковая система идентификации динамических объектов [Текст] / А. А. Маслов, ЦНИИТЭИП. – М., 1985. – 11 с.

2. Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М. : Горячая линия – Телеком, 2014. – 608 с.

3. Маслов, А. А. Оптимальные и адаптивные системы управления [Текст] : Методические указания по курсам “Теория автоматического управления” и “Теория специальных систем управления” для специальности (направления) “Автоматизация технологических процессов и производств” / А. А. Маслов; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. – 35 с. : ил.

Контроль качества электрической энергии в электрических сетях

Ремезовский В. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Рассмотрены результаты контроля качества электрической энергии приборами Power (Metrel).

Abstract. The Considered results of the checking quality to electric energy instrument Power (Metrel).

Ключевые слова: качество, электрическая энергия, сети.

Key words: the quality, electric energy, network.

Недостаточное качество электроэнергии влияет на электромагнитную совместимость электрического оборудования и оборудования автоматизации на борту судна, в частности, гармонические составляющие напряжения по цепям питания должны иметь значение коэффициента K_u несинусоидальной кривой напряжения, не более 10 %, а фильтрация гармонических составляющих должна обеспечиваться специальными фильтрами.

Применение полупроводниковых преобразователей электрической энергии, мощность которых соизмерима с мощностью электроэнергетической системы судна, приводит к ухудшению качества электрической энергии, что оказывает влияние на работу судовых потребителей [1]. Поэтому проблема оценки качества электроэнергии на судах, выявления гармонического состава и разработка методов компенсации гармоник напряжения является актуальной.

Контроль качества электрической энергии на подстанциях торгового порта производился в процессе работы портовых кранов при погрузке угля. Точками подключения являлись стойки типовых подстанций, питающие оборудование кранов.

Испытания производились с помощью приборов Metrel 2592 и Metrel 2892, предназначенных для анализа качества электрической энергии и регистрации показателей качества электрической энергии (ПКЭ) одно- и трехфазных систем энергоснабжения. Особый интерес представляют испытания электрических сетей, преобразователей, оборудования стоек трансформаторных подстанций 0,4 кВ, питающих портовые краны с релейными преобразователями и преобразователей частотного управления мощным электроприводом.

Для примера рассмотрим типичные результаты испытаний на подстанции при работе портовых кранов типа Сокол-54 и Аист-21. В процессе испы-

таний производилась оценка качества электрической энергии в ограниченные временные интервалы, а также снимались кратковременные (мгновенные) параметры электрической сети.

На рис. 1 приведены сведения об изменении напряжения и тока фазы А крана Аист в течение 10 мин испытаний. Видно, что напряжение изменяется в пределах $U = 214\text{--}225\text{ В}$ в зависимости от величины мгновенного тока. Формы мгновенной функции напряжения и тока фазы А приведены на рис. 2: мгновенные значения напряжения описываются синусоидальной функцией, но мгновенный ток – несинусоидальная функция, т. е. наличие высших гармоник значительно (рис. 3).

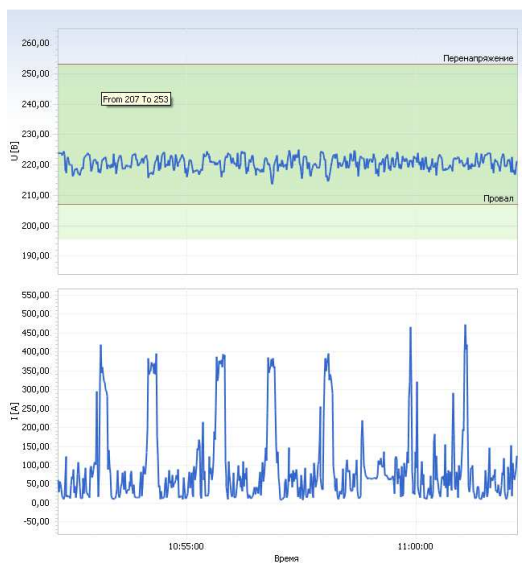


Рисунок 1 – Изменения функций напряжения и тока фазы А (кран Аист)

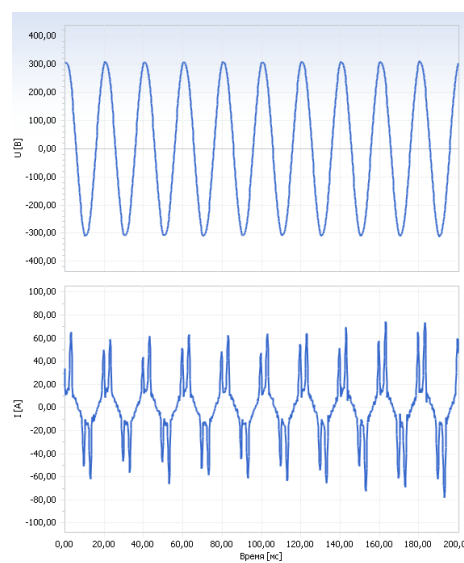


Рисунок 2 – Форма мгновенных напряжения и тока фазы А (кран Аист)

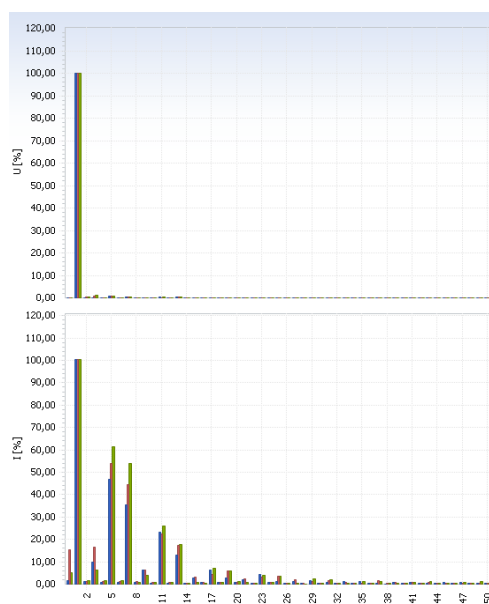


Рисунок 3 – Спектральный состав гармоник фаз А, В, С крана Аист

Коэффициент несинусоидальности напряжения $THD U$ фазы А не превышает 2,2 % (фаза В – 3,1 %, фаза С – 3,6 %); спектр гармоник напряжения содержит в основном 1 гармонику, а также 3-ю и 5-ю гармоники; спектр гармоник ток более обширен: имеются гармоники 5 (до 60 %), 7 (до 54 %), 9 (до 10 %), 11 (до 26 %), 13 (до 17 %).

Выводы

Качественный состав электрической энергии в распределительной сети в процессе работы портовых кранов определяется особенностью систем управления кранов и прерывистыми режимам оборудования.

В период работы кранов напряжение сети снижается, наблюдается провалы напряжения, связанные с возрастающей токовой нагрузкой.

На кранах, снабженных полупроводниковыми преобразователями, наблюдается повышенное содержание высших гармоник, наличие которых влияет на работу преобразователя отдельных кранов и имеющихся многочисленных датчиков ввиду проблем электромагнитной несовместимости.

Контроль качества электрической энергии кранов позволяет выдать рекомендации по улучшению гармонического состава.

Библиографический список

1. Романовский В. В., Лебедев В. И., Гостев А. Г., Качество электроэнергии гребных электрических установок судов ледового плавания и ледоколов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2014, № 6 (28). – С. 56–60.

Стенд для контроля параметров асинхронных двигателей

Ремезовский В. М., Мухалев В. А., Русов О. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Описан стенд для определения параметров асинхронных двигателей.

Abstract. Described stand for the determination parameteres anisochronous engines.

Ключевые слова: стенд, параметры, асинхронный двигатель

Key words: stand, parameteres, anisochronous engines

После ремонта электрические машины подвергаются испытаниям с целью проверки работоспособности и соответствия их основных параметров нормативным требованиям. ГОСТ Р 53472-2009 устанавливает перечень испытаний, в том числе: определение тока и потерь холостого хода; определение тока и потерь короткого замыкания, начального пускового-вращающего момента и начального пускового тока; определение рабочих характеристик, коэффициента полезного действия, коэффициентов мощности и скольжения и другие. Известны различные стенды для исследования и испытания электроприводов [1–4].

Устройство определения параметров и рабочих характеристик асинхронного двигателя характеризуется тем, что при проведении опыта короткого замыкания не затормаживается ротор двигателя. Вместо затормаживания ротора, производится пуск двигателя при пониженном напряжении, равном напряжению опыта короткого замыкания и по результатам испытаний рассчитываются параметры АД.

Строение предлагаемого устройства поясняется чертежом (рис. 1), на котором показана структурная схема предлагаемого автоматизированного стенда для исследования и испытания электроприводов. Цифрами на чертеже обозначены:

- блок № 1 – персональный компьютер;
- блок №2 – устройство связи с объектом;
- блок № 3 – система импульсно фазового управления (СИФУ) коммутатором переменного напряжения;

- блок № 4 – драйвер, соединяющий СИФУ с коммутатором переменного напряжения;
- блок № 5 – коммутатор переменного напряжения;
- блок № 6 – три измерительных датчика напряжения, три датчика тока и измерительный трансформатор;
- К1 – автоматический выключатель.

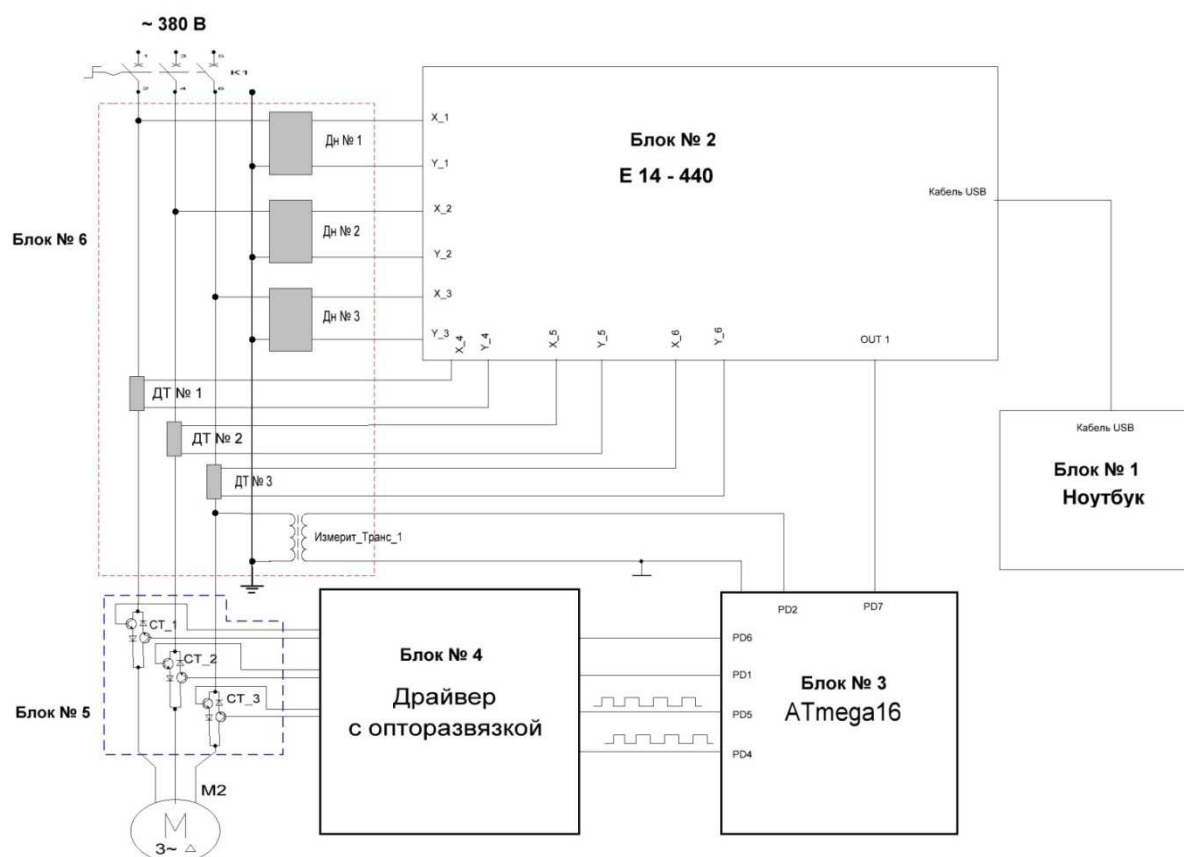


Рисунок 1 – Стенд послеремонтных испытаний асинхронных двигателей

Блок № 1 имеет программное обеспечение (ПО) установленное на ПК, написано в среде *Visual Studio* в среде *Windows XP*. ПО на ПК управляет работой блока № 2 который осуществляет сбор аналоговой информации с блока № 6. ПК даёт команды через Блок №2 на запуск блок №5 ПО осуществляет обработку полученной информации, отображает её на мониторе и сохраняет на жёстком диске (при необходимости).

Измерительный блок № 2 включает в себя модуль *E14-440*, который является программно-аппаратным устройством для использования со стандартной последовательной шиной *USB*, предназначенным для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации.

Блок № 3 состоит из микроконтроллера Atmega16. Осуществляет пофазное подключение обмоток, чтобы устранить аperiodическую составляющую (тогда не возникают и ударные знакопеременные моменты). Сначала подключаются обмотки к U_a и U_b , а потом через 90° – обмотка подключается к U_c . Программа, написанная на языке Си в интегрированной среде *AVR Studio*, начинает работать по команде от блока № 2 и при поступлении синхронизирующего сигнала из блок № 6 (от измерительного трансформатора Тр-1).

Блок № 4 представляет собой драйвер, обеспечивающий усиление сигналов управления поступающих из блок № 3 (Atmega16) и передающий их в блок № 5. Блок осуществляет гальваническую развязку силовых цепей от цепей управления.

Блок № 5 – коммутатор переменного напряжения – состоит из шести силовых транзисторов *IGBT* (45 А, 1200 В) с *RC*-цепочками от перенапряжений.

В блоке № 6 находятся три измерительных датчика (на эффекте Холла) напряжения, три датчика тока (на эффекте Холла) и измерительный трансформатор, которые предназначены для сбора информации во всех трёх фазах. Выходы трансформаторов согласованы с входами АЦП блока № 2.

Разработана программа для рабочего места оператора, позволяющая в автоматическом режиме производить заданные операции и контролировать параметры исследуемого двигателя.

Библиографический список

1. Патент на изобретение RU № 2442995, МПК G01R 31/34, 20.02.2012.
2. Жерве Г. К. Промышленные испытания электрических машин. – Л. : Энергоиздат, Ленинградское отд-е, 1984. С. 384–385.
3. Патент на полезную модель РФ №80018, кл. G01R 31/04, 2008 г.
4. Родькин Д. И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. М. : "Недра", 1992, С. 159–160.

Стенд для исследования преобразователя частоты

Ремезовский В. М., Борисов Д. А., Иванов А. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Описана действующая модель преобразователя частоты для исследования его режимов работы.

Abstract. The current model of a frequency converter is described for the study of its operating modes.

Ключевые слова: стенд, параметры, асинхронный двигатель, преобразователь частоты (ПЧ).

Key words: stand, parameteres, anisochronous engines, frequency converter.

В связи с увеличением использования преобразователей частоты в промышленности и их высокой стоимостью на кафедре разрабатывается стенд для исследования статических характеристик, регулировочных свойств и энергетики режимов работы асинхронного двигателя, получающего питание от преобразователя частоты (рис. 1, 2).

В прошлом сдерживающим фактором в производстве ПЧ являлись:

- плохие характеристики транзисторов, диодов, конденсаторов;
- микроконтроллеры могли обрабатывать небольшие объёмы информации с низкой скоростью, точность была небольшая;
- программы приходилось писать в машинных кодах или на ассемблере, для этого нужны были профессиональные программисты.

В настоящее время зарубежные и отечественные фирмы выпускают:

- качественные транзисторы, диоды, конденсаторы;
- 32 разрядные специализированные микроконтроллеры для ПЧ;
- современные среды программирования позволяют писать программы на C++ , а также в среде визуального программирования на уровне блок-схем;
- программы, позволяющие производить тепловые расчёты силовых схем, с последующим выбором транзисторов, тиристоров, диодов и радиаторов к ним (например, с помощью программы SEMISEL фирмы Semikron);
- программы по выбору драйверов управления транзисторами (программа DRIVERSEL автоматического выбора драйверов фирмы Semikron).

Сборка и компоновка современных ПЧ осуществляется из отдельных блоков по принципу модульности. Наблюдается постоянное снижение цен на комплектующие.

Исходя из выше перечисленного, значительно упрощается разработка ПЧ мощностью от 1 до 5 кВт. Количество асинхронных двигателей такой мощности составляет 70 % от общего числа двигателей.

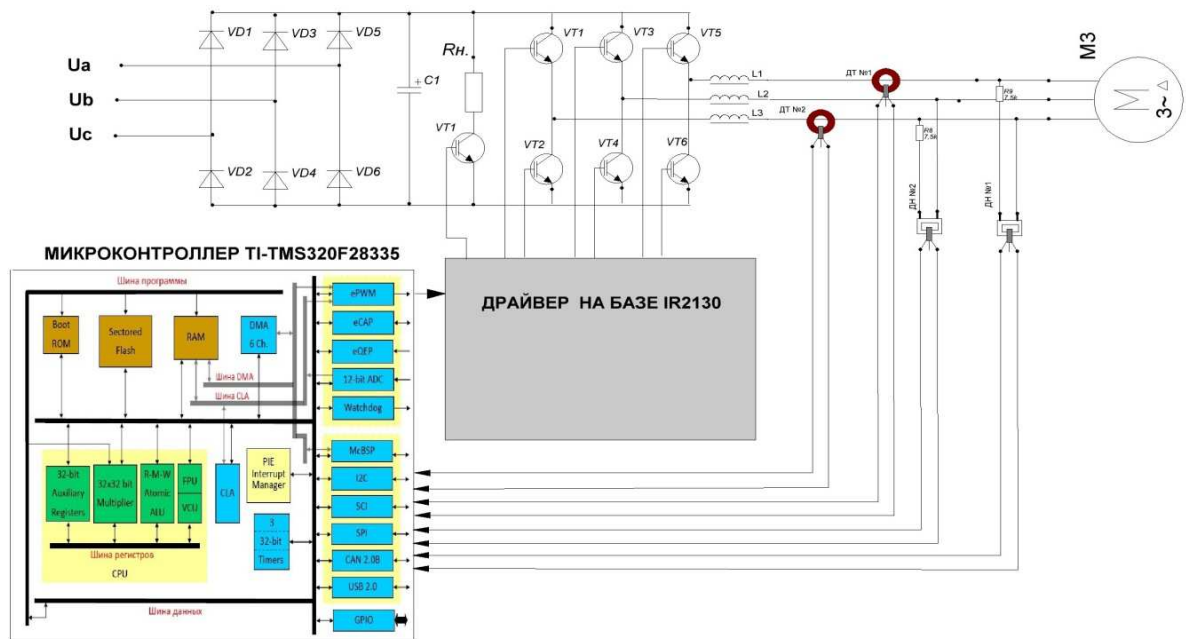


Рисунок 1. – Принципиальная электрическая схема стенда

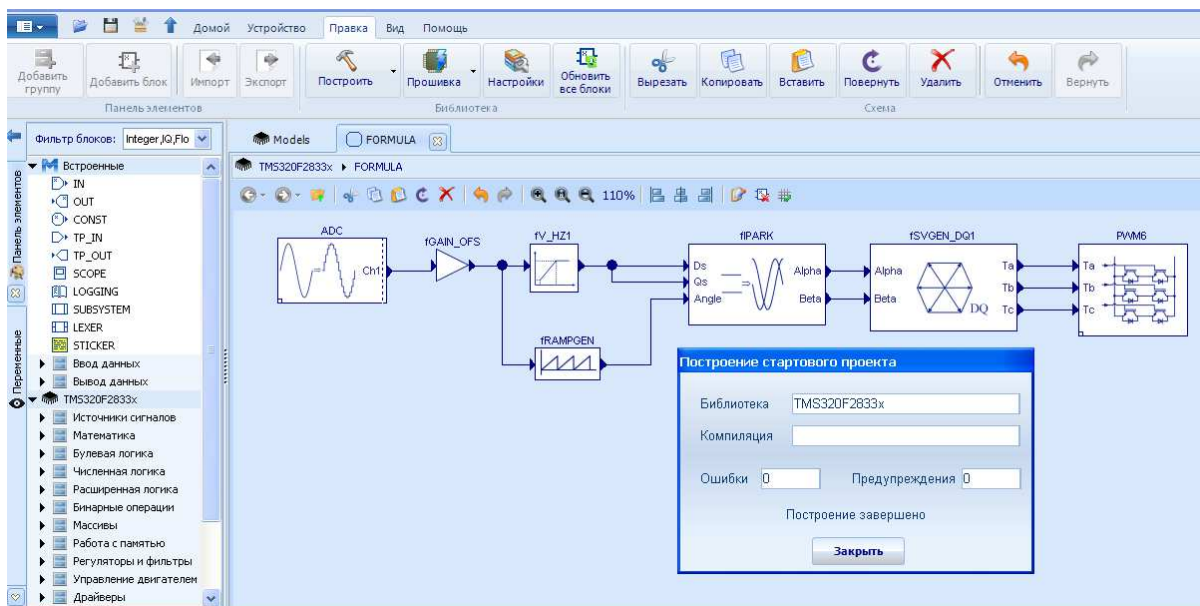


Рисунок 2. – Программа скалярной системы управления асинхронным двигателем

На данном этапе проверяется работа следующих составляющих макета:

- модуль TE-TMS320F28335;
- драйвер на базе IR2110;
- силовой блок из транзисторов IRF740;
- датчиков тока и напряжения на базе датчиков холла CSLW6B40 и CSLA1CD.

Программное обеспечение разрабатывалось в среде MexBIOS, которая предназначена для инженеров не обладающих навыками программирования на C++ и C.

Программа после компиляции при отсутствии ошибок загружается во флэш-память микроконтроллера и после этого ПЧ может работать.

Встраиваемый модуль TE-TMS320F28335 на базе 32-разрядного сигнального микроконтроллера TMS320F28335 Delfino, имеющего в составе ядра сопроцессор арифметики с плавающей точкой. Модуль включает микроконтроллер TMS320F28335, мост USB-UART, интерфейсы RS-485 и CAN, внешнюю SPI флэш-память, отладочный разъем JTAG. Отличительными особенностями микроконтроллера TMS320F28335 являются: ядро C28x+FPU с тактовой частотой 150 МГц и сопроцессором арифметики с плавающей точкой, 512 Кбайт флэш-памяти программ, 68 Кбайт RAM-памяти, 12-разрядный АЦП (16 каналов), 3x UART, SPI, I2C, 2x CAN, блок ШИМ.

Примечание: при записи во флэш-память исчезновение питания может привести к записи случайных чисел в Code Security Password (Пароль доступа к коду) и заблокировать работу микроконтроллера.

Библиографический список

1. <http://www.ti.com>
2. Гусев Н., Каракулов А., Родионов Г. Delfino™ и студия MexBIOS ускоряют разработку промышленных систем 2011 г.
3. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Хрестоматия энергосбережения : справочник в 2 кн. Кн. 1 / Под ред. В. Г. Лисиенко. – М. : Теплоэнергетик, 2003. – 688 с.

Расчет механической характеристики ненагруженного асинхронного электродвигателя без измерения его электрических параметров

Саватеев Д. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: savateevda@mstu.edu.ru)

Аннотация. Представляются результаты работы по разработке аппаратно-программного комплекса для определения электромагнитного момента асинхронного электродвигателя методом пуска.

Abstract. The results of hardware-software facility for electromagnetic torque of asynchronous motor estimation development are presented.

Ключевые слова: определение электромагнитного момента методом пуска ненагруженного асинхронного электродвигателя, применение оптического датчика для измерения ускорения вала.

Key words: electromagnetic torque estimation by the method of unloaded asynchronous motor start, optical sensor usage for the shaft acceleration measurement.

Целью исследования, первичные результаты которого публикуются в данной работе, являлось изучение возможности практической реализации метода испытаний электрических машин переменного тока посредством пуска ненагруженного испытываемого двигателя, изложенного в 11 разделе ГОСТ 11828-86. Для того чтобы результаты исследования с наибольшей вероятностью могли найти практическое применение, одним из условий реализации испытательной методики стало отсутствие механического сопряжения вала испытываемого электродвигателя и датчика устройства сбора первичной информации о движении вала. Кроме этого мобильность датчика была необходима для обеспечения возможности сравнения результатов испытаний методом пуска ненагруженного двигателя с результатами испытаний практикуемыми методами, а также для того, чтобы это сравнение могло быть произведено в отношении ряда двигателей. Способ монтажа применяемого для решения подобных задач инкрементального энкодера не удовлетворял поставленному условию, поэтому в качестве первичного датчика был выбран оптический датчик линии. В ходе проведения опытов были проверены датчики двух видов: простейший, включающий пару светодиод – фототранзистор с токоограничивающими сопротивлениями, и датчик, снабженный, помимо чув-

ствительного узла, узлами сравнения, настройки и сигнализации. Поскольку сигнал, снимаемый с датчика, впоследствии обрабатывался с использованием компьютерной программы, тип датчика принципиального значения не имел, и удовлетворительные результаты были получены при использовании самого простого датчика. В качестве отражающей поверхности, сканируемой датчиком, применялась белая бумажная лента с нанесенными на нее с шагом 5 мм линиями черного цвета шириной 3 мм.

На рис. 1 представлена схема установки. На ней изображены: персональный компьютер (ПК), устройство связи с объектом (УСО), в качестве которого использовалась плата сбора данных E14-440 производителя L-Card и датчик линии (ДЛ).

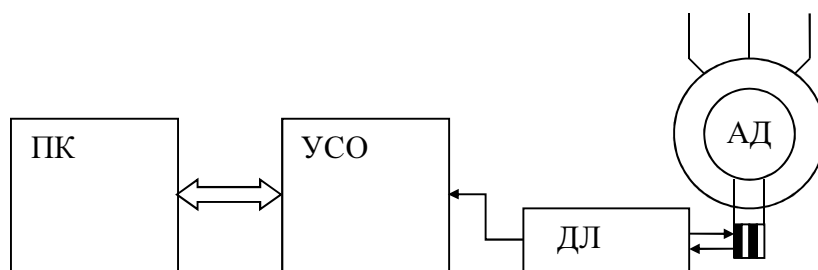


Рисунок 1 – Схема установки

Было применено программное обеспечение (ПО) двух условных типов: первичное, для непосредственной настройки и управления УСО, и вторичное, для обработки собранных данных и создания пользовательского интерфейса. Первичное ПО – входящий в комплект поставки платы E14-440 файл ReadData, написанный на языке C++, который был незначительно доработан в целях его адаптации к формату MEX-файла MATLAB. Изменения касались хранения данных, собранных УСО: в исходном файле данные сохранялись в файл, после преобразования они представлялись одномерным массивом в рабочей области функции MATLAB. Преобразованный файл C++ был скомпилирован в динамическую библиотеку MATLAB с расширением mexw32. Вторичное ПО разрабатывалось с использованием языка MATLAB. На рис. 2 представлен интерфейс программы сбора и обработки данных с промежуточными результатами исследования электродвигателя АОЛ2-21-4. В нижних координатных осях изображен график зависимости напряжения, снимаемого с датчика, от времени, в верхних – зависимость частоты вращения от времени, полученная в результате программной обработки сигнала с ДЛ. Для снижения влияния апериодической составляющей тока на пусковой мо-

мент, в соответствии с рекомендацией ГОСТ 11828-86, перед включением двигателя в сеть его ротор был разогнан в противоположную сторону.

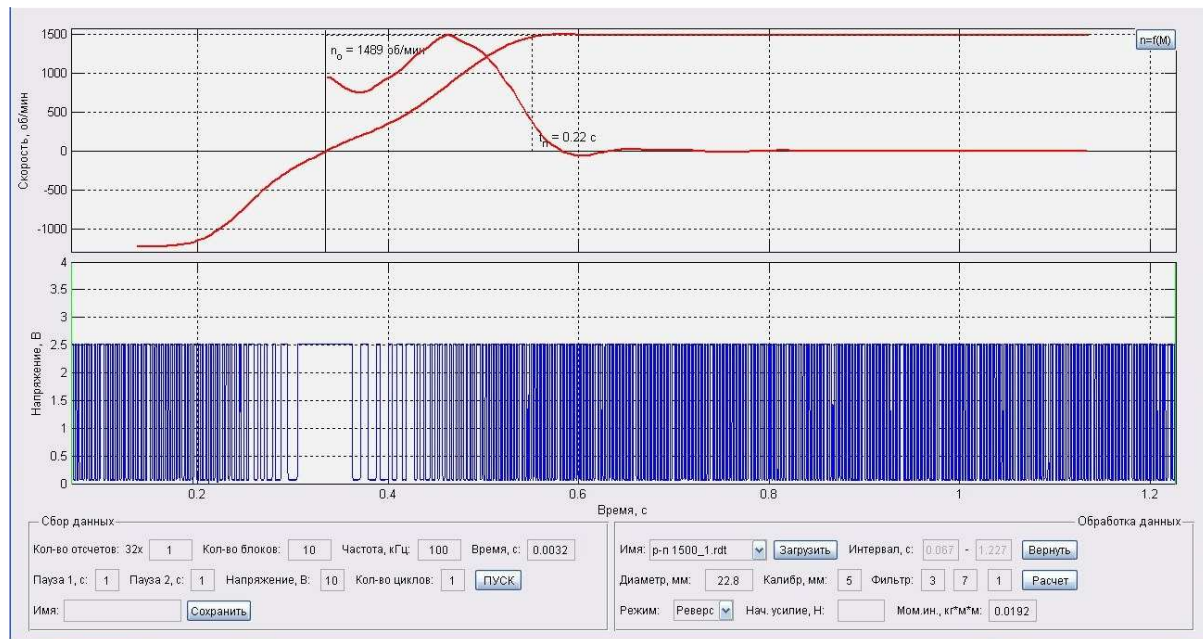


Рисунок 2 – Интерфейс программы для сбора и обработки данных

Для сглаживания пульсаций частоты вращения было применено усреднение полученных данных, производимое последовательно на неравномерной и равномерной временной сетке. При усреднении на неравномерной сетке размер выборки для определения среднего арифметического изменялся обратно пропорционально размеру временного интервала, для которого определялась частота вращения. Округленное отношение первого, следующего за моментом перехода частоты вращения через ноль, временного интервала к текущему временному интервалу

$$m_i = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_i} \quad (1)$$

было использовано в формуле среднего значения:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{2m_i+1} \sum_{j=1}^{2m_i+1} X_{i+j-(m_i+1)} \quad (2)$$

После усреднения значений частоты вращения по формуле (2) была произведена линейная интерполяция данных на равномерной сетке с последующим усреднением значений в пределах выборки неизменного размера. Время пуска электродвигателя определялось как время вхождения координаты в зону 2 %-й ошибки.

Дифференцированием полученной кривой был выделен динамический момент:

$$M_{\text{дин}} = \frac{2\pi}{60} J \frac{dn}{dt} \quad (3)$$

и построена характеристика в координатах $M_{\text{дин}} - n$ (рис. 3).

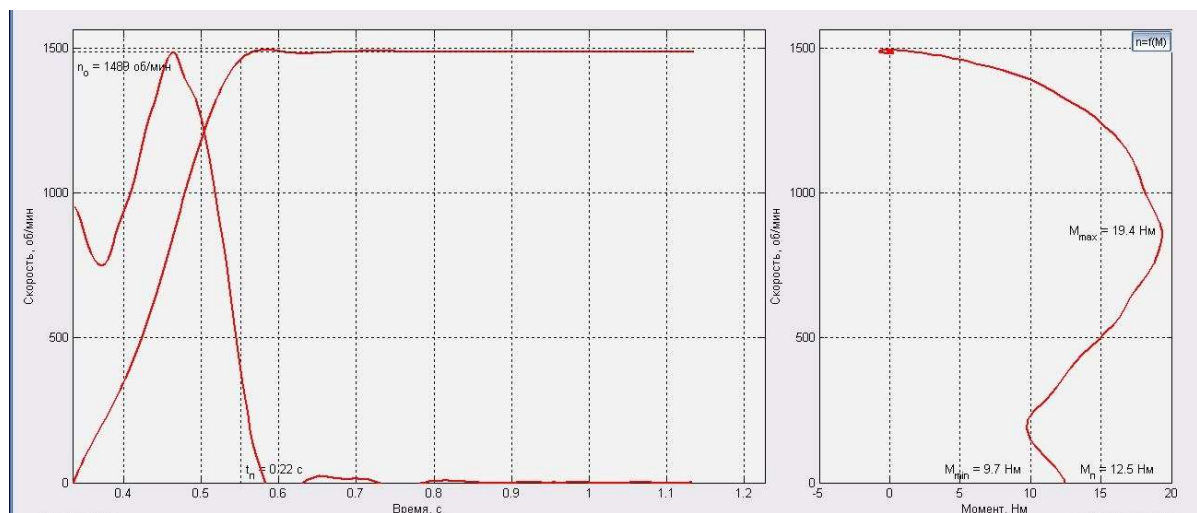


Рисунок 3 – Зависимости частоты вращения и момента от времени (графики слева) и зависимость частоты вращения от динамического момента (график справа)

Как следует из формулы (3), для вычисления значений динамического момента необходимо располагать значением момента инерции вращающихся масс. В этой связи представляет интерес использование разработанной установки для определения момента инерции. Помимо момента инерции, для получения зависимости электромагнитного момента от частоты вращения в соответствии с формулой

$$M = M_{\text{дин}} - M_{\text{хх}} \quad (4)$$

требуется получение зависимости момента холостого хода от частоты вращения.

В рамках выполнявшейся работы момент инерции J и момент холостого хода $M_{\text{хх}} = f(n)$ были получены из опыта свободного выбега, проведенного с использованием разработанной установки. На рис. 4 представлен фрагмент графического интерфейса с выведенными в него графиком сигнала с датчика и построенной на его основе зависимости частоты вращения от времени.

Расчет момента инерции методом самоторможения производился на основе СТ СЭВ 295-76. На рис. 5 показана зависимость частоты вращения от мо-

мента холостого хода, сложением которой с кривой динамического момента был получен искомый электромагнитный момент электродвигателя.

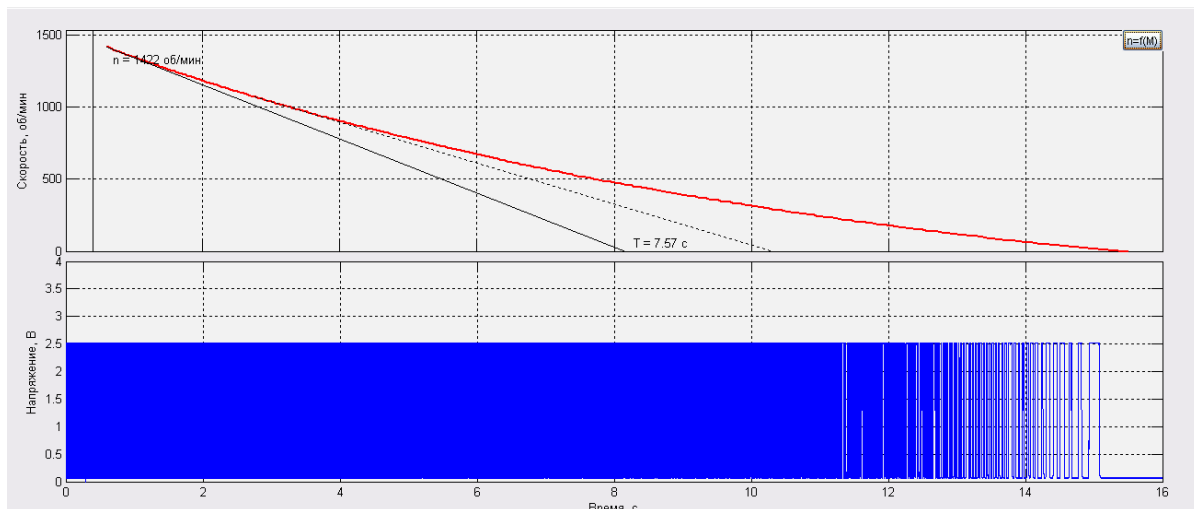


Рисунок 4 – Первичная обработка данных, полученных при выбеге электродвигателя

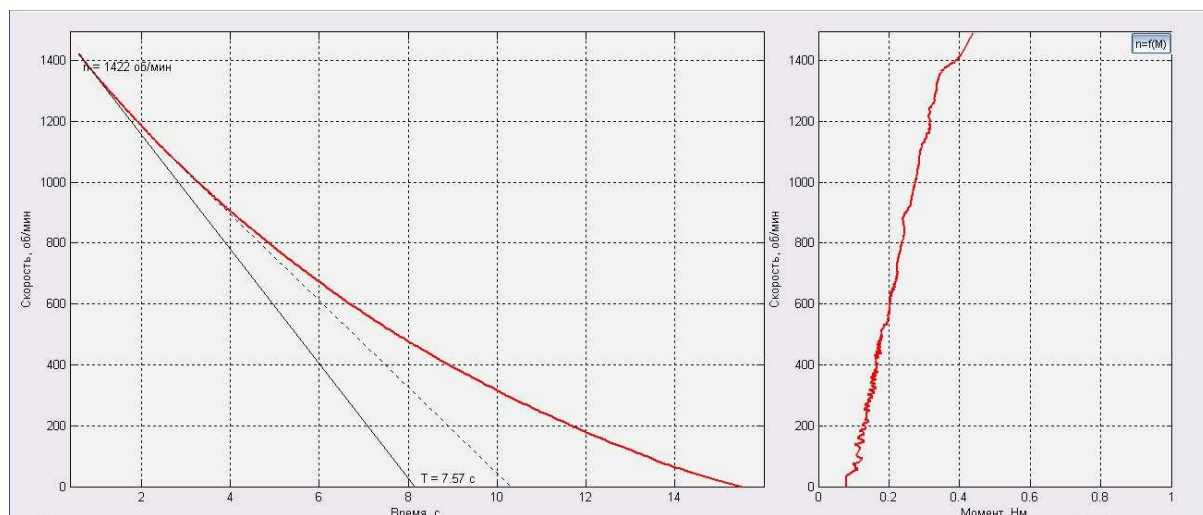


Рисунок 5 – Механическая характеристика нагрузки холостого хода

Заключение

С учетом положений ГОСТ разработан и апробирован аппаратно-программный комплекс, позволяющий испытывать асинхронный двигатель методом пуска. Особенностью установки является то, что в качестве чувствительного элемента, снимающего информацию о движении вала, был использован оптический датчик.

Разработка программного обеспечения для оптимизации этапа предварительного подбора режимов стерилизации консервов из гидробионтов

Столянов А. В., Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике и вычислительной техники, e-mail: ptfaivt@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описано программное обеспечение, используемое на этапе предварительного подбора режимов стерилизации консервов из гидробионтов. Рассмотрены основные функции программы. В конце статьи представлены планы по совершенствованию существующего программного продукта.

Abstract. The software used on the preliminary selection stage of sterilization regimes for canned food from hydrobionts is described. The main functions of the program are considered. Plans for improving the existing software product are presented.

Ключевые слова: стерилизация, программное обеспечение, модель продукта.

Key words: sterilization, software, product model.

Разработка новых режимов тепловой стерилизации консервной продукции из гидробионтов – одна из важных задач рыбной промышленности России. Однако, процесс разработки режима стерилизации консервов является достаточно длительным и трудоемким, поскольку состоит из следующих этапов:

- предварительный подбор режима;
- лабораторное испытание;
- производственная проверка;
- оформление;
- согласование;
- представление на утверждение.

Наиболее продолжительным этапом при разработке режима стерилизации является этап предварительного подбора режима. На данном этапе необходимо выбрать тест-микроорганизм и определить его термоустойчивость, вычислить величину требуемой летальности, а также подобрать параметры предварительного режима.

Решение последней задачи является элементом, который значительно усложняет разработку режимов и требует больших материальных и энергетических затрат. Поэтому на кафедре автоматике и вычислительной техники

ФГБОУ ВО "МГТУ" было разработано программное обеспечение "Modeller", оптимизирующее затраты рабочего времени разработчика на этапе предварительного подбора режима стерилизации консервов из гидробионтов (рис. 1).

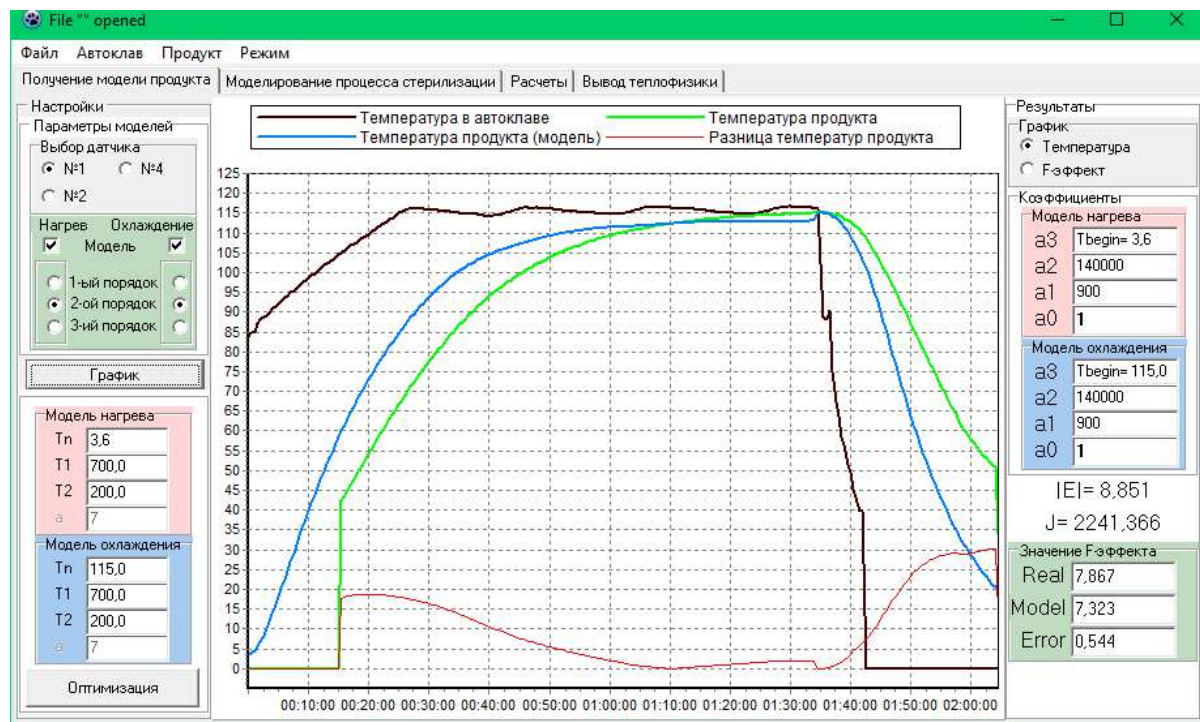


Рисунок 1 – Вкладка "Получение модели" с графиками температур

Полученное программное обеспечение позволяет:

- подбирать единую численную модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом, для всего процесса стерилизации консервов из экспериментальных данных;
- подбирать отдельную численную модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом, для этапов нагрева и собственно стерилизации;
- подбирать отдельную численную модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом, для этапа охлаждения;
- подбирать численную модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом, до третьего порядка включительно;
- использовать файл *.txt, экспортированный из программы ValSuite, для отрисовки профилей температур каждого из датчиков Ellab TrackSense PRO;
- выбирать необходимый датчик Ellab TrackSense PRO для создания численной модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом;

- отображать графики температур автоклава, реального и моделируемого теплового процесса в банке с продуктом и их невязки (рис. 1);
- выводить графики фактического стерилизующего эффекта (F-эффекта) реального и моделируемого теплового процесса в банке с продуктом и их отличие (рис. 2);

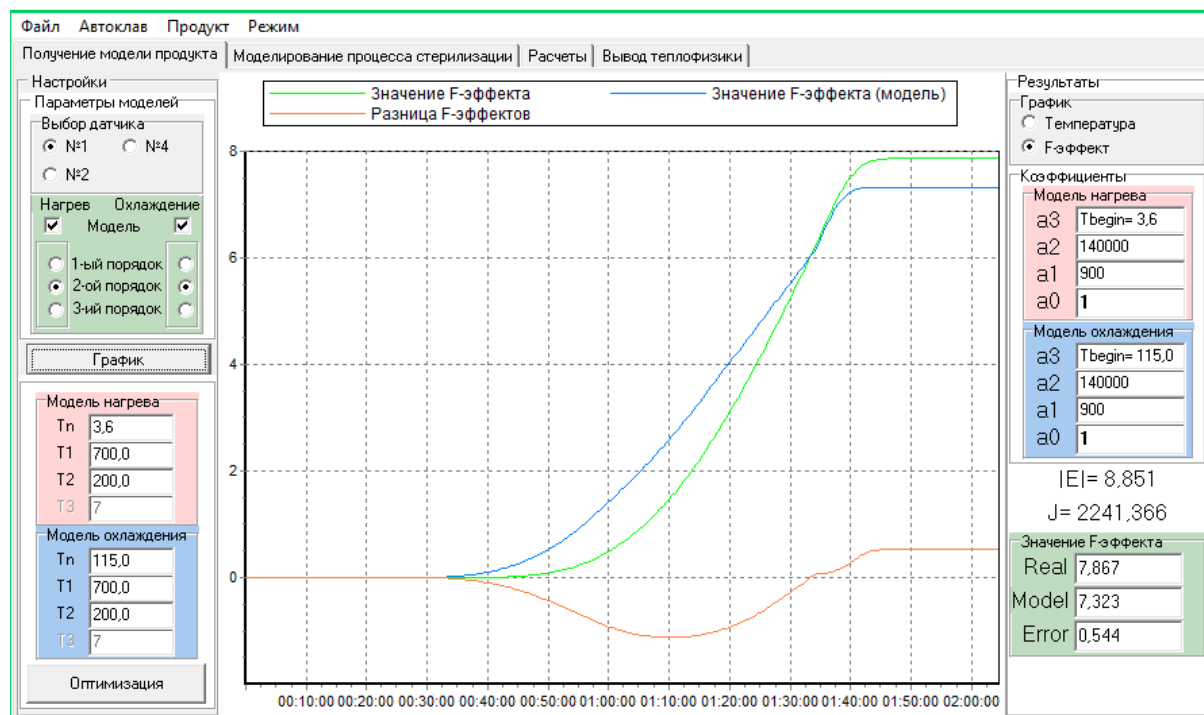


Рисунок 2 – Вкладка "Получение модели" с графиками F-эффекта

- вычислять коэффициенты знаменателя получаемой численной модель температурного процесса, происходящего в банке с продуктом;
- задавать начальные коэффициенты численной модели для дальнейшего подбора с помощью начальной температуры продукта при нагреве или охлаждении и определенного количества звеньев первого порядка (T_{p+1}) в зависимости от выбранного порядка модели;
- вычислять интегральную оценку J равную интегралу от суммы модуля рассогласования температур реального и моделируемого теплового процесса в банке с продуктом и модуля производной рассогласования тех же величин;
- сохранять полученные графики в формате *.jpeg;
- рассчитать среднеобъемное сохранение тиамин (в процентах от сто-процентного начального) для банки № 3 (рис. 3);

– вычислить F-эффект в пересчете на 100 °C (рис. 3).

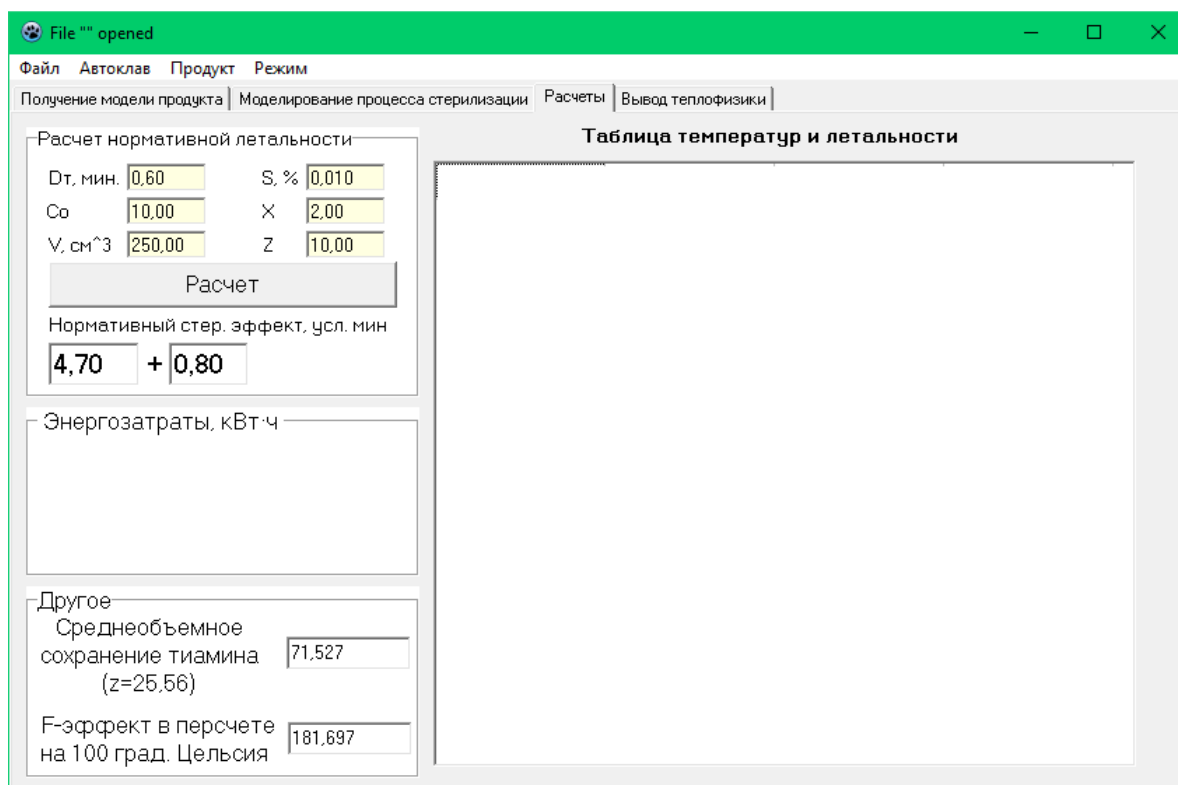


Рисунок 3 – Вкладка "Расчеты" программы "Modeller"

Использование этого незначительного набора функций программного обеспечения "Modeller" на этапе предварительного подбора режима стерилизации консервов из гидробионтов позволило сократить количество пробных автоклавоварок до 3–5. Это, в среднем, на 2 автоклавоварки меньше, чем необходимо согласно инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов.

В будущем авторами статьи планируется добавить в программное обеспечение следующий функционал:

- моделирование процесса стерилизации с использованием экспериментальных данных о профиле температуры автоклава;
- расчет других интегральных оценок;
- вычисление нормативного значения F-эффекта в зависимости от значения термоустойчивости выбранного тест-микроорганизма;
- моделирование любого вида режима стерилизации (традиционного, ступенчатого, модернизированного и переменного);
- расчет энергозатрат для выбранных параметров автоклава с учетом профиля температуры в стерилизационной камере для любого режима стерилизации;

– вывод значений текущей температуры и F-эффекта в табличном виде с заданным временным интервалом;

– создание документа о теплофизическом исследовании подобранного режима стерилизации по пяти пробным автоклавоваркам (учитываются суммарно реальные и моделируемые).

Совершенствование функционала программного обеспечения позволит в дальнейшем создать систему автоматизированного проектирования режимов стерилизации консервов из гидробионтов на этапе предварительного подбора режима и их оформления в виде таблицы с теплофизическими данными после лабораторных испытаний.

Библиографический список

1. 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 : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 24 – 27 марта 2015 г. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2015. – С. 59–63.

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

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

4. ГОСТ 30425-97 "Консервы. Метод определения промышленной стерильности". Дата переиздания: 02.08.2011.

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Информационная и функциональная надежность эргатической системы позиционирования бурового судна в заданной точке

Вивиорра С. И., Холичев С. Н., Шутов В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

Аннотация. Показано, что при позиционировании бурового судна в заданной точке, модель поведения оператора может быть описана нетривиальной булевой функцией с конечным числом информационных переменных. Вероятность выбор оператором правильного управления в эргатической системе позиционирования можно характеризовать вероятностью безотказной работы этой системы.

Abstract. It is shown that when positioning a drilling vessel at a given point, the behavior model of an operator can be described by a nontrivial Boolean function with a finite number of information variables. The probability that the operator chooses the correct control in the ergative positioning system can be characterized by the probability of failure-free operation of this system.

Ключевые слова: позиционирование судна, поведение оператора, вероятность выбор, управление.

Key words: Ship positioning, operator behavior, probability of choice, management.

Пусть при позиционировании бурового судна в заданной точке поведение оператора описывается нетривиальной булевой функцией n информационных переменных $f_d(z_1, z_2, \dots, z_n)$, причем наборы информационных переменных в сообщениях X_i ($i = 0, 1, \dots, 2^n - 1$), получаемых оператором образуют полное множество N с мощностью $|N| = 2^n$. Тогда в соответствии с обратным преобразованием f_M^{-1} множество N может быть разбито на два непустых и непересекающихся подмножества N_0 и N_1 , для которых имеют место следующие соотношения:

$$\begin{aligned} & "X_i \in N_1 \rightarrow f_M(X_i) = 1; "X_j \in N_0 \rightarrow f_M(X_j) = 0; \\ & N_0 \cup N_1 = N, N_0 \cap N_1 = \emptyset, N_0 \neq \emptyset, N_1 \neq \emptyset. \end{aligned}$$

Кроме того, для выделенных подмножеств N_0, N_1 справедливы утверждения

$$\begin{aligned} & ("X_j \in N_1^* \rightarrow f_i(X_j) = 1) \wedge ("X_j \in N_1^{**} \rightarrow f_i(X_j) = 0); \\ & ("X_j \in N_0^* \rightarrow f_i(X_j) = 1) \wedge ("X_j \in N_0^{**} \rightarrow f_i(X_j) = 0). \end{aligned}$$

где $N_1^* \subset N_1, N_1^{**} \subset N_1, N_1^* \cup N_1^{**} = N_1, N_1^* \cap N_1^{**} = \emptyset$ и $N_0^* \subset N_0, N_0^{**} \subset N_0, N_0^* \cup N_0^{**} = N_0, N_0^* \cap N_0^{**} = \emptyset$.

Введем дополнительные обозначения $N_\omega = N_l^* \cup N_0^*$ и $N_l = N_l^{**} \cup N_0^{**}$, причем $N_\omega \cup N_l = N$, $N_\omega \cap N_l = \emptyset$. Составленные множества N_ω и N_l имеют достаточно прозрачный физический смысл. Так N_ω является подмножеством входных навигационных данных, в котором информационный сбой эргатической системы позиционирования не возникает, а N_l является подмножеством входных навигационных данных, в котором информационный сбой эргатической системы позиционирования будет иметь место [1]. Тогда можно определить состояние "верно" функционирующего оператора, реализующего функцию $f_d(z_1, z_2, \dots, z_n)$, через A_d . При этом каждому сочетанию возможных информационных сбоев в эргатической системе позиционирования поставим в соответствие функциональное состояние $A_i \in B$ и реализуемую в этом состоянии функцию f_i ($i = 1, 2, \dots, m$), где m – мощность множества B функциональных состояний неверно сработавшего оператора.

В свою очередь каждое состояние A_i разбивает множество N на два подмножества:

$$\begin{aligned} A_1 - N_{1\omega} &= N_{1l}^* \cup N_{10}^*; N_{1l} = N_{1l}^{**} \cup N_{10}^{**} \\ \cdot & \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ A_m - N_{m\omega} &= N_{ml}^* \cup N_{m0}^*; N_{ml} = N_{ml}^{**} \cup N_{m0}^{**}. \end{aligned}$$

Тогда информационный сбой в эргатической системе позиционирования можно определить так:

$$("X_i \in N_\omega \rightarrow f_i(X_i) = f_M(X_i)) \wedge ("X_j \in N_0^{**} \rightarrow f_i(X_j) = 0),$$

а наличие неверного управления на выходе оператора, позиционирующего судно из-за этого сбоя можно определить так:

$$(\exists X_j \in N_l \rightarrow f_i(X_j) \neq 1) \vee (\exists X_j \in N_0 \rightarrow f_i(X_j) \neq 0).$$

Пусть рассматриваемая эргатическая система позиционирования судна в заданной точке является логически и структурно избыточной. Тогда эргатическая система позиционирования должна отвечать условию:

$$(\exists A_i \in B \rightarrow N_{il} \neq N) \wedge ("A \in B \rightarrow N_{il} \neq \emptyset), \quad (1)$$

а структурно избыточной эта система будет только тогда, когда будет выполняться условие:

$$\exists A_i \in B \rightarrow N_{il} = \emptyset.$$

В свою очередь условие логической и структурной избыточности определяет виды возможных информационных сбоев, которые могут происходить в эргатической системе позиционирования судна в заданной точке. Так, например, допустимо считать, что логически и структурно избыточная эргатическая система позиционирования судна будет обладать следующими информационными сбоями

$$\begin{aligned} & "X \in N \rightarrow f(X) \neq f(X), N = \emptyset, N = N, \\ & "X \in N \rightarrow f(X) \neq f(X), N = N N = \emptyset, \\ & (\exists X \in N \rightarrow f(X) = f(X)) \wedge (\exists X \in N \rightarrow f(X) \neq f(X)). \end{aligned}$$

Пусть далее функционально исправным состоянием структурно избыточной эргатической системы позиционирования судна является множество таких состояний, в каждом из которых число ошибок оператора будет меньше k , где $(k - 1)$ – число допустимых ошибочных докладов направляемых оператору. Тогда вероятность $P_u(t)$ функционально исправного состояния структурно избыточной эргатической системы позиционирования можно определить по известной формуле вида:

$$P_u(t) = P_K(t) \sum C_L^j P(t)^{L-j} [1 - P(t)]^j, \quad (2)$$

где L – число параллельно работающих "человеческих элементов" информационные выходы, которых соединены с оператором;

$P_K(t)$ – вероятность безотказной работы оператора (в дальнейшем будем считать, что $P_K(t) = 1$) [1].

Из формулы (1) следует, что каждый конкретный отказ в логически избыточной эргатической системе позиционирования приводит к искажению управления судном лишь на каком-то подмножестве входных наборов эксплуатационных сообщений. Ошибочное управление процессом позиционирования судна может возникнуть только тогда, когда j отказавших "человеческих элементов" одновременно искажают более чем $(k - 1)$ выходных сообщений оператору хотя бы на одном из входных наборов эксплуатационных сообщений. Множество состояний, соответствующее j отказавшим "человеческим элементам", обозначим M_j . Будем считать, что $A_j \in M_{j0}$, если при данных j отказах отсутствует искажение управляющих команд, поданных оператором и $A_j \in M_{j1}$, если такое искажение есть.

Очевидно, что $M_{j0} \cup M_{j1}, M_{j0} M_{j0} \cap M_{j1} = \emptyset$. Поэтому для любого $A_j \in M_j$ подмножество N_{jl} определяется в следующем виде:

$$N_{jl} = (N_{i(1),l} \cap N_{i(2),l} \cap \dots \cap N_{i(k),l}) \cup \dots \cup (N_{i(l-k),l} \cap \dots \cap N_{i(j),l},$$

где число объединений равно C_j^* , а $N_{i(j),l}$ ($k = 1, \dots, j$) – подмножества входных наборов эксплуатационных сообщений, на которых функции f_{ik} и f_d не совпадают. Для $j \geq k$ справедливо следующее отношение:

$$("A_j \in M_{j0} \rightarrow N_{jl} = \emptyset) \wedge ("A_j \in M_{j1} \rightarrow N_{jl} \neq \emptyset).$$

Вероятность правильного выходного управляющего действия оператора в структурно избыточной эргатической системе позиционирования в момент времени t равна:

$$I_t = P_{ut} + \sum_{A_j \in M_{j0}}^L [\sum P_t(A_j) + \sum_{A_j \in M_{j1}} P_t(A_j) [1 - \sum_{X_i \in N_{jl}} P(X_i, t)]].$$

Когда эргатическая система позиционирования логически не избыточна, то $M_{j0} = \emptyset$ и $N_{jl} = N$ для $A \in M_{j1}$, поэтому $I_t = P_{ut}$. Если же "человеческие элементы" входящие в состав коллектива, информационно поддерживающего оператора обладают логической избыточностью, то $M_{j0} \neq \emptyset$ и существуют $A_j \in M_{j1}$ для которых $N_{jl} \neq N$. Отсюда следует, что $I_t > P_{ut}$.

Оценим вероятность подачи правильного управления оператором в структурно избыточной эргатической системе позиционирования судна на интервале $[0, t]$ при условии, что на любом интервале $\Delta t \ll [0, t]$ мультимедийное пространство поста управления поставляет оператору известные ему сообщения T_{pu} . Тогда можно разбить множество всех состояний структурно избыточной эргатической системы позиционирования на два подмножества: к первому подмножеству будем относить состояния судна, в которых число "человеческих элементов" поставивших оператору заведомо не верную информацию не превышает его корректирующей способности, а ко второму подмножеству – все оставшиеся состояния. Запишем по формуле Байеса

$$I_t = \sum_{j=0}^{k-1} \sum_{A_j \in M_j} P_t(A_j) I(t/A_j) + \sum_{j=k}^L \sum_{A_j \in M_j} P_t(A_j) I(t/A_j).$$

Но для любого $j < k$ подмножество M_{j0} совпадает с множеством M_j , т. е. все состояния являются работоспособными для логически избыточной системы несения вахты, и $I(t/A_j) = 1$ для всех $A_j \in M_{j0}$ ($j = 0, 1, \dots, k-1$). Сумма вероятностей всех состояний при $j < k$ совпадает с вероятностью $P_u(t)$ функционально исправного состояния структурно избыточного эргатической системы позиционирования судна. Для всех $A_j \in M_{j0}$ имеем равенство $I(t/A_j) = 0$, так как по определению найдется хотя бы один входной набор сообщений из множества наборов таких сообщений, на котором будет проявляться ис-

кажение управления, используемого оператором. С учетом вышесказанного и того, что множество $M_j = M_{j0} \cup M_{j1}$ перепишем $I(t)$ так:

$$I(t) = P_u(t) + \sum_{j=k}^L \sum_{A_j \in M_{j0}} P_t(A_j) I(t/A_j). \quad (3)$$

Для логически избыточной эргатической системы позиционирования подмножество $M_{j0} \neq \emptyset$ и по определению вероятность $I(t/A_j) = 1$ для " $A_j \in M_{j0}$ ". Отсюда следует, что $I(t) > P_u(t)$. При невыполнении условия передачи из мультимедийного пространства поста управления позиционированием судна заранее известного сообщения на любом сколь угодно малом интервале Δt в выражение (3) для логически избыточной системы позиционирования добавятся члены, соответствующие состояниям $A_j \in M_{j0}$.

Таким образом, вероятность безотказного функционирования структурно избыточной эргатической системы позиционирования судна в заданной точке, определяемая из выражения (2), имеет заниженное значение. Более того, вероятность выбора оператором правильного управления более полно характеризуется вероятностью безотказной работы эргатической системы позиционирования, поскольку позволяет учесть ее логическую избыточность.

Библиографический список

1. РД 51-10-98. Организация службы динамического позиционирования на судах РАО "Газпром" используемых при освоении морских нефтегазовых месторождений. ИРЦ Газпром. – М., 1998.
2. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская // Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. – 212 с.
3. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – 4-е изд., испр. – Москва : URSS, 2007. – 397 с.
4. Меньшиков, В. И. Оптимизация выбора результата при разрешении проблемной промыслово-навигационной ситуации / Меньшиков В. И., Никитцев К. В., Левоев И. Н., Сологубов В. В. // Вестн. МГТУ : Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 16. № 4. – С. 761–763.
5. Риордан, Дж. Вероятностные системы обслуживания / Дж. Риордан. – М. : Связь, 1966. – 184 с.

Технологический процесс – основа деятельности судоремонтного предприятия

Пашеева Т. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: tatjana-pasheeva@rambler.ru)

Аннотация. Для предприятий судостроения и судоремонта важнейшую роль играет технологическая подготовка производства, которая призвана обеспечить материально, информационно и организационно процесс производства. Судоремонтное производство должно применять новые технологические процессы и средства технологического обеспечения.

Abstract. For the enterprises of shipbuilding and ship repair an important role is played by production preparation which is intended to provide is material, information and organizationally production process. Ship-repair production has to apply new technological processes and means of technological support.

Ключевые слова: инженер, судоремонтное предприятие, технологический процесс, средства технологического оснащения, технологическая подготовка производства.

Key words: engineer, ship-repair enterprise, technological process, means of technological equipping, technological preparation of production.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [1].

Основу деятельности каждого судоремонтного предприятия составляет производственный процесс. Производственный процесс – совокупность технологических и иных необходимых для производства процессов; рабочих (производственных) операций, включая трудовую деятельность и трудовые функции работающих [2].

На каждом этапе производственного процесса, по отдельным операциям технологического процесса данного этапа, осуществляется контроль изготовления деталей в соответствии с техническими условиями, предъявляемыми к изготавливаемой детали на данном этапе процесса для обеспечения должного качества готового изделия. Технологический процесс изготовления, ремонта деталей должен проектироваться и выполняться таким образом, чтобы посредством наиболее рациональных и экономичных способов обработки удовлетворялись требования к деталям (точность обработки и чистота по-

верхностей, взаимное расположение осей и поверхностей, правильность контуров и т. д.), обеспечивающие правильную работу изделия в целом.

Технологический процесс ремонта – это часть производственного процесса, связанная с транспортировкой изделия с судна, разборкой его на сборочные единицы и детали, изготовлением новых и восстановлением дефектных деталей, сборкой и монтажом изделия на судне. Особенности технологического процесса судоремонтного производства, определяемые во многом мощностью и профилем судоремонтного завода, степенью специализации, объемом внедряемых прогрессивных методов ремонта судов и пр., требуют описания организации производства и технологического процесса с позиций общей схемы, отражающей характерные особенности многих судоремонтных предприятий и условия труда работающих на них.

Осуществляя технологический процесс, инженер ставит перед собой основные задачи: получить изделие, которое удовлетворяло бы его потребность и затратить на его изготовление меньше труда. Следовательно, непрерывное увеличение производительности труда нормальной интенсивности является основным источником наиболее полного удовлетворения потребностей человека и повышения его жизненного уровня. Для выполнения каждого технологического процесса человек создавал, создает и использует различные средства труда, среди которых орудиям производства принадлежит решающая роль.

Морское судно – сложный технический объект, ремонт которого требует применения средств технологического оснащения (СТО). Специфика судоремонтного производства как единичного так и мелкосерийного привела к тому что большое количество средств его механизации и автоматизации разрабатывается и изготавливается на самих судоремонтных предприятиях и нередко существуют в единичных экземплярах. В этой связи возникает необходимость обобщения современного опыта разработки и внедрения СТО при ремонте судов.

Средства технологического оснащения – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса [1]. Средства технологического оснащения создают для обеспечения выполнения операций технологического процесса изготовления или восстановления деталей с заданной производительностью и точностью в соответствии с запрограммированными режимами. После бурного развития средств технологиче-

ского оснащения для отечественного судостроения, и в частности для сборочно-сварочного производства в 70–80-х гг. прошлого столетия наступило затишье, длившееся около 20 лет. Какие-либо разработки, в том числе в области СТО для сборки и сварки секций корпуса судна, практически не велись. Лишь в последние годы наметился перелом. Поэтому решающее значение в оснащении сборочно-сварочного производства отечественных судостроительных верфей имеет использование зарубежного опыта, накопленного за прошедшие десятилетия [3].

В современный период техническая эксплуатация судов характеризуется сравнительно слабой судоремонтной базой (станочного и сварочного оборудования, судоподъемных средств, несовершенной технологией судоремонта, недостаточным оснащением средствами механизации). Среди системных проблем, препятствующих подъему отечественного гражданского судостроения и диктующих необходимость реформирования отрасли, можно выделить научно-техническое и технологическое отставание от мирового уровня судостроительных технологий и организации производства; структурные диспропорции; критическое состояние основных производственных фондов, износ которых по отрасли составляет более 60 %, низкое техническое оснащение предприятий и высокая трудоемкость производства [4].

Судоремонтное производство отличается низким уровнем стандартизации, ремонтпригодности и унификации. Для судоремонта характерно единичное и мелкосерийное производство. Это предопределяет комплексную структуру производственных подразделений предприятий. Недостаточное развитие специализированных производств, межзаводского и межведомственного кооперирования обусловили слабое развитие индустриальных методов ремонта [5].

Задачи, стоящие перед судоремонтной промышленностью в настоящее время, требуют повышения конкурентоспособности и эффективности работы предприятия, диктуют необходимость внедрения совершенных методов организации производства, использования ресурсосберегающих технологий, улучшения использования трудового потенциала, повышения качества продукции. Судоремонтное производство должно на базе новейших достижений науки и техники применять новые технологические процессы и средств технологического обеспечения. В настоящее время специалистами акционерного общества "Центр технологии судостроения и судоремонта", ведущего тех-

нологического центра судостроения России, разрабатываются и внедряются новые технологические процессы и средства технологического оснащения для широкого спектра производственных операций, позволяющие кардинально изменить условия и характер судостроительного производства, повысить производительность труда на верфях. Совершенствование технологических процессов – это стержень, сердцевина всего развития современного производства. Уровень технологии любого производства оказывает решающее влияние на его экономические показатели. В настоящее время на многих судоремонтных предприятиях оборудование морально и физически устарело. Соответственно, на нем невозможно применять современные методы металлообработки, повышать производительность труда.

Высокопроизводительное оборудование в области металлообработки – один из ключевых факторов успешного развития предприятия вне зависимости от его масштабов и специализации. Внедрение такого оборудования на производстве дает следующие ощутимые преимущества: повышает производительность труда; уменьшает длительность производственных процессов; оптимально распределяет нагрузку на производственные мощности; сокращает энергозатраты; уменьшает процесс заводского брака; повышает инфраструктурный потенциал не только конкретного предприятия, но и целой отрасли.

Из-за недостаточного станочного парка на отечественных судоремонтных предприятиях достаточно сложно проводить инновационные процессы переналадки производства и оптимизации мощностей. Внедрение новых технологий, высокопроизводительного оборудования и современных методов оптимизации производства – основной ключ к успеху судоремонтного предприятия.

Библиографический список

1. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1) <http://docs.cntd.ru/document/1200012103>
2. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
3. В. А. Никитин Средства технологического оснащения для сборки и сварки секций корпуса судна.

4. Белоусова, Т. И. Проблемы внедрения информационных технологий на предприятиях судоремонта // Научные труды Дальрыбвтуза. 2010. – №. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemu-vnedreniya-informatsionnyh-tehnologiy-na-predpriyatiyah-sudoremonta> (дата обращения: 03.04.2017).

5. Соколов, А. В. Особенности и основные направления реструктуризации судостроительной промышленности России / А. В. Соколов. – Москва : Экономика, 2009. – 191 с.

6. Акционерное общество "Центр технологии судостроения и судоремонта" <http://www.sstc.spb.ru/publications/all/vasilev-a-a-levshakov-v-maslova-n-p-morozov-s-v-tehnologiya-ochistki-i-okraski-korpusov-sudov.html>

7. Девяткина, Е. М., Стайкова Т. Б., Гринберг Г. М. Выбор системы автоматизированного проектирования технологических процессов для обучения студентов технологическому проектированию // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. № 7. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-tehnologicheskikh-protsesov-dlya-obucheniya-studentov-tehnologicheskomu> (дата обращения: 03.04.2017).

8. <http://ascon.ru/press/news/items/?news=71>

9. <http://www.msun.ru/upload/dis/kolesnikova.pdf>

Психология безопасности в промышленных и транспортных компаниях, а также на судах этих компаний

Карташов С. В., Пеньковская К. В., Сарлаев В. Я. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовой вождения)

Аннотация. Предложена модель выбора эффективных мер по исключению переходов устойчивого состояния психологии безопасности в область, фиксированную двумя точками – состоянием безаварийной психологии и состоянием аварийной психологии, присущих как отдельным личностям, так и всему судовому экипажу в целом.

Abstract. A model is proposed for selecting effective measures to exclude transitions of the stable state of security psychology to a region fixed by two points—the state of accident-free psychology and the state of emergency psychology inherent both to individuals and to the entire ship crew as a whole.

Ключевые слова: Психология аварийности, деятельность судового экипажа, безопасность плавания судна.

Key words: Accident psychology, ship crew activity, ship safety.

Психологию безопасности следует рассматривать как научную методологию, предполагающую, что надежность функционирования системы "судовой специалист – техническое средство – морская среда" обеспечивается на основе познания механизмов взаимодействия факторов формирующих эту психологию, нарушений таких взаимодействий, идентификации причинно-следственных связей и выбора безопасных и эффективных мер, исключающих такую психологию из деятельности судового экипажа. Таким образом, возникает необходимость в разработке модели такого механизма, который с одной стороны обеспечивал бы поддержание у отдельных личностей и у судового коллектива в целом только элементов психологии безопасности и минимизировал бы элементы аварийной психологии.

Далее рассмотрим модель выбора эффективных мер по исключению переходов устойчивого состояния психологии безопасности в область, фиксированную двумя точками – состоянием безаварийной психологии и состоянием аварийной психологии присущих как отдельным личностям, так и всему судовому экипажу в целом. Для исключения бифуркации общего состояния психологии безопасности в неустойчивое состояние аварийной психологии

используем тот факт, что в этом не устойчивом состоянии главным свойством является наличие фатальности аварий и оцениваться появление этих аварий как неизбежные события. Поэтому механизм нейтрализации перехода "психология безопасности – аварийная психология" должен, в первую очередь, исключать появления у отдельных личностей и всего судового экипажа в целом уверенности в том, что аварии и аварийные случаи неизбежны.

Пусть процесс замещения аварийной психологии отдельной личности или в судовом экипаже ("человеческом элементе") реализуется в открытой двухуровневой системе. При этом центром и органом планирования и замещения состояния аварийной психологии в "человеческом элементе" является судовая администрация в лице капитана судна. Судовой экипаж состоит из m субъектов ($s_i, i \in I$, где $I = \{1, 2, \dots, m\}$) которые обладают собственными представлениями об отношении к фатальности аварийности и, в общем, для всего "человеческого элемента" это отношение обладает случайным характером. Кроме того, судовой экипаж состоит из классов (служб) D_i субъектов, объединенных по характеру профессиональной деятельности. Процесс замещения аварийной психологии в "человеческом элементе" будем рассматривать за ряд последовательных временных периодов $k = 0, 1$, и т. д.

Пусть на k -м периоде замещения аварийной психологии в профессиональном классе D_i появляется или образуется конфликт в отношении фатальности аварий с численным смещением R в сторону одной из двух противоположных компонент равным величине r_{ik} по $i \in I$. Пусть далее $r_{ik} = r_k = const$ при " k ", причем общее смещение в отношении фатальности аварий R , равно сумме r_i по $i \in I$, а величины r_i и R известны судовой администрации. Более того, субъектам из числа судового экипажа ($s_i, i \in I$, где $I = \{1, 2, \dots, m\}$) известны с точностью до некоторых принимаемых ими оценок, далее называемых субъективными оценками, величины r_i и R . Если принять, что удовлетворение C_k запроса величины R формируется судовой администрацией и устанавливается в организационно-технической системе судна, то задача замещения аварийной психологии судового экипажа психологией безопасности будет заключаться в установлении капитаном нижней границы требований C_k к субъектам судового экипажа ($s_i, i \in I$, где $I = \{1, 2, \dots, m\}$).

Такое требование позволит согласовать текущее отношение к фатальности аварийности между членами судового экипажа и судовой администрацией и обеспечить с одной стороны уверенность в способности безопасного

выполнения плановых заданий субъектом s_i , $i \in I$ на своем рабочем месте, а с другой стороны реализация этих заданий при минимальных вероятностях появления не желательных событий. Для скалярных величин, характеризующих состояние i -го субъекта из состава судового экипажа (s_i , $i \in I$, где $I = \{1, 2, \dots, m\}$) и организационно-технической системы (судна) в целом на k -м периоде функционирования будем использовать следующие обозначения:

– V_i и V – субъективные оценки величин r_i и R , формируемые судовой администрацией и устанавливаемые ей на судне при этом V равно сумме V_i по $i \in I$, а $0 \leq V_i \leq r_i$ и $0 \leq V \leq R$;

– w_{ik} и W_k – субъективные оценки величин r_i и R , формируемые судовой администрацией на этапе проработки проблемы исключения из деятельности судового экипажа элементов аварийной психологии при этом W_k равна сумме w_{ik} по $i \in I$, а $0 \leq w_{ik} \leq V_i$ и $0 \leq W_k \leq V$.

Пусть далее величина C_k соответствует уже сложившимся представлениям существующей психологии у судовой администрации, и эта величина определена так $0 \leq C_k \leq V$, а x_{ik} и X_k желаемые состояния (параметры) аварийной психологии судового экипажа, причем x_{ik} принимается судовой администрацией и устанавливается судовому специалисту из (s_i , $i \in I$, где $I = \{1, 2, \dots, m\}$). Величина X_k также допустима для судовой администрации, но при обязательном выполнении условий:

$$0 \leq X_k \leq C_k \text{ и } 0 \leq x_{ik} \leq V_i.$$

Таким образом, случайная величина, характеризующая текущее состояние психологии аварийности в судовом экипаже, y_{ik} должна отвечать представлению любого судового специалиста о фактическом состоянии психологии аварийности x_{ik} и формироваться у этого специалиста на этапе реализации процесса замещения психологий, исходя из известной ему оценки w_{ik} и функции распределения $F_i(y_i)$. Если же принять, что функция распределения $F(Y)$ является сверткой по $i \in I$ функций $F_i(y_i)$, то $F(Y)$ можно считать законом распределения случайной величины Y_k , отражающей реализацию судовой администрацией плановой величины X_k , характеризующей состояние текущей психологии в судовых экипажах транспортной или рыболовной компании.

Библиографический список

1. Карташов, С. В. Прогнозирование показателя аварийнозависимости у судовых специалистов / Карташов С. В., Пеньковская К. В. // Рыбное хозяйство № 6. – 2015. – С. 103–105.

2. Никитцев, А. С. Задачи по обеспечению безопасности навигации, решаемые в структурах проблемных промысловых ситуаций / А. С. Никитцев, А. С. Хроненко, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство. 2012. – № 3. – С. 86–88.

3. Никитин, Н. И. Структурная идентификация и разрешение проблемных промысловых и навигационных ситуаций / Н. И. Никитин, И. И. Зива, С. И. Позняков, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство. 2012. – № 5. – С. 94–96.

4. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. – 212 с.

5. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения : 2 т. / В. Феллер, Ю. В. Прохорова, А. Н. Колмогорова. – М. : Мир. 1984. Т. 2. – 751 с.

Ошибки управления при обеспечении безопасности плавания в ледовых условиях

Рудич А. С., Боев Н. В., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения)

Аннотация. Показана допустимость того, что при распараллеливании потоков информации необходимо учитывать различия в спектральных плотностях наблюдаемых неопределенностей. Кроме того, определено, что имеет смысл при формировании отдельных информационных цепей включать в них только те измерительные системы, которые существенно различаются по своей физической основе.

Abstract. The admissibility of the fact that, when parallelizing information flows, it is necessary to take into account the differences in the spectral densities of the observed uncertainties. In addition, it is determined that it makes sense in the formation of individual information chains to include in them only those measuring systems that differ significantly on their physical basis.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, ледовые условия, навигационные сообщения, уровень неопределенности.

Key words: safety of navigation, ice conditions, navigation messages, level of uncertainty.

В соответствии с требованиями по обеспечению безопасности мореплавания перед плаванием судна в ледовых условиях судоводители должны особое внимание уделять определению поправок к показаниям технических средств судовождения (ТСС), проверке их работоспособности с учетом израсходованного ресурса и замены вышедших из строя блоков и элементов. Однако любой прибор, входящий в состав ТСС судна, может выйти из строя, а любой судоводитель допустить ошибку (промах). Предсказать с должным уровнем вероятности момент появления промаха у судоводителя или отказа и выхода из строя прибора из состава ТСС принципиально невозможно. Поэтому при организации вахты и в комплексе методов судовождения должны использоваться технологии диагностики и резервирования, которые гарантируют своевременное обнаружение и устранение отказов приборов и систем управления судном, а также промахов судоводителей.

Элементы технического резервирования закладываются в организацию несения вахтенной службы еще на стадии проектирования судна и отвечают требованиям пятой главы Международной конвенции "Солас – 74". Диагностические технологии могут быть учтены при формировании структуры

вахты, оценке состояния способности вахтенного коллектива к повышению эффективности управления состоянием безопасности судна, а так же оценке состояния живучести организационно-технической структуры в целом при всевозможных видах отказов и промахов.

Рассмотрим один из возможных путей идентификации промахов, возникающих при восприятии навигационной информации и приводящих к повышению уровня неопределенности, в пространстве знаний лица принимающего решения (ЛПР). Это лицо (капитан судна) является связывающей точкой двух информационных цепей, которые и образуют организационно-техническую структуру, периодически возникающую при проводке судна в ледовых условиях. Такая структура образуется капитаном судна, его вахтенными помощниками, эксплуатирующими ЭКНИС и РЛС.

Пусть в этой структуре заданы планы (предварительные прокладки) проводки судна в виде безопасных процессов движения судна $\eta_1(t)$ и $\eta_2(t)$ отображаемых на ЭКНИС и РЛС соответственно. Тогда в силу особенностей проводок можно принять, что судовая вахта руководствуется только этими планами, которые должны быть связаны отношением тождественности $\eta_1(t) = \eta_2(t)$ на уровне идентичности наблюдаемых параметров. При таких условиях механизм идентификации промахов снижающий уровень неопределенности в пространстве знаний ЛПР можно реализовать, привлекая для этой цели принципы объединения наблюдаемых траекторий движения $\eta_1(t)$ и $\eta_2(t)$, параметры которых передаются по информационным цепям в виде следующих сообщений

$$x_i(t) = x(t) + \varepsilon_i(t),$$

где $\varepsilon_i(t)$ – случайные погрешности наблюдения, а $x(t) = \zeta_1(t) = \zeta_2(t)$ – потоки плановых сообщений соответствующие реализуемым проводкам судна в стесненных водах.

При объединении сообщений $x_i(t)$ разностное случайное сообщение $\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t)$, является случайной общностью принимаемых ЛПР сообщений и может служить основой для численной оценки средней величины этой общности

$$\mu(t) = \int_0^T q(t, \tau) [\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t)] d\tau,$$

где $q(t, \tau)$ – задаваемая весовая функция цепей в структуре.

Тогда индивидуальные сообщения о состоянии безопасности мореплавания, поступающие от ЭКНИС и РЛС к лицу принимающему решение можно представить так:

$$y_i(t) = \zeta(t) + \varepsilon_i(t) = \zeta(t) + \varepsilon_j(t) - \mu(t), \quad (1)$$

где $j = 1, 2$.

Если исключить из сообщений (1) полезную информационную составляющую $\zeta(t)$, то эти сообщения будут включать неопределенность $\varepsilon_k(t)$, обусловленную, лишь точностными характеристиками ТСС, при этом такая неопределенность будет равна:

$$\varepsilon_k(t) = \varepsilon_1(t) - \mu(t) = \varepsilon_1(t) - \int_0^T q(t, \tau) \varepsilon_1(\tau) d\tau - \int_0^T q(t, \tau) \varepsilon_2(\tau) d\tau. \quad (2)$$

Полученное выражение можно преобразовать, привлекая для этой цели дельта-функцию. Учитывая свойства дельта-функции $\delta(t)$, выражение (2) можно переписать следующим образом:

$$\varepsilon_k(t) = \int_0^T [\delta(t - \tau) q(t, \tau)] \varepsilon_1(\tau) d\tau + \int_0^T q(t, \tau) \varepsilon_2(\tau) d\tau.$$

Выполним анализ полученные результаты, привлекая для этого известные физические соображения и вводя допущения, которые способны проиллюстрировать достаточно важные моменты процесса идентификации промахов судоводителей.

Так предположим, что случайные процессы $\varepsilon_i(t)$ стационарны и имеют ограниченные и непересекающиеся спектральные плотности. Пусть далее правомерна гипотеза о том, что информационная цепь обладает свойством идеального линейного фильтра. Тогда методом подбора этого фильтра всегда можно добиться того, что информационная цепь без искажений пропускала неопределенность $\varepsilon_1(t)$ и полностью подавляла неопределенность $\varepsilon_2(t)$. Подобный подбор способен полностью исключить неопределенность $\varepsilon_k(t)$. Кроме того, следует отметить, что гипотеза о соответствии любой информационной цепи идеальному линейному фильтру в отличие от гипотезы о соответствии оптимальному стационарному фильтру Винера позволяет точно оперировать отношением $\varepsilon_k(t) = 0$ для любых частотных характеристик полезной составляющей $\zeta(t)$. Если же использовать гипотезу о соответствии информационной цепи оптимальному стационарному фильтру Винера, то точность реализации отношения равенства $\varepsilon_k(t) = 0$ будет зависеть от характеристик

частотных спектров полезного сообщения и неопределенности. Для случая пересечения спектров полезного сообщения и неопределенности из теории фильтров Винера следует, что получить не искаженное сообщение из цепи в принципе не возможно. Таким образом, при формировании представлений о пространстве знаний ЛПР в организационно-технической структуре, периодически возникающей, при плавании судна в ледовых условиях следует руководствоваться только линейным подходом.

В реальных структурах наблюдения равенство $\varepsilon_k(t) = 0$ не реализуемо, поскольку спектральные плотности, как сообщения, так и сопутствующие с ней неопределенности не ограничены, а информационные цепи не способны отвечать требованиям, предъявляемым к идеальным фильтрам. Однако приведенные выше допущения позволяют сделать вывод о том, что при распараллеливании потоков информации необходимо учитывать различия в спектральных плотностях неопределенностей $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$. Более того, имеет смысл при формировании отдельных информационных цепей включать в них только те измерительные системы, которые существенно различаются по своей физической основе. При выполнении этих условий каждая информационная цепь будет нести в пространство знаний ЛПР минимум неопределенности. Такой минимум можно оценить, например, используя функционал:

$$\langle \varepsilon_2(t) \rangle = M[\eta_2(t) - \eta(t)]^2 = \min,$$

где M – символ математического ожидания;

$\eta_2(t)$ – оценка сообщения;

$\eta(t)$ – истинное сообщение.

Информационные цепи, обеспечивающие минимум среднему квадрату погрешности, при реализации навигационных планов на ЭКНИС и на РЛС при ледовых проводках позволяют за счет свойства не различимости снижать уровень неопределенности в пространстве знаний ЛПР. Кроме того, для идентификации промахов судоводителей целесообразно привлекать правило основанное на здравом смысле - большие несоответствия в докладах, при реализации планов на ЭКНИС и на РЛС, при проводке судна в ледовых условиях, являются результатом человеческой ошибки.

Библиографический список

1. Виленкин, С. Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций. – М. : Энергия, 1979. – 320 с.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

Использование инструментария ARIS в моделировании процессов работы служб морского судна

Бурзун М. С. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, ИС и ПО; e-mail: burzun_m@mail.ru*)

Аннотация. В работе описан ряд процессов, происходящих в навигационной системе судна. Построены некоторые модели, отражающие особенности взаимодействия основных элементов системы: судно – службы – команда.

Annotation. The work describes a number of processes occurring in the ship's navigation system. Some models are constructed that reflect the interaction of the main elements of the system: the ship-service-the team.

Ключевые слова: бизнес-процесс, модель, моделирование, методология, навигационная система, ARIS.

Key words: business process, model, modeling, methodology, navigation system, ARIS.

ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) – методология и тиражируемый программный продукт для моделирования бизнес-процессов организаций. Продукт и методология принадлежат немецкой компании Software AG как результат поглощения компании IDS Scheer автора методологии Августа-Вильгельма Шеера.

Любая организация в методологии ARIS рассматривается с пяти точек зрения: организационной, функциональной, обрабатываемых данных, структуры бизнес-процессов, продуктов и услуг. При этом каждая из этих точек зрения разделяется ещё на три подуровня: описание требований, описание спецификации, описание внедрения. ARIS предоставляет визуальный инструментарий для обеспечения наглядности моделей. Также инструментарий поставляется с набором референтных моделей, заранее разработанных для типичных процессов в различных отраслях. Общий принцип в инструментарии – возможность интеграции моделей разных типов в рамках одного репозитория посредством декомпозиции (детализации) объектов. Таким образом, любую организацию можно описать с помощью иерархии моделей – от обобщения до уровня процедур и ресурсного окружения функций [1].

Моделирование работы навигационной системы судна (НИС) предлагает наглядное представление и детализацию всех основных и вспомогательных процессов. Эта технология позволяет заглянуть внутрь каждого про-

цесса, обучить специалистов всем аспектам работы навигационной системы и выявить недостатки.

Основные процессы в навигационной системе судна ориентированы на производство информации, необходимой для безопасного управления судном. Такие процессы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Перечень основных бизнес-процессов

№ п/п	Наименование бизнес-процесса	Ответственное лицо	Показатели результативности	Мероприятия
1	Обработка важной в навигационном отношении информации	Капитан, штурман, вахтенный	Отображение информации, необходимой для управления судна на экране НИС	Сбор, регистрация, хранение, анализ данных в НИС
2	Взаимодействие с береговыми системами	Капитан, штурман, вахтенный, команда	Отображение информации, необходимой для безопасного обхода препятствий на экране НИС	Сбор, регистрация, хранение, анализ данных поступающих с буйев и наземных станций
3	Прогнозирование элементов обстановки на определенный период времени	Капитан, штурман, вахтенный	Увеличение числа безопасных проходов	Анализ полученных сведений со всех навигационных источников
4	Планирование пути	Капитан, штурман, вахтенный	Сокращение времени на безопасное прохождение	Анализ данных и выбор контрольных точек пути следования
5	Оперативное ведение навигационных задач и ведение исполнительной прокладки	Капитан, штурман, вахтенный	Увеличение шансов правильной корректировки маршрута при внешних воздействиях	Подробное изучение по лотциям и откорректированным картам района предстоящего перехода
6	Контроль достоверности информации	Капитан, штурман, вахтенный	Снижения риска недостоверной информации	Проверка достоверности баз данных

На рис. 1 приведена модель основных бизнес-процессов, построенная для служб управления судном.

При моделировании всех процессов, следует рассмотреть ее компоненты и их привязку к узлам компьютерной сети, и привязку основных объектов системы к определенному местоположению.



Рисунок 1 – Модель бизнес-процессов для служб управления судном

Главный модуль – высокопроизводительный персональный компьютер, имеющий каналы для соединения с навигационными приборами и устройствами управления судном.

Главный модуль НИС устанавливается в рулевой рубке.

Резервный блок в полном или ограниченном объеме выполняет функции главного модуля при выходе последнего из строя. Резервной системе обеспечивается возможность получения всей необходимой информации от навигационных датчиков, результатов предварительной прокладки, данных корректур.

Навигационная система использует данные, поступающие из различных источников, и передает свои сведения другим системам и устройствам.

НИС получает курс от гирокомпаса, скорость – от лага, глубину – от эхолота, обсервованные координаты – от приемоиндикаторов спутниковых и береговых РНС. К системе могут подключаться: указатель скорости поворота, электронный магнитный компас, датчик параметров ветра и ряд других приборов.

Одним из обязательных признаков НИС является автоматический ввод координат места от приемника спутниковой навигационной системы GPS или ГЛОНАСС, обеспечивающий возможность мониторинга точной позиции судна на электронных картах во всех районах Арктики.

Дополнительный модуль отображения НИС представляет собой снабженный органами управления монитор, который устанавливается на мостике. Он предназначен для возможности параллельного с главным модулем отображения данных в разных режимах. Этот блок полезен в ситуациях, когда при управлении судном задействовано несколько человек. На мостике, если необходимо, может устанавливаться несколько дополнительных мониторов НИС.

НИС позволяет по каналу Internet передавать изображение с главного ПК на дисплеи компьютеров, находящихся в других помещениях (в штурманской рубке, в каюте капитана и т. д.). Это компьютеры становятся выносными блоками НИС. Имея такой выносной модуль в своей каюте, капитан может в любое время проконтролировать процесс судовождения [2].

ER-диаграмма позволяет описать концептуальную схему взаимодействия служб судна, их руководство и расположение в помещениях судна (рис. 2).

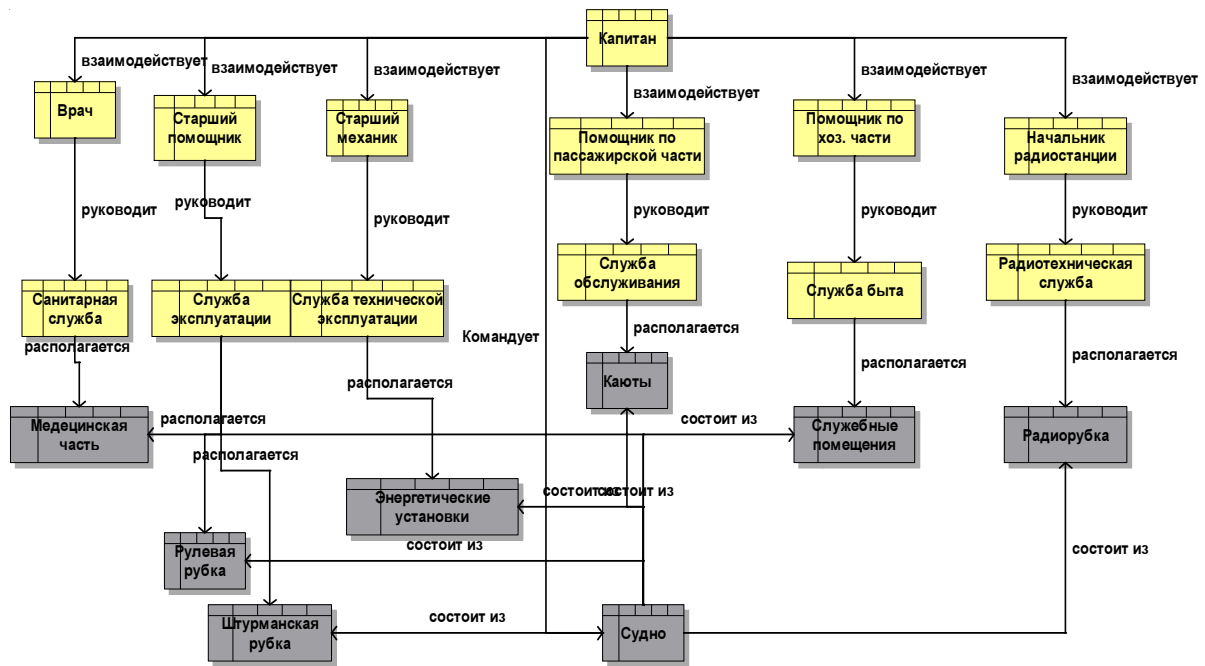


Рисунок 2 – ER-диаграмма для морского судна

Для выполнения своих задач НИС использует информацию практически всех судовых навигационных датчиков: гирокомпаса, лага, эхолота, РЛС, САРП, транспондера АИС, НАВТЕКС, приемоиндикаторов спутниковых и береговых радионавигационных спутниковых и береговых радионавигационных систем и др., а также относящиеся к безопасности сведения, поступающие через каналы связи от береговых центров, обслуживающих мореплавателей [2].

Модель организационной структуры Глобальной морской системы связи (рис. 3) представлена с помощью организационной диаграммы (Organizational Chart).

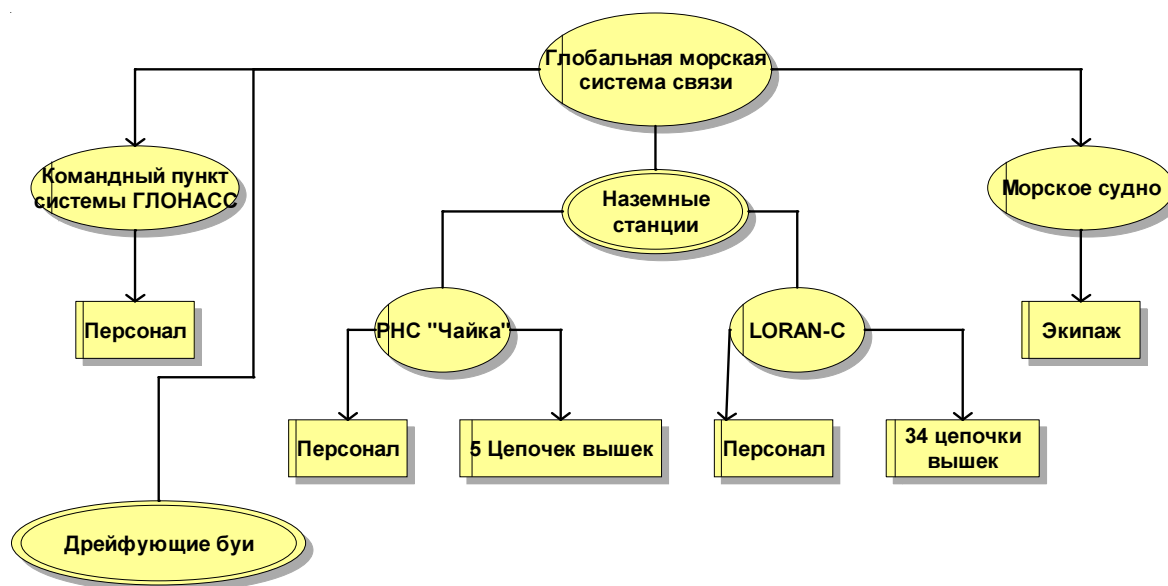


Рисунок 3 – Организационная структура Глобальной морской системы связи

Вахтенному помощнику НИС представляет информацию в интегрированном виде путем отображения концентрированных характеристик текущего состояния процесса судовождения на электронной карте (ЭК).

Информация, отражающая судно как систему управления движением и его внешнюю среду, включает в себя многочисленные данные. Модель технических терминов наглядно представляет классификацию информации о внешней среде (рис. 4).

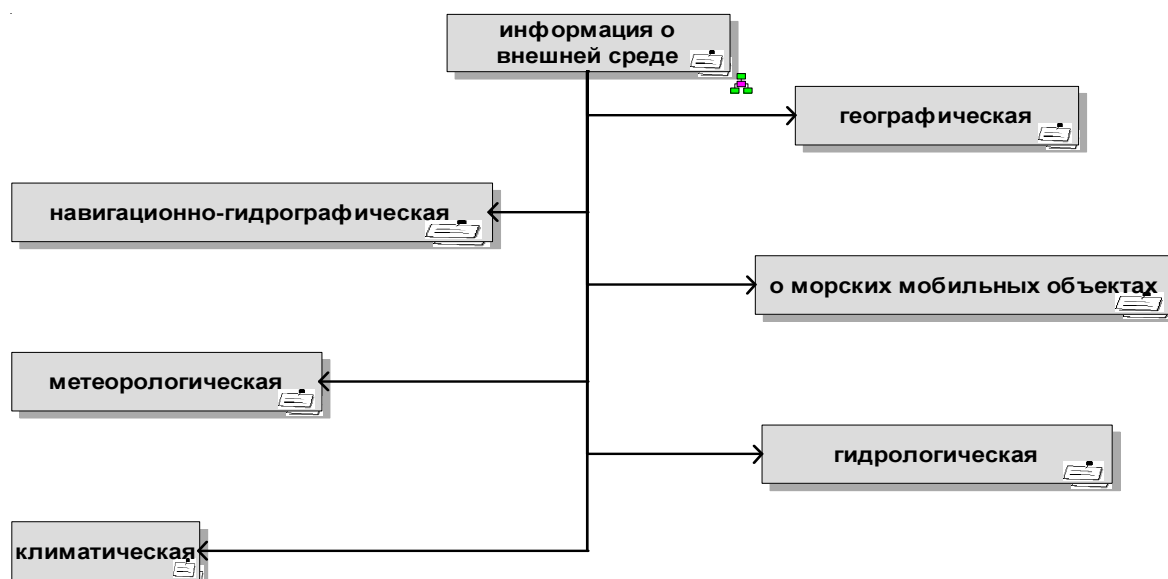


Рисунок 4 – Информация о внешней среде

Применение концепции ARIS позволяет рассмотреть все основные процессы обработки сигнала и сопровождающие их большое количество обеспечивающих процессов. Разнообразие моделей позволяет оценить процессы, их исполнителей, структурные единицы, и эффективность работы системы. Изучение моделей так же показывает, что положительный результат процесса управления судном зависит от команды и навигационной системы судна, в которой происходит обработка всей информации.

Библиографический список

1. Войнов И. В., Пудовкина С. Г., Телегин А. И. Моделирование экономических систем и процессов // Опыт построения ARIS-моделей : монография. – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2002. – 392 с.
2. Вагущенко, Л. Л. Судовые навигационные информационные системы. – Одесса, Латстар, 2004. – 302 с.

Программные разработки для сферы образования

Скрябин А. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: skryabinav@mstu.edu.ru*)

Аннотация. В докладе рассматриваются некоторые особенности процесса информатизации образования. Представлен процесс разработки и внедрения программного комплекса образовательного назначения. Описан опыт междисциплинарной разработки, выполняемой участниками образовательного процесса.

Abstract. The report considers some features of informatization of education. The development and implementation of a software complex for educational purposes is presented. Experience of interdisciplinary development performed by participants of the educational process is described.

Ключевые слова: информатизация образования, компьютерное обучение, информационные технологии.

Key words: informatization of education, computer training, information technology.

В соответствии с Федеральным законом "Об образовании в Российской Федерации" целью высшего образования является "обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров по всем основным направлениям общественно полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии, углублении и расширении образования, научно-педагогической квалификации" [1]. Кроме того, все сферы деятельности современного общества, в том числе и сферу образования, затронула волна информатизации, повсеместного внедрения компьютерных технологий, что позволяет в ряде случаев упростить достижение целей обучения, если учитывать особенности процесса информатизации.

Так, одним из моментов информатизации образования является применение в образовательном процессе различных программных средств, которые можно подразделить на две категории: коммерческое программное обеспечение (ПО) и свободно распространяемое ПО с открытым кодом. Последнее обладает рядом преимуществ:

- возможность самостоятельной подстройки под нужды конкретных пользователей;
- возможность поддержки программы своими силами;
- более широкие возможности по установке программ на различных рабочих станциях [2].

Частным случаем свободно распространяемого ПО с открытым кодом могут служить программные разработки, выполняемые силами самих образовательных организаций высшего образования. На кафедре математики, информационных систем и программного обеспечения ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет" ведется подготовка бакалавров по направлению 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника". Во время своего обучения студенты этого направления подготовки разрабатывают различные программные средства в рамках различных форм контроля: расчетно-графических заданий, курсовых работ и проектов, выпускной квалификационной работы. Некоторые из разрабатываемых программных средств носят междисциплинарный характер и задействуют, помимо самих студентов-разработчиков и ведущего преподавателя по дисциплине, других участников образовательного процесса в университете. Опыт таких междисциплинарных разработок выявляет их следующие достоинства:

1. Работа с реальными заказчиками программного обеспечения мотивирует студентов на наилучшее выполнение поставленной задачи. Наблюдая живой интерес заказчика, студенты ведут поиск наиболее интересных решений и способов их реализации, вникают в тонкости различных технологий программирования для наиболее эффективного решения поставленных задач.

2. Участие в этих разработках является полезным для преподавателей – оно стимулирует изучение вопросов применения компьютерных технологий в образовательном процессе. Для формулирования заданий на разработку программ необходимо предварительно ознакомить преподавателей с возможностями программных решений для традиционных учебных задач. Работая затем со студентами-программистами и наблюдая конкретные результаты этой работы, преподаватели имеют возможность детальнее познакомиться с компьютерными технологиями и получить программные инструменты для использования в учебном процессе.

3. Доклады о данных междисциплинарных разработках, представляемые студентами и преподавателями в рамках различных конференций и семинаров, дополнительно привлекают интерес к вопросу об информатизации образовательного процесса. Разработанные программы используются как вспомогательный материал на занятиях и как электронные ресурсы для самостоятельного изучения, в том числе при дистанционном обучении [3].

Примером программы, разрабатываемой студентами кафедры, может выступить программный комплекс для разработки и проведения визуального тестирования лексики английского языка. В основе работы этого про-

граммного комплекса лежит использование визуальных словарей, в которых терминам определенной сферы деятельности сопоставляются их изображения.

Первой в программном комплексе была программа "Визуальный тренажер устройства судна", предназначенная для использования при подготовке, переподготовке и повышении квалификации плавсостава и позволяющая выполнять проверку усвоения конструктивных элементов судна в нескольких режимах, в каждом из которых используется представленная на рис. 1 схема судна с помеченными различными номерами частями. Выбор подходящего режима осуществляется обучаемым.

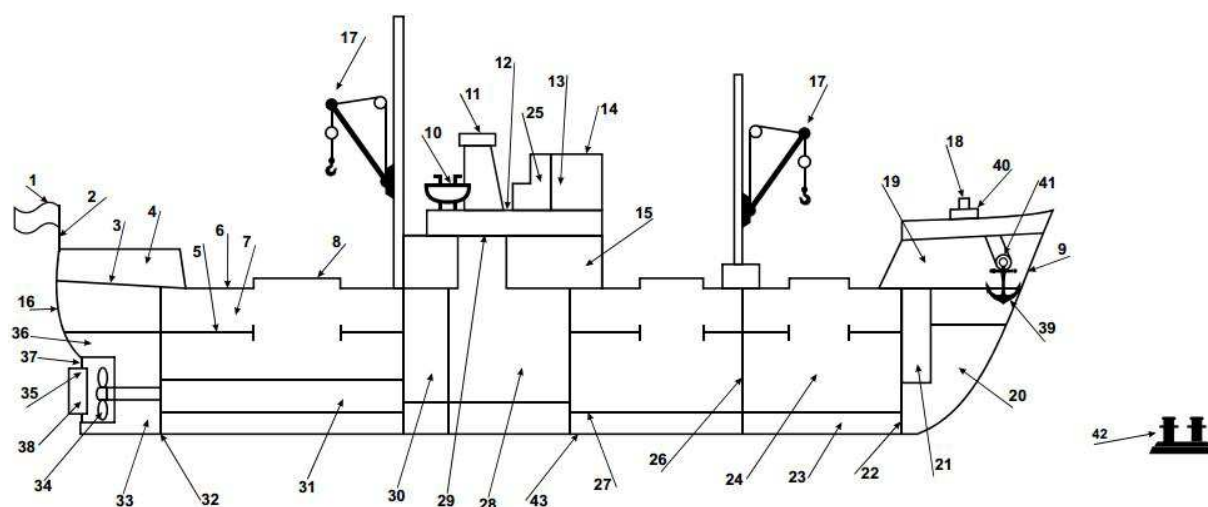


Рисунок 1 – Схема конструктивных элементов судна

В одном из режимов работы на изображении случайным образом подсвечивается какой-либо из конструктивных элементов судна, а пользователь должен ввести название этого элемента для проверки. Пользователь может перемещаться между вопросами в произвольном порядке. Тест заканчивается при полном заполнении строки прогресса, которая является отдельным элементом интерфейса программы, т. е. при получении ответов на все задания.

Другой режим работы программы является более упрощенным. Вместо ввода нужного термина пользователю предлагается выбрать один из трех варианта ответа, соответствующий подсвеченной на изображении области. Принцип, заложенный в третий режим работы программы, противоположен второму: пользователю необходимо выбрать один из трех подсвеченных на изображении элементов для сопоставления указанному термину.

Для хранения данных программы была разработана специальная структура файла XML, включающая количество проверяемых терминов, русскую и английскую версии термина, а также координаты области на изображении, которая соответствует термину [4].

Внедрение первоначальной версии программы "Визуальный тренажер устройства судна" выявило следующие его недостатки:

– редактирование файла XML с данными для работы программы необходимо было выполнять вручную;

– тематика для изучения являлась очень узкой и неизменяемой.

В связи с выявленными проблемами было решено продолжить разработку с добавлением специального программного средства для преподавателя, которое позволило бы создавать файлы данных в более удобном режиме и по различным темам.

В итоге была разработана вторая программа из программного комплекса. При работе с ней преподаватель имеет возможность задать тематику теста и загрузить необходимое изображение, на основании которого будет строиться тест. Затем происходит формирование тестового материала путем выделения необходимых областей на загруженном изображении и задании для них определенных текстовых значений. Преподаватель может задавать несколько областей изображения, соответствующих некоторому термину, при необходимости, как изображено на рис. 2.

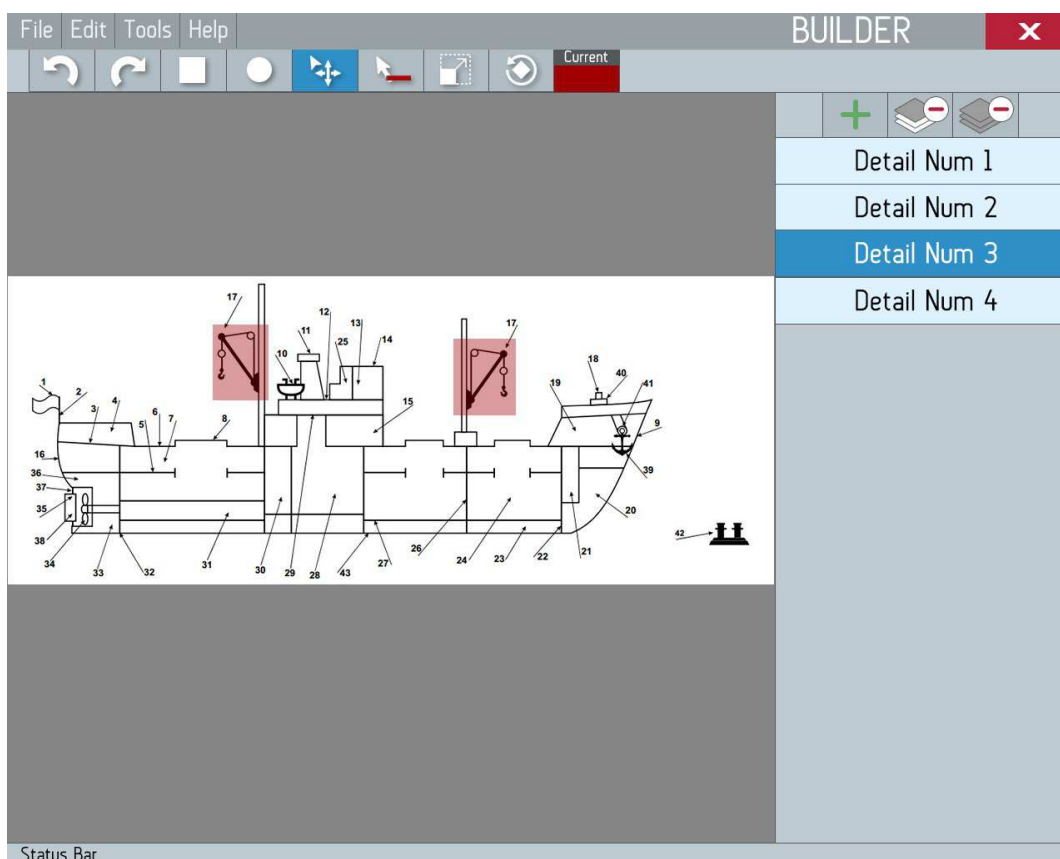


Рисунок 2 – Интерфейс программного средства для преподавателя

Весь процесс разработки программного комплекса для разработки и проведения визуального тестирования лексики английского языка длился со второго по восьмой семестр обучения студента-разработчика. Первая программа комплекса, разработанная в рамках курсовой работы по дисциплине "Программирование", была апробирована при обучении студентов морских специальностей на кафедре иностранных языков МГТУ, где получила множество положительных отзывов и предложений по развитию программы. В дальнейшем программный комплекс дорабатывался и совершенствовался в рамках других дисциплин профессионального цикла вплоть до представления в рамках выпускной квалификационной работы.

Таким образом, можно сделать вывод, что программные разработки для сферы образования могут выполняться самими участниками образовательного процесса. При этом достигается как цель высшего образования по подготовке квалифицированных кадров путем разработки современных образовательных средств поддержки образовательного процесса, так и создаются реальные условия профессионального роста обучающихся по направлениям подготовки, связанным со сферой информационных технологий.

Библиографический список

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" [Текст]. – М. : Омега – Л., 2014. – 134 с.
2. Стратегия внедрения свободного программного обеспечения в учреждениях образования / Г. Ю. Пожарина, А. М. Поносов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 152 с. : ил. – (Информатизация образования). – ISBN 978-5-94774-824-6.
3. Скрябин, А. В. Опыт внедрения междисциплинарных разработок при обучении программированию [Текст] / А. В. Скрябин // Мат. XXVI междунар. конф. "Применение новых технологий в образовании", 24–25 июня 2015 г. – Троицк, Москва : Изд-во "Тривант", 2015. – С. 479–480.
4. Скрябин, А. В., Скрыганов С. В., Дроздов М. А. Разработка программы для изучения конструктивных элементов устройства судна на английском языке [Текст] / А. В. Скрябин, С. В. Скрыганов, М. А. Дроздов // Мат. междунар. науч.-практ. конф. "Наука – производству", Мурманск, 24–27 марта 2015 г. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – С. 143–144.

Математическая модель процесса сушки древесины

Луковкин С. Б.¹, Хохлова Л. И.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра автоматизации и вычислительной техники, ²кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения)

Аннотация. Рассматриваемая в статье модель сушки сырья, основана на уравнении теплопроводности с переменными коэффициентами. Физические свойства древесины в процессе сушки изменяются, поэтому и коэффициенты уравнения изменяются по некоторому заданному закону. На основе полученных расчётных формул разработана программа моделирования теплового поля в пакете MatLab, которая может быть использована для моделирования процесса сушки древесины при различных условиях.

Abstract. The article considered a model of drying of raw materials based on the heat equation with variable coefficients. Physical properties of wood during the drying process change, and therefore the equation coefficients are changed according to some given law. Based on the calculation formulas developed simulation program of the thermal field in MatLab that can be used to simulate the drying process under different conditions.

Ключевые слова: моделирование, программирование, технология, процесс, сушка, древесина, уравнение, теплопроводность.

Key words: modeling, programming, technology, process, drying, wood, equation, thermal conductivity.

Процесс сушки древесной коры происходит при следующих условиях: кора имеет форму бесконечного плоского слоя заданной толщины; осуществляется принудительный нагрев конвекцией высокотемпературного газа одной из сторон этого слоя. В начале процесса кора имеет повышенную влажность. Процесс заканчивается, когда кора становится "достаточно" сухой. Параметры древесины в процессе сушки изменяются, так как зависят от влажности материала.

Для изучения процесса сушки древесной коры можно предложить следующую математическую модель, основанную на уравнении теплопроводности:

$$c * \rho * \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda * \frac{\partial U}{\partial x} \right), \quad (1)$$

где $U = U(x, t)$ – температура материала в точке с координатой x в момент времени t ; x изменяется от 0 до S ; время t от 0 до некоторого момента t_k ,

здесь S – толщина древесного слоя. Следовательно, область интегрирования уравнения (1) задаётся неравенствами:

$$0 \leq x \leq S; \quad 0 \leq t \leq t_k. \quad (2)$$

Зададим начальное условие (начальное распределение температуры вдоль оси x):

$$\text{при } t = 0 \quad U(x, 0) = u_0, \quad (3)$$

и граничные условия:

$$\text{при } x = 0 \quad -\lambda \frac{\partial U}{\partial x} = \alpha(u_{\max} - U), \quad (4)$$

$$\text{при } x = S \quad \lambda \frac{\partial U}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

В формулах (1) – (5) используются следующие параметры: c – эффективная теплоёмкость; ρ – плотность материала, $U = U(x, t)$ температура участка коры с координатой x в момент времени t ; λ – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент теплоотдачи; $\Delta U = U_d - U_w > 0$ – интервал температур, где U_d – температура "сухой" зоны материала, U_w – температура "влажной" зоны. Предполагается, что в начальный момент времени весь материал сырой и его температура не превосходит U_w . Затем начинается обдув одной из поверхностей коры горячим газом, что приводит к её нагреву и постепенному "высыханию". При этом параметры модели c , ρ , λ меняются по некоторым заданным законам. Процесс сушки должен завершиться при достижении некоторого заданного уровня содержания влаги в материале.

Обозначим через ψ долю влажного материала. Очевидно, что ψ может непрерывно изменяться от 1 (весь материал влажный) до 0 (весь материал сухой). Закон изменения ψ можно выбрать в виде:

$$\psi = \begin{cases} 1, & \text{если } U < U_w; \\ \frac{U_d - U}{U_d - U_w}, & \text{если } U_w \leq U \leq U_d; \\ 0, & \text{если } U > U_d. \end{cases} \quad (6)$$

Те участки коры, где температура $U < U_w$ считаются полностью влажными, а там где $U > U_d$ материал полностью сухой.

Эффективная теплоёмкость можно определить следующим образом:

$$c = \begin{cases} c_w, & \text{если } U < U_w; \\ c_w * \psi + c_d * (1 - \psi), & \text{если } U_w \leq U \leq U_d; \\ c_d, & \text{если } U > U_d. \end{cases} \quad (7)$$

где c_w, c_d – теплоёмкости влажного и сухого материала;

g – доля влаги в элементарном объёме сухого материала;

L – удельная теплота испарения влаги.

Коэффициент теплопроводности материала определяется по формуле:

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_w, & \text{если } U < U_w; \\ \lambda_w * \psi + \lambda_d * (1 - \psi), & \text{если } U_w \leq U \leq U_d; \\ \lambda_d, & \text{если } U > U_d. \end{cases} \quad (8)$$

где λ_w, λ_d – коэффициенты теплопроводности влажного и сухого материала.

Плотность материала определяется по формуле:

$$\rho = \begin{cases} \rho_w, & \text{если } U < U_w; \\ \rho_w * \psi + \rho_d * (1 - \psi), & \text{если } U_w \leq U \leq U_d; \\ \rho_d, & \text{если } U > U_d. \end{cases} \quad (9)$$

где ρ_w, ρ_d – плотности влажного и сухого материала.

Решение уравнения (1) при рассмотренных ограничениях (3)–(5) с учётом зависимостей (7)–(9) может быть получено только численно. Мы предлагаем использовать явную схему метода конечных разностей. Полученное решение при этом будет условно устойчивым.

Учитывая зависимость $\lambda = \lambda(U(x, t))$ в виде (8) можно выразить

$$\frac{\partial \lambda}{\partial x} = \frac{d\lambda}{dU} * \frac{\partial U}{\partial x}; \quad (10)$$

Тогда уравнение (1) можно записать в виде:

$$c * \rho * \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial \lambda}{\partial x} * \frac{\partial U}{\partial x} + \lambda * \frac{\partial^2 U}{\partial x^2},$$

или, с учётом (10), в виде:

$$c * \rho * \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2 + \lambda * \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}. \quad (11)$$

Для вычисления $\frac{\partial \lambda}{\partial U}$ будем использовать зависимость $\lambda = \lambda(\psi(U))$:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial U} = \frac{\partial \lambda}{\partial \psi} * \frac{\partial \psi}{\partial U} = \frac{(\lambda_w - \lambda_d)}{(U_w - U_d)} = \frac{\Delta \lambda}{\Delta U}, \quad \text{где } \Delta \lambda = \lambda_d - \lambda_w. \quad (12)$$

Проведём разбиение области интегрирования (2) следующим образом: равномерно разобьём отрезок $[0, S]$ с помощью J узлов по переменной x ; равномерно разобьём отрезок $[0, t_k]$ с помощью N узлов по переменной t . Вычислим шаг h по переменной x и шаг Δt по времени t :

$$h = S / (J - 1), \quad \Delta t = t_k / (N - 1). \quad (13)$$

Узлы сетки по t и по x :

$$t_n = (n - 1) * \Delta t, \quad n = 1..N; \quad x_j = (j - 1) * h, \quad j = 1..J. \quad (14)$$

Функцию U вычисленную в узле сетки (t_n, x_j) обозначим U_j^n . Заменяем в уравнении (11) производные функции $U(x, t)$ по формулам:

$$\frac{\partial U}{\partial t} \approx \frac{U_j^{n+1} - U_j^n}{\Delta t}; \quad \frac{\partial U}{\partial x} \approx \frac{U_{j+1}^n - U_j^n}{h}; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \approx \frac{U_{j+1}^n - 2U_j^n + U_{j-1}^n}{h^2}. \quad (15)$$

Подставим эти выражения в уравнение (11):

$$c * \rho * \frac{U_j^{n+1} - U_j^n}{\Delta t} = \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{U_{j+1}^n - U_j^n}{h} \right)^2 + \lambda * \left(\frac{U_{j+1}^n - 2U_j^n + U_{j-1}^n}{h^2} \right). \quad (16)$$

Используя значения U_{j+1}^n , U_j^n , U_{j-1}^n в слое $t = t_n$ из соотношения (16) можно найти значение U_j^{n+1} в слое t_{n+1} :

$$U_j^{n+1} = U_j^n + \frac{\Delta t}{c * \rho * h^2} \left(\frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{U_{j+1}^n - U_j^n}{h} \right)^2 + \lambda * \left(\frac{U_{j+1}^n - 2U_j^n + U_{j-1}^n}{h^2} \right) \right). \quad (17)$$

В формуле (17) индекс j изменяется от 2 до $J - 1$. Для вычисления значений U в точках с индексами $(n + 1, 1)$ и $(n + 1, J)$ надо использовать граничные условия (4) и (5).

Рассмотрим граничное условие при $x = 0$. Разложим $U(x, t)$ в ряд Тейлора в точке $x = h$:

$$U(h, t) = U(0, t) + h * \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} + \frac{h^2}{2} \left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=0} + o(h^2); \quad (18)$$

из формулы (18) выразим

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{U_2^n - U_1^n}{h} - \frac{h}{2} \left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=0}. \quad (19)$$

Из уравнения (11) найдём

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{1}{\lambda} \left(c * \rho * \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 \right) \quad (20)$$

и подставим выражение (20), вычисленное при $x = 0$, в (19):

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{U_2^n - U_1^n}{h} - \frac{h}{2} \frac{1}{\lambda} \left(c * \rho * \frac{U_0^{n+1} - U_0^n}{\Delta t} - \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{U_2^n - U_1^n}{h} \right)^2 \right) \quad (21)$$

Подставим выражение производной $\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0}$ в краевое условие (4):

$$-\lambda \left(\frac{U_2^n - U_1^n}{h} - \frac{h}{2} \frac{1}{\lambda} \left(c * \rho * \frac{U_1^{n+1} - U_1^n}{\Delta t} - \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{U_2^n - U_1^n}{h} \right)^2 \right) \right) = \alpha (u_{\max} - U_1^n), \quad (22)$$

Выразим из (22) U_1^{n+1} :

$$U_1^{n+1} = U_1^n + \frac{\Delta t}{c * \rho} \left(-\frac{2\alpha}{h} (U_1^n - u_{\max}) + \frac{2\lambda}{h^2} (U_2^n - U_1^n) + \frac{\partial \lambda}{\partial U} * \left(\frac{U_2^n - U_1^n}{h} \right)^2 \right). \quad (23)$$

Формула (23) позволяет вычислить значение функции U в левом конце интервала при $x = 0$ в момент $t = t + \Delta t$, если известны значения U в момент времени t при $x = 0$ и $x = h$.

Рассмотрим теперь граничное условие при $x = S$. Поступим аналогичным образом, разложим $U(x, t)$ в ряд Тейлора в точке $x = S$ при заданном t :

$$U(S - h, t) = U(S, t) - h * \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=S} + \frac{h^2}{2} \left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=S} + o(h^2). \quad (24)$$

Выразим из (24) $\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=S}$:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=S} = \frac{U(S, t) - U(S - h, t)}{h} + \frac{h}{2} \left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=S} = \frac{U_J^n - U_{J-1}^n}{h} + \frac{h}{2} \left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=S}; \quad (25)$$

значение $\left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=S}$ найдём из уравнения (11) при $x=S$, учитывая краевое условие (5):

$$\left. \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right|_{x=S} = \frac{c^* \rho}{\lambda} \left. \frac{\partial U}{\partial t} \right|_{x=S} \approx \frac{c^* \rho}{\lambda} \frac{U_J^{n+1} - U_J^n}{\Delta t}. \quad (26)$$

Подставим (26) в (25), учитывая, что $\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=S} = 0$:

$$\frac{U_J^n - U_{J-1}^n}{h} + \frac{h}{2} \left(\frac{c^* \rho}{\lambda} * \frac{U_J^{n+1} - U_J^n}{\Delta t} \right) = 0;$$

Выразим U_J^{n+1} :

$$U_J^{n+1} = U_J^n + \frac{2 * \lambda}{h^2} * \frac{\Delta t}{c^* \rho} (U_{J-1}^n - U_J^n). \quad (27)$$

Формулы (17), (23) и (27) задают вычислительный процесс для определения температуры $U(x, t + \Delta t)$ при известных значениях $U(x, t)$.

Для компьютерного моделирования процесса сушки была разработана программа в среде Matlab. Текст программы приводится ниже.

```

1. % основная программа моделирования процесса сушки startnagrev2.m
2. S=0.5; % толщина слоя по x
3. tmax=60; % интервал времени по t
4. kmax=201; % количество дискретов по t;
5. xv=linspace(0,S,21);
6. tv=linspace(0,tmax,kmax);
7. vpar(1)=126; % температура обдува
8. vpar(2)=20; % alfa = коэфф. теплоотдачи
9. vpar(3)= 30; % начальное распределение температуры вдоль x
10. vpar(4)= 40; % температура влажной зоны
11. vpar(5)= 80; % температура сухой зоны
12. vpar(6)= 3.6 % теплоёмкость влажной древесины
13. vpar(7)= 2.2 % теплоёмкость сухой древесины
14. vpar(8)= 600 % плотность влажной древесины
15. vpar(9)= 400 % плотность сухой древесины
16. vpar(10)= 0.35 % теплопроводность влажной древесины
17. vpar(11)= 0.200 % теплопроводность сухой древесины
18. uv=nagrev2(tv,xv,vpar);
19. prn3d=input('введите 1 для формирования графика 3D = ');
20. if prn3d==1
21. surf(xv,tv,uv)
22. xlabel x;
23. ylabel t;
24. zlabel U(x,t);

```

```

25. else
26. k=1;
27. while k<kmax,
28. plot(xv,uv(k,:), 'k-')
29. hold on
30. k=k+10;
31. end;
32. end;
33. %plot(xv,uv(200,:), 'r-')
34. grid on

```

```

1. function u = nagrev2(t,x,vp)
2. % здесь проводятся вычисления в соответствии с алгоритмом
3. % см. формулы (17), (23) и (27)
4. umax=vp(1); %температура обдува
5. alf=vp(2); % коэфф. теплоотдачи
6. u0=vp(3); % начальное распределение температуры вдоль x
7. u1=vp(4); % температура влажной зоны
8. u2=vp(5); % температура сухой зоны
9. -----
10. c1= vp(6); % теплоёмкость влажной древесины
11. c2=vp(7); % теплоёмкость сухой древесины
12. % плотность
13. r1=vp(8);
14. r2=vp(9);
15. % теплопроводность
16. L1= vp(10);
17. L2=vp(11);
18. J=length(x);
19. N=length(t);
20. h=mean(diff(x));
21. dt=mean(diff(t));
22. ss=2*dt/(h^2);
23. u=zeros(N,J);
24. u(1,:)=u0; % начальное распределение температуры вдоль x
25. for n=1:N-1
26. [c,L,r,pL]=param(u(n,1),u1,u2,c1,c2,L1,L2,r1,r2);
27. % граничные условия слева: x=0
28. uppr=alf*(-umax+u(n,1))/L-( u(n,2)-u(n,1) )/h;
29. u(n+1,1)=u(n,1)+(-2*L/h*uppr+...
30. +pL*(u(n,2)-u(n,1))^2/(h*h))*dt/(c*r);
31. % граничные условия справа: x=S
32. [c,L,r,pL]=param(u(n,J),u1,u2,c1,c2,L1,L2,r1,r2);
33. u(n+1,J)=u(n,J)+(dt*2*L)/(c*r*h*h)*(u(n,J-1)-u(n,J));
34. for j=2:J-1
35. [c,L,r,pL]=param(u(n,j),u1,u2,c1,c2,L1,L2,r1,r2);
36. u(n+1,j)=u(n,j)+dt/(c*r*h*h)*(pL*(u(n,j+1)-u(n,j))^2+...
37. +L*(u(n,j+1)-2*u(n,j)+u(n,j-1)));
38. end
39. end

```

```

1. function [c,L,r,pL]=param(t,t1,t2,c1,c2,L1,L2,r1,r2)
2. % вычисления по формулам (6) - (8)
3. if t<t1 psi=1;

```

```

4. elseif t>t2 psi=0; else psi=(t2-t)/(t2-t1);
5. end;
6. if t<t1 c=c1; elseif t>t2 c=c2;
7. else c=c1*psi+c2*(1-psi);end;
8. if t<t1 L=L1; elseif t>t2 L=L2;
9. else L=L1*psi+L2*(1-psi);end;
10. if t<t1 r=r1; elseif t>t2 r=r2;
11. else r=r1*psi+r2*(1-psi);end;
12. if t<t1 | t>t2 pL=0; else pL=(L1-L2)/(t1-t2); end;
13. end

```

Программа работает в соответствии с алгоритмом, описанным выше. Основная программа формирует вектор параметров модели, массивы времени t и координаты x . Функция **nagrev2** проводит вычисления температуры в узлах сетки в соответствии с формулами (17), (23) и (27). Функция **param** вычисляет параметры модели в соответствии с формулами (6), (7), (8) и (9). Нужно отметить, что начальное распределение температуры вдоль оси x может быть неравномерным, т. е. оператор под номером 24 в функции **nagrev2** можно задать так, что значения $u(0,x)$ будут меняться по заданному закону. Например,

$$u(1,1:J) = u_0 - (((x(1:J) - 0.25)/x(J)).^2)*u_0 + 0.1*u_0; \quad (28)$$

$$u(1,1:J) = u_0 - \text{abs}((x(1:J) - 0.25)/x(J))*u_0 + 0.1*u_0; \quad (29)$$

Функция (28) – “перевёрнутая” парабола, сдвинутая вверх на $1.1*u_0$ и вправо по оси x на 0.25 . Функция (29) – “модуль” x , сдвинутый вверх на $1.1*u_0$ и вправо по оси x на 0.25 .

Расчёты проводились при следующих значениях исходных данных: время $t = 0 \dots 60$ с, число дискретов = 201; для переменной x толщина слоя древесины $S = 0.5$, число дискретов = 21; при $x = 0$ температура обдува 126 градусов; коэффициент теплоотдачи $\alpha = 20$; начальное распределение температуры при $t = 0$: $u_0 = 30$; температура влажной и сухой зоны: $U_w = 40$ и $U_d = 80$; теплоёмкость влажной и сухой древесины $C_w = 3.6$ и $C_d = 2.2$; плотность влажной и сухой древесины $\rho_w = 600$ и $\rho_d = 400$; теплопроводность влажной и сухой древесины $\lambda_w = 0.35$ и $\lambda_d = 0.20$.

На рис. 1, 2, 3, 4 представлены графики изменения температуры вдоль оси Ox через равные промежутки времени (0.3 с) от 0 до 60 при: 1) постоянном $u_0 = 30$ начальном значении температуры; 2) при начальном распределении температуры в соответствии с формулой (28); 3) при начальном распределении температуры в соответствии с формулой (29); 4) при начальном значении, равном конечному распределению температуры, полученному в 1 слу-

чае, но "перевернутым" относительно оси ОХ. Это процесс сушки древесины, при котором древесина сушится сначала с одной, а затем с другой стороны.

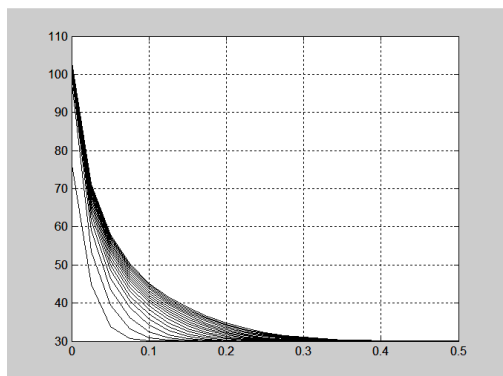


Рисунок 1

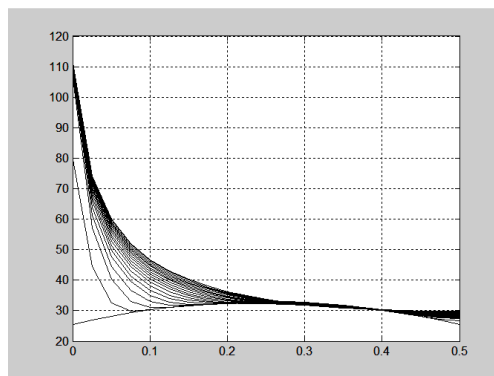


Рисунок 2

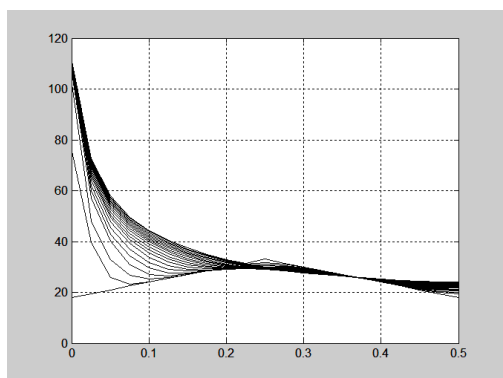


Рисунок 3

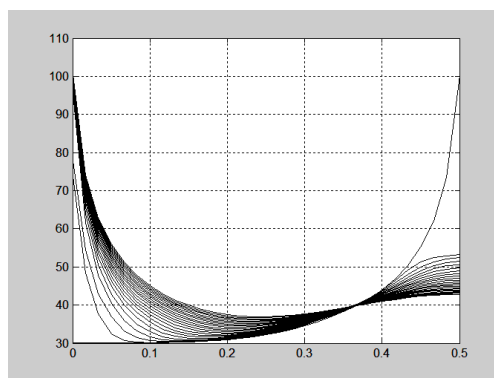


Рисунок 4

Заключение

В результате проведенного исследования разработана модель процесса сушки древесины. Модель может быть использована в системах автоматического управления при альтернативных технологиях получения энергии с использованием биомассы.

Библиографический список

1. Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. – М. : Наука, 1971. – 552 с.
2. Синицин Н. Н., Домрачев Д. А., Кабаков З. К. Построение численной модели сушки коры деревьев : мат. VIII междунар. науч.-техн. конф.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М. : Высш. шк. 1967. – 600 с.
4. Кречетов И. В. Сушка древесины / И. В. Кречетов. – М. : Лес. пром-ть, 1980. – 432 с.
5. Справочное руководство по древесине / под ред. С. Н. Горшина [и др.]. – М. : Лесн. пром-ть, 1979. – 544 с.

Применение параллельной модели алгоритмов пчелиных колоний для реализации криптоанализа систем шифрования

Сергеев А. С. (*г. Ростов-на-Дону, ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет", кафедра автоматизации производственных процессов, e-mail: sergeev00765@mail.ru*)

Аннотация. Целью работы является исследование возможности применения алгоритмов пчелиных колоний для реализации криптоанализа систем шифрования. Отмечаются основные операции, выполняемые параллельно на глобальном уровне. Далее производится определение множества независимых операторов, допускающих параллельное выполнение, также рассматривается решение задачи: для алгоритма криптоанализа на основе построенного информационно-логического графа и для заданного времени найти необходимое наименьшее число процессоров однородной вычислительной системы. Приводится оценка необходимого минимального числа процессоров для реализации алгоритма криптоанализа, а также оценка общего времени реализации алгоритма.

Abstract. The purpose of work is the research of a possibility of application of algorithms of bee colonies for realization of cryptanalysis of systems of enciphering. The main operations, which are carried out in parallel at the global level, are noted. Further definition of a great number of the independent operators allowing parallel performance is made, also the solution of a task is considered: for a cryptanalysis algorithm based on the constructed data-logical graph and for the set time to find necessary smallest number of processors of the uniform computing system. The assessment of necessary minimum number of processors for realization of an algorithm of cryptanalysis, and also an assessment of the general time of realization of an algorithm are given.

Ключевые слова: Алгоритм пчелиных колоний, информационно-логическая граф-схема, матрица следования, матрица логической несовместимости, матрица независимости.

Key words: Algorithm of bee colonies, data-logical flowgraph, following matrix, matrix of logical incompatibility, independence matrix.

Известно, что научное направление "природные вычисления", объединяющее математические методы, в которых заложен принцип природных механизмов принятия решений, в последние годы получает все более широкое распространение для решения различного круга оптимизационных задач, в том числе задач криптоанализа. В течение последних лет были предложены разнообразные схемы эволюционных вычислений: генетический алгоритм, генетическое программирование, эволюционные стратегии, эволюционное программирование, модели поведение роя пчел, стаи птиц и колонии муравьев, модели отжига или потока и другие конкурирующие эвристические алгоритмы. В [1] авторами рассматривались методы решения задачи

криптоанализа, относящейся к переборным задачам с экспоненциальной временной сложностью, на традиционные симметричные криптосистемы с использованием методов генетического поиска. Одной из последних разработок в области роевого интеллекта является алгоритм пчел, который довольно успешно используется для нахождения экстремумов сложных многомерных функций [2, 3].

В данной работе мы исследуем возможность параллельной реализации алгоритма пчелиных колоний, применение которого для реализации методов криптоанализа (симметричных, асимметричных и блочных криптосистем) описано ранее в [2, 3]. Как отмечено в [2], основу поведения пчелиного роя составляет самоорганизация, обеспечивающая достижение общих целей роя при двухуровневой стратегии поиска. На первом уровне с помощью пчел-разведчиков формируется множество перспективных областей-источников, на втором уровне с помощью рабочих пчел-фуражиров осуществляется исследование окрестностей данных областей. При этом основная цель колонии пчел – найти источник с максимальным количеством нектара.

Далее будем использовать термины и обозначения, использованные в [2, 3]. В соответствии с [2] 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 9, иначе к 2.
9. Конец работы алгоритма.

Пошаговое описание данного алгоритма и его структурная схема представлены в [3]. В соответствии с данной структурной схемой на глобальном уровне можно отметить следующие параллельно выполняемые этапы:

- параллельное размещение n_r пчел-разведчиков случайным образом в пространстве поиска;

– параллельный выбор базовых позиций, позиций, расположенных в их окрестности, получение решений E_s и соответствующих значений ЦФ R каждым агентом-фуражиром;

– параллельное формирование областей D_i и выбор в них лучших позиций a_i^* с лучшим значением ЦФ R_i^* ;

– параллельное размещение n_{r1} агентов-разведчиков в пространстве поиска для выбора n_{r1} позиций.

Отметим, что структурная схема пчелиного алгоритма, составленная с учетом данных преобразований, представлена также в [3].

Для дальнейшего определения множества независимых операторов, допускающих параллельное выполнение, как и ранее в [3], используются методы, описанные в [4]. Для данной структурной схемы составляется информационно-логическая граф-схема G , в которой отображаются связи по управлению и по информации.

Для данного графа вводится в рассмотрение матрица следования S . В соответствии с [4] элемент $S_{ij} = *$, если существует связь по управлению и $S_{ij} = 1$, если существует связь по информации.

Далее с использованием методов, описанных в [4], матрица S дополняется транзитивными связями, при этом все элементы $S_{ij} = 1$, формируется симметричная матрица следования S' , и вводится в рассмотрение матрица логической несовместимости операторов. Как отмечено в [3], данная матрица L , очевидным образом, будет содержать следующие ненулевые элементы, соответствующие логически несовместимым операторам $L(19,20) = L(20,19) = L(23,24) = L(23,25) = \dots = L(23,31) = L(24,23) = L(25,23) = \dots = L(31,23) = 1$.

Путем дизъюнктивного сложения этих матриц S' и L получим матрицу независимости M . Отметим, что матрицы S , S' , L , M представлены в [3].

Таким образом, по данной матрице независимости M можно, очевидным образом, определить множества операторов алгоритма, которые допускают параллельное выполнение. Размерность максимального внутренне устойчивого множества определяет максимальное число процессоров, используемых для реализации алгоритма.

Отметим, что теоретические оценки временной сложности алгоритма пчелиных колоний приведены в [3]. В лучшем случае временная сложность пчелиных алгоритмов T составляет $T \approx O(n^{\lg n})$, в худшем случае $T \approx O(n^3)$. Как отмечено в [3], для повышения быстродействия и эффективности алгоритма за счет минимизации времени работы T возможна организация процесса распараллеливания 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 алгоритма пчелиных колоний на локальном уровне в соответствии с [4] актуальной является задача: для алгоритма криптоанализа на основе построенного информационно-логического графа G и для заданного времени $T_{\text{зад}}$ найти необходимое наименьшее число процессоров однородной вычислительной системы и план выполнения операторов на них.

Для решения этой задачи, как и ранее, используются методы, описанные в [4]. При этом в качестве времени $T_{\text{зад}}$ принимается, как и ранее, время $T_{\text{кр}}$ – длина критического пути в информационно-логическом графе G . На первоначальном этапе при рассмотрении однородных вычислительных систем необходимо определение скалярных весов вершин в информационно-логическом графе, отражающих время выполнения операторов, составляющих информационно-логическую граф-схему алгоритма.

Для решения данной задачи также используются методы, изложенные в [4]. Веса операторов, показывающие время их выполнения и определенные в соответствии с основными правилами анализа программ, описанными в [5], приведены в [3]. Отметим, что данные веса определены в соответствии с отмеченными выше допущениями, что $n_f = 5$; $n_b = 4$; $n_{f_1} = 5$; $n_{b_1} = 2$; $n_{b_2} = 2$ (где n_f – количество агентов-разведчиков; n_b – количество базовых позиций; n_{f_1} – количество агентов-фуражиров; n_{b_1} , n_{b_2} – количество базовых позиций, формируемых из лучших позиций, найденных на $l-1$ итерации и l итерации), длина обрабатываемой строки текста $T=5$. При этом критический путь в графе G $T_{\text{кр}} = 35$. В предположении, что $T_{\text{зад}} = T_{\text{кр}}$ для информационно-логического графа и матрицы следования определяются ранние τ_{pi} и поздние сроки τ_{ni} окончания выполнения операторов с помощью алгоритмов, представленных в [4].

Ранние сроки:

$$\tau_{p1} = 9, \tau_{p2} = 1, \tau_{p3} = \tau_{p4} = \tau_{p5} = \tau_{p6} = \tau_{p7} = 10, \tau_{p8} = \tau_{p9} = \tau_{p10} = \tau_{p11} = \tau_{p12} = 14, \\ \tau_{p13} = \tau_{p14} = \tau_{p15} = \tau_{p16} = 18, \tau_{p17} = 22, \tau_{p18} = 23, \tau_{p19} = \tau_{p20} = 24, \tau_{p21} = 25, \tau_{p22} = 26, \\ \tau_{p23} = 31, \tau_{p24} = 28, \tau_{p25} = \tau_{p26} = \tau_{p27} = \tau_{p28} = \tau_{p29} = 29, \tau_{p30} = 31, \tau_{p31} = 35.$$

Поздние сроки:

$$\tau_{n31} = 35, \tau_{n30} = 31, \tau_{n29} = \tau_{n28} = \tau_{n27} = \tau_{n26} = \tau_{n25} = 29, \tau_{n24} = 28, \tau_{n23} = 35, \\ \tau_{n22} = 26, \tau_{n21} = 25, \tau_{n20} = \tau_{n19} = 24, \tau_{n18} = 23, \tau_{n17} = 22, \tau_{n16} = \tau_{n15} = \tau_{n14} = \tau_{n13} = 18, \\ \tau_{n12} = \tau_{n11} = \tau_{n10} = \tau_{n9} = \tau_{n8} = 14, \tau_{n7} = \tau_{n6} = \tau_{n5} = \tau_{n4} = \tau_{n3} = 10, \tau_{n2} = \tau_{n1} = 9.$$

В соответствии с методикой, описанной в [4], в матрице независимости, представленной в [3], определяются внутренне устойчивые множества, представляющие множества взаимно независимых операторов (ВНО). Это множества (1, 2), (3, 4, 5, 6, 7), (8, 9, 10, 11, 12), (13, 14, 15, 16), (25, 26, 27, 28, 29).

Используя значения τ_{pi} и τ_{pi} , определяется оценка минимального числа процессоров для выполнения алгоритма за время $T_{кр}$ на основе построения диаграмм ранних и поздних сроков окончания выполнения операторов и нахождения такого распределения временных границ операторов для всех ВНО, при котором число используемых процессоров (функция n) минимально [4]. Так как операторы, входящие в данные множества ВНО, имеют равные ранние и поздние сроки окончания выполнения, максимальное значение $n = 5$ имеет место для ВНО (3, 4, 5, 6, 7), ВНО (8, 9, 10, 11, 12), ВНО (25, 26, 27, 28, 29).

Таким образом, получена оценка числа процессоров $n = 5$, позволяющая выполнить алгоритм криптоанализа на основе метода пчелиных колоний за минимальное время $T = T_{кр}$ при отмеченных выше допущениях. Данная оценка является решением задачи, так как в соответствии с [4] в матрице независимости нет множеств ВНО, содержащих число операторов $r > n$.

Отсюда, очевидным образом, следует утверждение.

Утверждение

При реализации описанного выше параллельного алгоритма криптоанализа на основе метода пчелиных колоний, представленного информационно-логическим графом G (в соответствии с технологией распараллеливания, описанной в [4]), необходимое минимальное число процессоров может быть определено как $\max(n_r; n_i; n_b)$. При этом общее время реализации алгоритма в общем случае составляет $T = Q * T_{кр}$, где Q – количество итераций (в общем случае не превышающее длину блока текста), $T_{кр}$ – длина критического пути в информационно-логическом графе G , определенная в соответствии с правилами анализа программ, описанными в [5].

Выводы

Таким образом, в данной работе было приведено описание алгоритма колонии пчел, используемого для реализации криптоанализа; определены основные параллельно выполняемые этапы алгоритма; была отмечена возможность построения и использования матриц следования, логической несовместимости и независимости, позволяющих определить основные параллельно выполняемые операции алгоритма; приведена оценка числа процессоров, необходимых для реализации алгоритма.

В качестве основного вывода отметим основной момент, отмеченный в предыдущих публикациях [3]. Основной отличительной особенностью применения биоинспирированных методов криптоанализа является возможность использования самого алгоритма шифрования (или расшифрования) в качестве целевой функции для оценки пригодности ключа, определенного с помощью операций биоинспирированного алгоритма. 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, что свидетельствует об актуальности задачи исследования возможности применения биоинспирированных алгоритмов для криптоанализа систем шифрования.

Также следует заметить, что, как отмечено в [3], поскольку отличительной особенностью как блочных методов шифрования, так и биоинспирированных методов (в частности, генетических алгоритмов), является их внутренний параллелизм, то задача разработки алгоритма криптоанализа на основе параллельной реализации составляющих этапов является актуальной.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-01-00375).

Библиографический список

1. Чернышев, Ю. О. 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., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Капустин С.А., Рязанов А. Н. Биоинспирированные алгоритмы решения задач криптоанализа классических и асимметричных криптосистем : монография / под общ. ред. Ю.О. Чернышева. – Краснодар : КВВУ, 2015. – 132 с.
3. Чернышев, Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Рязанов А. Н. Применение биоинспирированных методов оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования : монография. – Ростов н/Д : Изд-во ДГТУ, 2016. – 177 с.
4. Сергеев, А. С. Параллельное программирование / А. С. Сергеев. – Ростов н/Д : Издательский центр ДГТУ, 2002. – 77 с.
5. Ахо Альфред В., Джон Ульман Джеффри Д. Структуры данных и алгоритмы. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. – 384 с.

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА
НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ**

Фундаментальные принципы качества образования

Луковкин С. Б.¹, Хохлова Л. И.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра автоматике и вычислительной техники, ²кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения)

Аннотация. Система качественного образования является ключевым фактором сохранения суверенитета страны и безопасности внутри страны. Образование – это всегда поиск нового, свободное открытие мира.

Abstract. The system of quality education is a key factor of preservation of sovereignty of the country and safety within the country. Education is always search new, free opening of the world.

Ключевые слова: качество, наука, образование, интеллект, ценности, человек.

Key words: quality, science, education, intelligence, values, person.

Система качественного образования является ключевым фактором сохранения суверенитета страны и безопасности внутри страны. Образование – это всегда поиск нового. По мнению русских космистов, образование человека имеет смысл связи времен, создавая будущее, он "воскрешает" прошлое, изучая прошлое – создает будущее. Через личную деятельность в историческом времени человек становится участником культурно-исторических процессов человечества. Пути и методы познания отыскиваются в самой познаваемой реальности, намечаются из объектов бытия.

Отметим некоторые ключевые тенденции развития общества:

1. Высокие темпы научно-технического прогресса.
2. Информатизация.
3. Развитие в направлении открытости.
4. Развитие инновационной активности.

Задачей инновационного развития в университетах является создание условий для формирования у молодежи компетенций инновационной деятельности:

– способность и готовность к непрерывному образованию, постоянному совершенствованию, переобучению и самообучению, профессиональной мобильности, стремление к новому;

– способность к критическому мышлению;

– способность и готовность к разумному риску;

- креативность и предприимчивость;
- умение работать самостоятельно;
- готовность к работе в команде и в высококонкурентной среде.

Система обеспечения качества гибко подстраивается под разнообразие систем высшего образования, учреждений, программ и студентов. Обеспечение качества учитывает потребности и ожидания студентов, всех других заинтересованных сторон и общества. Качество образования, во многом, зависит от личности ("имиджа") преподавателя.

Понятие "имидж" введено в 60-х гг. XX в. американским экономистом С. Болдуином. Полезность "имиджа" автор напрямую связывал с деловым успехом. Сначала понятие использовалось в экономике, затем – в лексике политиков и специалистов по рекламе.

Имидж (англ., франц. *image* от *лат. Imago – образ*), в переводе на русский буквально означает "образ". Имидж – обобщенный портрет личности, создающийся на основании того, что личность заявляет и, особенно, что делает.

Практическая ценность имиджа обусловлена особенностями процесса социального восприятия и субъектного осознания внешнего образа. По мнению специалистов, имидж на 60–90 % формируется из так называемых невербальных элементов: внешнего вида, жестыкуляции, мимики, движений. С помощью слов (что и как человек говорит) передается 7–10 % информации, громкость голоса и интонация дополняют информацию на 35–38 %.

Во многом воспринимается не то, что человек говорит, а как он говорит. Кроме невербальной информации, большое значение имеет громкость и тембр голоса, интонация, скорость речи, взгляд. Однако не следует понимать это буквально: слово – такой феномен, который может перекрыть остальные все 80 %.

Каждый вид деятельности, как и работа каждого конкретного человека, предполагают опору на собственный имидж. Абитуриенты выбирают вуз на основании имеющейся информации о карьерном росте выпускников, о профессионализме преподавателей, о студенческой жизни университета, т. е. на основании *имиджа* высшего учебного заведения.

Хотят того люди или не хотят, но любая их деятельность, каждое действие, поступок, общение – все даёт представление об их личностном имидже.

"...ценностью являются не материальные активы, не станки и сооружения, ценностью, конечно, является интеллект людей.... Вот этот уникальный

запас и потенциал позволяет нам быть конкурентоспособными и сегодня. Но это означает, что и сейчас мы должны сохранить примерно то же соотношение. Нам нужно знать в десять раз больше, чем необходимо для практического применения сегодня" [1], – подчеркнул Сергей Кириенко, генеральный директор ГК "Росатом".

Интеллект – это способность планировать, организовывать и контролировать свои действия по достижению цели с учетом совпадения истины и блага. Интеллект – весьма общая умственная способность, которая включает возможность делать заключения, планировать, решать проблемы, абстрактно мыслить, понимать сложные идеи, быстро обучаться и учиться на основании опыта. По К. Ясперсу "интеллект – это человек в целом, рассматриваемый со стороны его способностей".

Великий французский ученый, математик, философ, физик Б. Паскаль утверждал, что человек создан для мышления, так как "все достоинство человека в мысли. Мысль, стало быть, по природе своей есть нечто удивительное и несравненное", причем ею "должны мы возвышаться, а не пространством и продолжительностью, которых нам не заполнить. Будем же стараться хорошо мыслить: вот начало нравственности".

Но, мысли надо уметь выразить, и в частности Н. И. Лобачевский в речи "О важнейших предметах воспитания", произнесенной им в торжественном собрании Казанского университета 5.07.1828 г. высказал то, что, остается актуальным. "Как бы то ни было, но в том надобно признаться, что не столько уму нашему, сколько дару слова, одолжены мы всем нашим превосходством пред прочими животными. Из них самые близкие по сложению своего тела лишены органов, с помощью которых могли бы произносить сложные звуки. Им запрещено передавать друг другу понятия. Одному человеку предоставлено это право; он один на земле пользуется сим даром; ему одному велено учиться, изоощрять свой ум, искать истин соединенными силами. Слова, как бы лучи ума его, передают и распространяют свет учения. Язык народа свидетельство его образованности, верное доказательство степени его просвещения.

Чему, спрашиваю я, одолжены своими блистательными успехами в последнее время математические и физические науки, слава нынешних веков, торжество ума человеческого? Без сомнения, искусственному языку своему, ибо как назвать все сии знаки различных исчислений, как не особенным, весьма сжатым языком, который, не утомляя напрасно нашего внимания, одной чер-

той выражает обширные понятия. Гений Декарта привел эту счастливую перемену и, благодаря его дарованиям, мы живем уже в такие времена, когда едва тень древней схоластики бродит по Университетам. Здесь, в это заведение вступивши, юношество не услышит пустых слов без всякой мысли, одних звуков без всякого значения. Здесь учат тому, что на самом деле существует; а не тому, что изобретено одним праздным умом. Здесь преподаются точные и естественные науки, с пособием языков и познаний исторических" [2].

Математику Флоренскому в науке рассуждений было присуще стремление к изяществу, стройности и завершенности. Как ученый, прошедший хорошую математическую школу и распространивший свои знания на все свои теории, он имел постоянно мощный стимул в своем стремлении к изящной математической форме, также как, например, и А. Эйнштейн в создании новой теории тяготения и Дж. Максвелл в создании теории об электромагнитной природе света. Как пишет об этом С. М. Иванов: "Научная красота – это обретение неочевидной истины, причем истина эта должна быть всеобщей. Красота не в самом знании, а в его обретении, в доказательстве, в обнаружении единства там, где его можно было лишь предполагать". По его мнению, великим ученым при исследовании природы было присуще осознание того, что подобной красотой обладает познание великих принципов или всеобщих сил, из которых вытекают бесчисленные следствия.

В свою очередь, в дальнейшем словом своим П. Флоренский оказал сильнейшее влияние на одного из лучших математиков XX в. Н. Лузина, и именно оно оказалось, в конечном счете, решающим в обращении математика к философии, причем философии религиозной. У Лузина "тьма окружает всех нас, и на этом темном фоне единственная есть радость – мысль, и затем еще раз это подчеркивает - "мысль – лишь вспышка среди длинной ночи, но эта вспышка – все".

Что такое современное образование? Образование – это ценность, это постоянное стремление к новому. Ценности не изменились, изменилась система общения. Происходит стихийная колоссальная самоорганизация людей. Меняются когнитивные функции. Люди не разговаривают, но пишут в социальных сетях. Вступают в сети в контакт, в том числе и с учителями. Возможно, в сети общение с преподавателем более интересно и продуктивно. Таким образом, возникают новые технологические формы объединения. Общаются в сети жестами, знаками, специальными фишками, это новая суб-

культура, это новый язык. Все это надо уже учитывать. Культурные коды меняется. Дж. Къеза пишет, что "само собой напрашивается вывод, что в современном обществе именно культура меняет содержание и общий статус. В XIX в. и до последней четверти XX в. культура считалась синонимом свободы и прогресса, как индивидуума, так и общества. ... Культура изменила свое имя, и теперь ее зовут информация".

В науке существует только то, что названо. И отыскивается только то, что ищется, а предопределяется направление поиска исходным представлением, существующим в языке. А все потому, что язык изменчив, и с каждым веком значения слов меняются. Опыт работы со студентами разных уровней, показывает, что у них нет умения и желания внимательного прочтения текстов, а ведь чтение текстов и обучение пониманию мыслей – важнейший аспект гуманитарной образованности. Как это все учитывать современному преподавателю? Надо учить вдумчивому чтению, обсуждать прочитанное. Важно указать студенту на возможность использования сетевых принципов организации интеллектуальной работы. В сети легко сформировать группу для решения определенной задачи. Причем эту группу можно использовать на определенном этапе, столкнувшись с проблемой, можно снова обратиться в сеть, создать новую группу и так далее. Но, при этом надо быть включенным в определенное профессиональное сообщество, нужно понимать, какие проблемы решаются в смежных сообществах, т. е. опять же нужно уметь коммутировать, быть достаточно гибким, иметь хорошую общую образованность, иметь общий язык. Однако надо помнить, что и работа одиночек подчас достаточно успешна, и индивидуальной ответственности никто с человека не снимает.

Творческие способности и интуиция, критическое мышление должны учитываться и развиваться на равных, т. е. логическое мышление, память и креативное творчество. То, что необходимо современному обществу: создание и воплощение творческих новаторских идей — это сочетание навыка и культуры, поэтому их тренировке нужно уделять больше внимания в университетах. Так же, как математике, физике, философии людей можно и нужно целенаправленно учить использованию своих творческих способностей, считают многие исследователи. Философия представляется Витгенштейну деятельностью по прояснению мыслей. Целью философских занятий мыслитель всегда считал достижение ясности. Стремление к ясности у него имело значе-

ние этического принципа, оно было выражением требования честности и искренности в мыслях, добросовестного и последовательного определения своего места в мире.

Быть успешным, не став порочным – девиз Леонтия Магницкого. По Д. Лихачеву признак интеллигентного человека – человек европейски образованный при православной безупречной нравственности.

В. В. Путин в своем выступлении на заседании Международного дискуссионного клуба "Валдай" 19 сентября 2013 г. отметил, что в условиях глобальной конкуренции от состояния человека зависят успех или неудача социально-экономического развития, степень геополитического влияния. Главное же условие успеха – это качество людей, качество интеллектуального, духовного, морального общества. В сердце нашей философии, – подчеркнул он, – должно быть развитие человека.

Д. И. Менделеев говорил: "Я люблю свою страну, как мать, а свою науку, как дух, который благословляет, освещает и объединяет все народы для блага и мирного развития духовных и материальных богатств". В лекциях Менделеев "передавал своим ученикам свое умение наблюдать и мыслить, что не дает ни одна книга... Педагоги, делающие из инженеров коробочку с двадцатью местами ручного багажа, боятся чего-нибудь не досказать студенту.. недодать ему рецептов на всю жизнь... Когда Менделеев учил химически думать, он делал не только свою работу, не только работу всего цикла химических наук, но работу всего естественного факультета" [2]. Менделеев был и великим ученым, и великим учителем, и великим гражданином России своей эпохи.

Возвращение культуре функции возвышения качества человека, быть Системой Учитель (в определении Н. Н. Моисеева). "Я бесконечно боюсь революций ни одна из них не приводила к целям, которые они декларировали. Поэтому какие-либо революционные перестройки, будь это смена политических режимов, а тем более одномоментный отказ от традиционных взаимоотношений Природы и общества, крайне опасны. И я неукоснительно придерживаюсь принципа: действовать следует крайне осмотрительно, но думать надо революционно. Это означает, что прежде чем действовать, реальность должна быть обнажена: "правда и только правда", как об этом говорят юристы. И все же "правда", т. е. истина, никогда до конца не известна и действовать следует крайне осторожно. В рамках вот этого уже наступающего

постиндустриального мира нет проблем более важных, чем образование, чем воспитание народа и формирование МАСТЕРА – массового мастерства во всех сферах жизнедеятельности общества. Это и есть главная особенность и требование постиндустриального общества, без которого все разговоры об обществе информационном, как бы его ни определить, будут чистойшей макиавеллией. Но в действительности никакое общество не может жить, а тем более развиваться без идеологии, независимо от того, произносится это слово или нет. Идеология некоторый синтез нравственности, мировоззрения, точнее даже миропонимания, степени приоритета общественного перед личным. Она есть некоторым образом усредненный вектор личностных, эгоистических устремлений нации, государства, хотя в известных условиях может быть, и навязана обществу, быть средством коллективного зомбирования и тем самым противоречить его объективным интересам. Но в обычных условиях идеология – это то, что цементирует общество, делает более эффективным его коллективные усилия "[4].

Библиографический список

1. Международный конгресс "Инновационная практика: наука плюс бизнес", 1-2 октября.
2. Лобачевский Н. И. О важнейших предметах воспитания речь, произнесенная на торжественном собрании Казанского императорского университета 5 июля 1828 г., в 1-ю годовщину пребывания на посту ректора // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20: Педагогическое образование. – 2010. – № 2. – С. 66–71.
3. Менделеев, Д. И. К познанию России. – М. : Айрис Пресс, 2002. – 576 с.
4. Моисеев, Н. Судьба цивилизации. Путь Разума. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1998. – 228 с.

**РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ
И РАДИОСВЯЗЬ**

Разработка клеверной антенны с увеличенным коэффициентом усиления

Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Шубина Е. Г. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, e-mail: milkin-vi@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассмотрен ряд антенн с круговой поляризацией. Разработана и исследована в программе MMANA-GAL антенна круговой поляризации с увеличенным коэффициентом усиления при изотропной диаграмме направленности в горизонтальной плоскости. Представлены улучшенные электрические параметры исследованной антенны.

Abstract. A number of antennas with circular polarization are considered. A circular polarization antenna with an increased gain for an isotropic radiation pattern in the horizontal plane was developed and studied in the MMANA-GAL program. The improved electrical parameters of the investigated antenna are presented.

Ключевые слова: антенна, круговая поляризация, квазишунтовой "клевер", рамочный переизлучатель.

Key words: antenna, circular polarization, quasi-shunt "clover", frame re-radiator

Введение

Развитие современных беспроводных технологий, таких как Wi-Fi, связь с беспилотными летательными аппаратами, требует усовершенствования размещённых на них антенн, применяемых для работы телеметрии и информационных радиоканалов. Так как многие из носителей антенных устройств являются мобильными, важное значение имеет поляризационное соответствие приемной и передающей антенн, при этом использование линейной поляризации становится ограниченным. Разрешением многих проблем является создание и использование антенных устройств, обладающих круговой поляризацией. Клеверные антенны, подобно штыревым вибраторам, нашли самое широкое применение, там, где требуется круговая поляризация радиоволн.

Основная часть

Изначально антенна "клеверный лист" является излучателем с горизонтальной поляризацией с изотропной в горизонтальной плоскости диаграммой направленности, работа которой раскрыта в книге "Антенны" К. Ротхаммеля, как идентичная по принципу действия "мальтийскому кресту" [1]. Схожей с ней по названию, но совершенно отличающейся по внешнему виду и принципу действия является антенна "клевер" (рис. 1, а). В данной антенне вибраторы переведены в наклонные под 45° к горизонтальной плоскости, что сделало в проекции на горизонтальную плоскость разрывы "колеса" и обеспечило при "растяжке" внешнего проводника соотношение его длины, приближающееся к $0,5 \lambda$, таким образом, получился объёмный "клевер" [2]. Раз-

мещение противоположных внешних проводников на расстоянии, кратном $0,25 \lambda$, запитанных синфазно, обеспечивает формирование осевой диаграммы направленности с круговой поляризацией, а при ортогональном расположении осей и суммировании диаграмм, изотропное перекрытие. По анализу результатов электронного моделирования (рис. 1, б) можно судить, что антенна обладает низким коэффициентом усиления, на $0,8 \text{ dB}$ меньше, чем у полуволнового диполя, что объясняется работой с двумя поляризациями, не лучшим КСВ и эллиптической поляризацией.

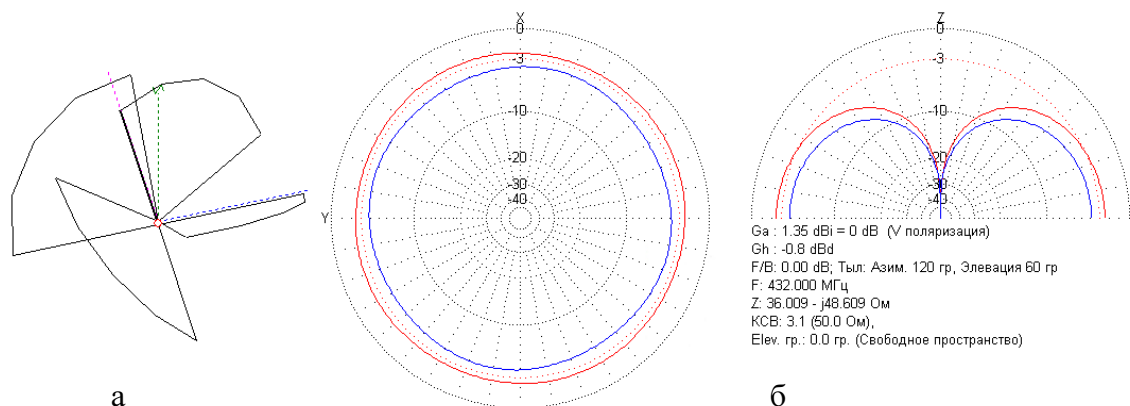


Рисунок 1 – Антенна "клевер"

Модернизированной моделью является антенна круговой поляризации квазишунтовой "клевер", разработанная на кафедре РИРТКС, патент на которую принадлежит МГТУ [3]. Данная антенна содержит дополнительные проводниковые соединения в верхних частях лепестков вибраторов "клевера", расположенные под углом 90° друг к другу (рис. 2, а). Благодаря проводникам, своеобразным шунтам, улучшаются электрические параметры, и увеличивается жесткость конструкции, а как следствие, повышаются и эксплуатационные характеристики антенны (рис. 2, б), например, по сравнению с антенной "клевер" (рис. 1, б).

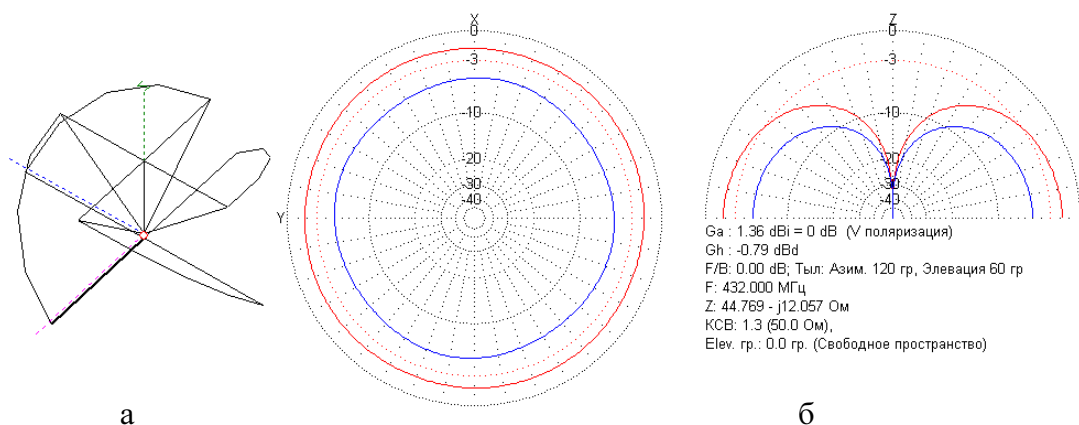


Рисунок 2 – Квазишунтовой "клевер"

Дальнейшее совершенствование клеверных антенн было развито в разработке версии антенны круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости [4]. На рис. 3, а, изображена антенна, дополненная рядом рамочных переизлучателей с периметром, равным λ . Они размещены коаксиальным кольцом в ближней зоне, на расстоянии соизмеримом с $0,25 \lambda$, точнее равном $0,3 \lambda$ от оси антенны. Такое размещение резонансных элементов в индуктивной зоне устройства антенны обеспечило повышение добротности, сопровождающееся увеличением коэффициента усиления с доведением его до коэффициента усиления "классического" диполя, что наглядно проявляется результатами электронного моделирования (рис. 3, б).

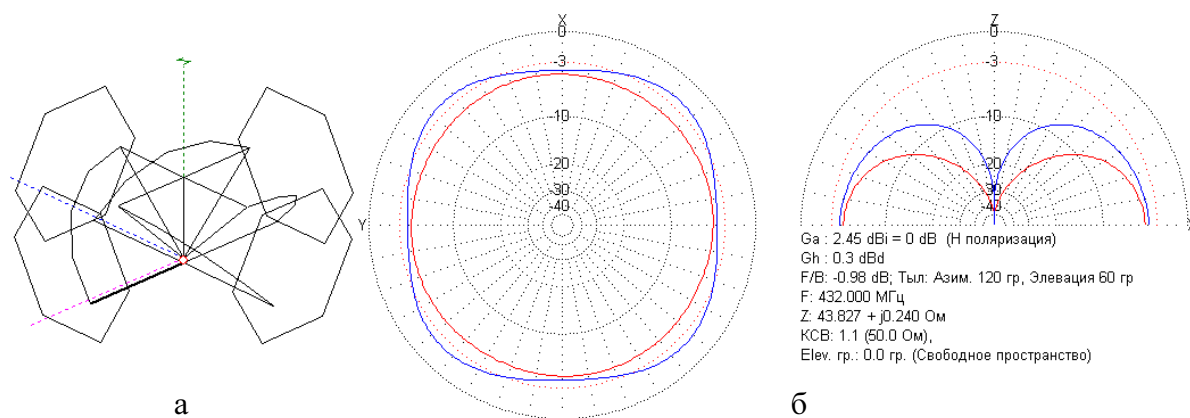


Рисунок 3 – Антенна круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости

Таким образом, реализовалась законченная прикладная конструкция оптимального технического решения устройства антенны круговой поляризации с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, которая может заменить по коэффициенту усиления полуволновые вибраторы с эффектом круговой поляризации.

В свою очередь, комбинации "классических" вибраторов являются основой синтеза характеристик антенн с заданными параметрами. В отличие от линейных и плоскостных антенных структур с осесимметричными диаграммами направленности случай формирования изотропной в горизонтальной плоскости фазированной решётки является специфическим. Здесь требуется коаксиальное размещение директорных элементов с учётом работы с круговой поляризацией. По образу и подобию с вариантом повышения добротности в предыдущем техническом решении, использование рамочных ди-

ректорных элементов является, не исключается, наиболее отвечающим требованиям и в наращивании коэффициента усиления. Их, классически, есть необходимость, размещать на расстояниях от активного "узла" на расстояниях, кратных $0,25 \lambda$.

Порядок исследований, с учётом теоретических предпосылок, представлен серией результатов электронного моделирования, которые наглядно отражают ход изменений электрических параметров при изменении соотношений в расстановке переизлучателей, как показано на рис. 4–7. При этом, контрастно проявляется, что в случае, когда второй ряд переизлучателей находится на расстоянии $0,5 \lambda$ от оси антенны (рис. 4, б), что соответствует $0,25 \lambda$ от ближайшего директора, как и в линейных антенных решётках отмечается соответствующий эффект.

Увеличение расстояния между директорными структурами ведёт к повышению коэффициента усиления антенны, что соответствует классическим подходам в синтезе антенн, но приводит к нарушению баланса линейных поляризаций из-за наращивания взаимных воздействий только в горизонтальной плоскости. Поэтому, наиболее удачной моделью является изображенная на рис. 4, соответствующая отправной модели, а последующие, только доказывают правильность предварительного обоснования и в дальнейшем требуют расширения исследований с изменением подходов к опытам по созданию моделей.

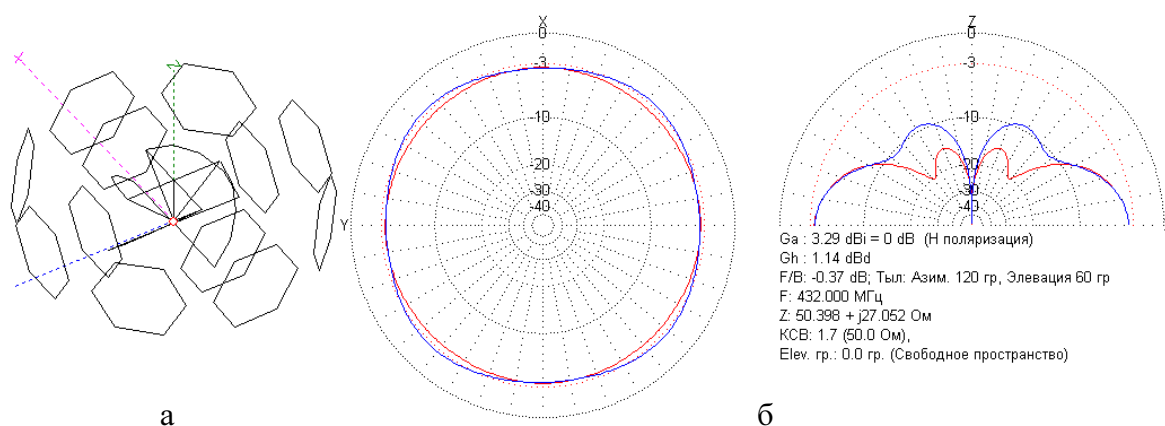


Рисунок 4 – Антенна квазишунтовой "клевер", дополненная двумя кольцами рамочных переизлучателей на расстояниях $0,3 \lambda$ и $0,5 \lambda$

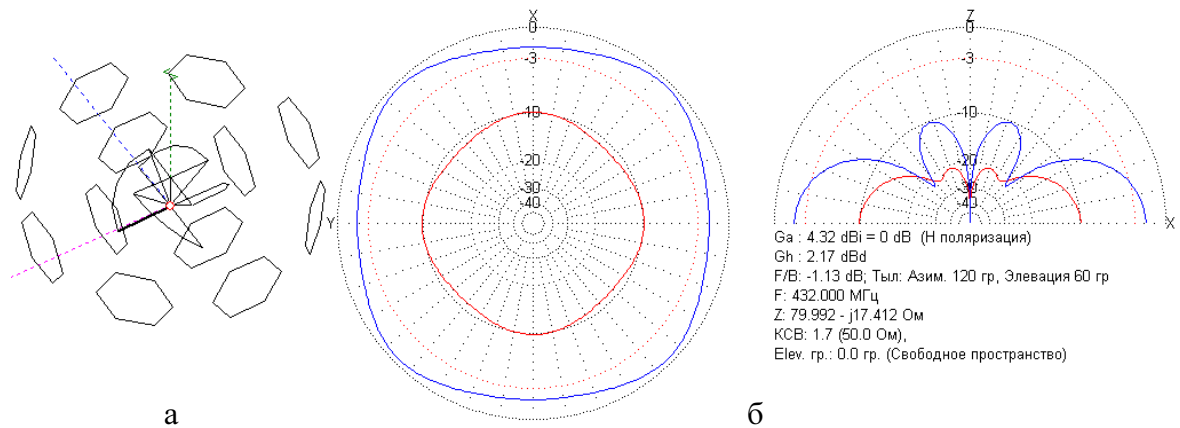


Рисунок 5 – Антенна квазишунтовой "клевер", дополненная двумя кольцами рамочных переизлучателей на расстояниях $0,3 \lambda$ и $0,6 \lambda$

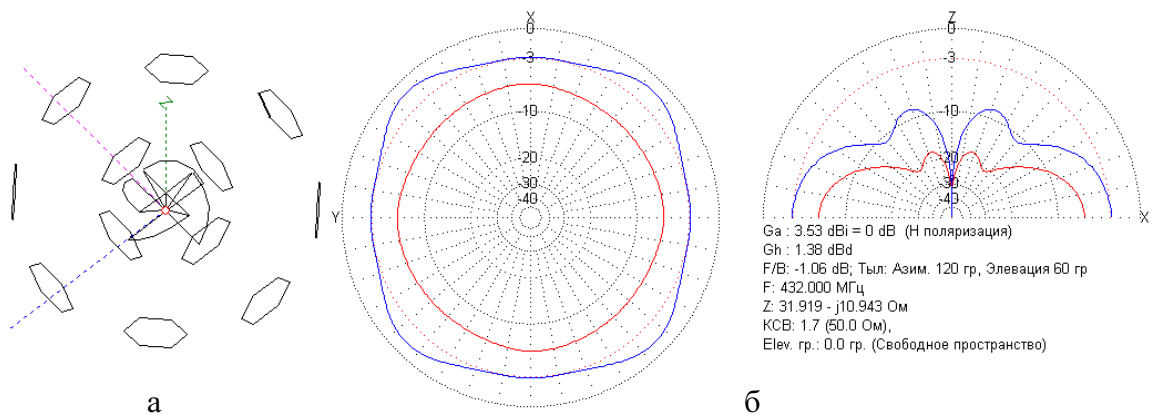


Рисунок 6 – Антенна квазишунтовой "клевер", дополненная двумя кольцами рамочных переизлучателей на расстояниях $0,3 \lambda$ и $0,75 \lambda$

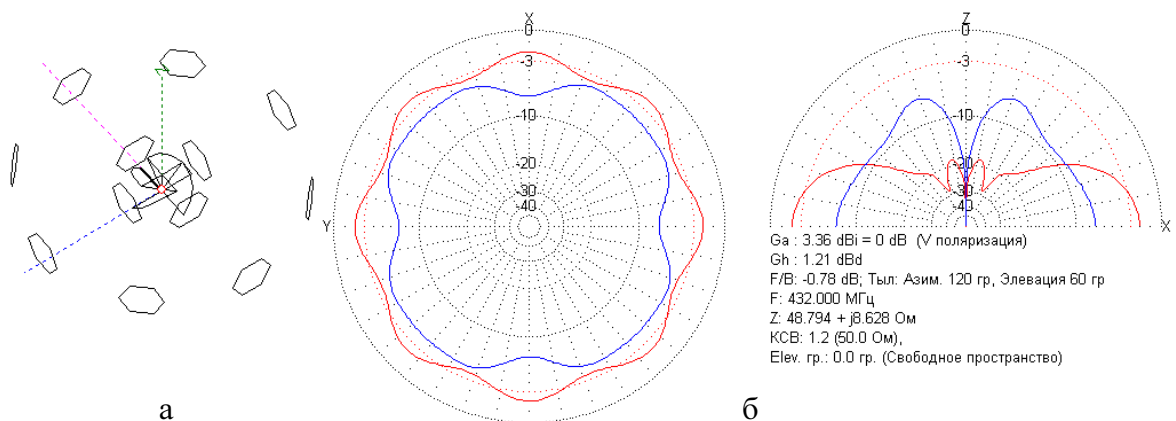


Рисунок 7 – Антенна квазишунтовой "клевер", дополненная двумя кольцами рамочных переизлучателей на расстояниях $0,3 \lambda$ и 1λ

Заключение

На базе анализа работы клеверных антенн проведены исследования в программе MMANA-GAL возможностей синтеза характеристик антенн круговой поляризации с заданными параметрами. С учётом полученных данных разработана электронная модель клеверной антенны с повышенным коэффициентом усиления и исследованы её характеристики.

Библиографический список

1. Ротхаммель, К., Кришке А., Антенны. Т. 2 : Пер. с нем. – М. : ДАНВЕЛ, 2005. – С. 120–122.
2. Cloverleaf antenna circularly polarized [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.antenna-theory.com/antennas/cloverleaf.php>. – Загл. с экрана. – Данные соответствуют 2016 г.
3. Милкин, В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. Н., Шульженко А. Е., Быченков П. А. Антенна круговой поляризации квазишунтовой "клевер". Патент РФ на полезную модель № 166256 от 20.11.2016 г.
4. Милкин, В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. Н., Татусяк М. С., Шубина Е. Г., Шульженко А. Е. Антенна круговой поляризации "клевер" с рамочными переизлучателями. Заявка № 2017102822 от 27.01.2017 на полезную модель.

Исследование антенн круговой поляризации с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости

Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Татусяк М. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, e-mail: milkin-vi@mstu.edu.ru)

Аннотация. Приведен ряд антенн с круговой поляризацией. Исследована улучшенная модель антенна круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости. Представлены улучшенные электрические параметры исследованной антенны в сравнении с ее предшественниками.

Abstract. A number of antennas with circular polarization are presented. An improved model of circular polarization antenna of enhanced efficiency with an isotropic directional pattern in the horizontal plane is investigated. The improved electrical parameters of the investigated antenna are compared with its predecessors.

Ключевые слова. Антенные устройства, круговая поляризация радиоволн.

Key words: Antenna devices, circular polarization of radio waves.

Введение

Антенны с линейной поляризацией широко распространены при работе на радиоприемных линиях в диапазонах частот УКВ, ДМВ и выше, требуют обязательного поляризационного соответствия передающей и приемной антенн. Реальные условия распространения радиоволн с вертикальной и горизонтальной поляризацией неодинаковы. При горизонтальной поляризации радиоволны, в условиях городской застройки, с преобладающими количественно вертикальными переизлучателями претерпевают меньше отражений, встречают меньше искусственных и естественных помех и легче преодолевают препятствия и проникают за линию горизонта за счет рефракции [1]. Отсюда следует, что любое отклонение искомой, другой или обеих антенн от оси или параллельности между собой приводит к снижению эффективности работы радиосредств. Поэтому, разработка и развитие антенн круговой поляризации на данный момент времени является очень актуальным. Есть необходимость рассмотреть работу антенн универсальной поляризации, широко распространенную в различных сферах использования.

"Классикой" применения рассматриваемого парка антенн явилась сфера беспилотных летательных аппаратов, в связи с тем, что борт данного устрой-

ства может непредсказуемо изменять свое положение в пространстве, следовательно, для бесперебойного управления аппаратом необходимо оснастить его антенной универсальной поляризации. Помимо вышеописанной области, из-за особенностей распространения радиоволн с круговой поляризацией, связанных с увеличенной электромагнитной доступностью на сложных трассах, и возрастающим развитием локальных беспроводных сетей и их перегрузкой приёмопередающими устройствами, открывается новый спектр возможностей применения круговой поляризации в ближней высокочастотной радиосвязи и на бытовом уровне.

Анализ серии антенн круговой поляризации

Антенна "клевер" (рис. 1, а) является основополагающей в рассматриваемой серии. Есть предположение, что она запатентована китайцем Xian Ling Liang. В силу того, что эта антенна имеет круговую поляризацию и отсутствия подобных аналогов, она широко стала применяться пользователями беспилотников.

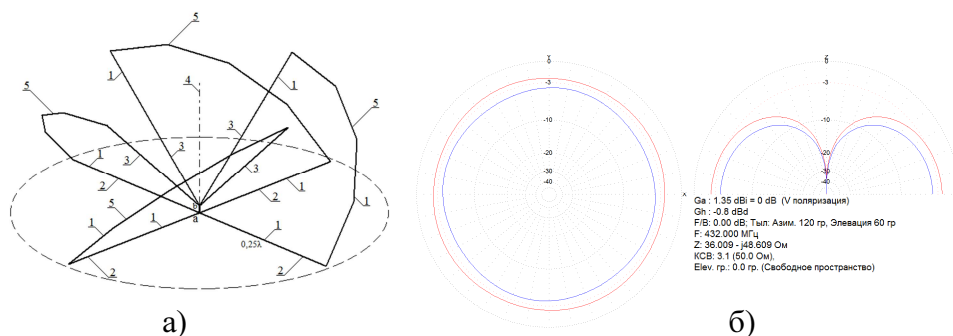


Рисунок 1 – Антенна "клевер": а) геометрия антенны, б) диаграмма направленности с основными параметрами

Основополагающим критерием рассматриваемой антенны является круговая поляризация, возникает она по классическим принципам благодаря размещенным под 45° прямолинейным участкам, разнесенным на расстояния, по соизмерению кратными $0,25 \lambda$ ($0,5 \lambda$), попарно противоположным и установленным под углом 90° друг относительно друга. Именно положение этих элементов при синфазном питании является условием создания круговой поляризации. Соизмеримые по длине с $0,5 \lambda$ дуговые участки, расположенные в пространстве крест на крест и ориентированные в горизонтальную плоскость, попарно ортогонально, обеспечивают формирование диаграммы направленности в горизонтальной плоскости [2].

Недостатком этой антенны является повышенная эллиптичность при увеличении углов возвышения в вертикальной плоскости, из-за изгибов излу-

чающих частей активных вибраторов, что контрастно наблюдается при анализе диаграммы направленности (рис. 1, б). Так же не является преимуществом и наличие малого коэффициента усиления, не превышающего 1,35 dBi, что даже, при сравнении с диполем, имеющим коэффициент усиления равный 2,2 dBi, не даёт ей больших преимуществ. Ко всему прочему среди пользователей отмечена и низкая надежность конструкции.

Учитывая недостатки упомянутой антенны, на кафедре РИРКС МГТУ, разработали антенну квазишунтовой "клевер" (рис. 2, а), модернизировав "классическую" клеверную антенну. Она отличается круговой поляризацией с пониженной эллиптичностью, в отличие от рассмотренной ранее версии, и значительно отличается от прототипа особенностями питания и более прочной конструкцией. Кроме этого "квазишунты" – электропроводные перемычки, как и "классические" шунты, в зависимости от точек подключения к проводникам плеч антенны, изменяют её импеданс, что обеспечивает возможность согласования входного сопротивления антенны с фидером. Дополнительно к используемым скелетным конструкциям, техническое решение инновационной антенны обеспечивает её реализацию с применением печатного монтажа, что делает её выигрышной в сравнении с используемым парком подобных антенн при использовании в беспроводных сетях и на мобильных носителях [3].

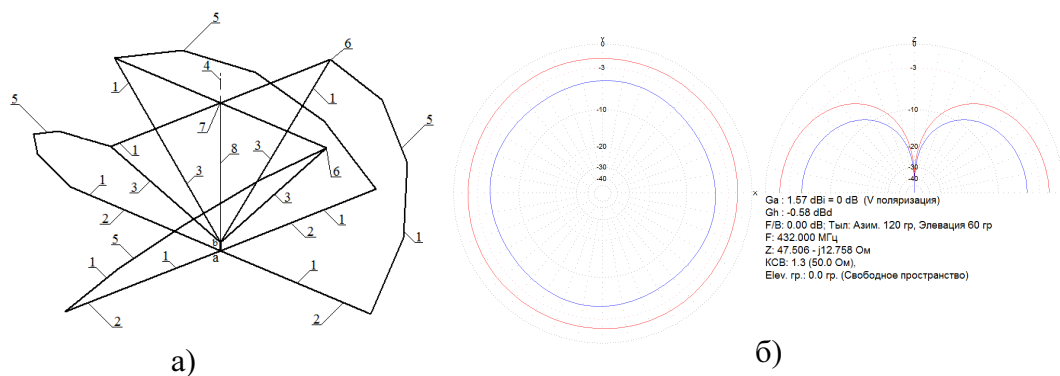


Рисунок 2 – Антенна квазишунтовой "клевер": а) геометрия антенны, б) диаграмма направленности с основными параметрами

Принцип работы, в общем, ничем не отличается от выше представленной версии, за исключением внесения дополнительных элементов. Дополнительная механическая связь полуволновых изогнутых вибраторов за счёт "квазишунтов" с пересечением в одной точке, являющейся точкой нулевого потенциала, а значит, электрически позволяющей её соединять с "землёй",

как материальная ось антенны образует прочный крепеж, в разы повышающий надежность всей конструкции. Небезынтересно, что в этом техническом решении точку нулевого потенциала можно соединять с любым из полюсов узла питания!

Помимо этого улучшаются и электрические параметры антенны (рис. 2, б), а именно коэффициент стоячей волны равный 1,3, по сравнению с антенной "клевер", где он равен 3,1, а так же наблюдается незначительное увеличение коэффициента усиления, до уровня 1,57 dBi.

Недостатком антенны квазишунтовой "клевер" является низкий коэффициент усиления, меньший, чем у классического диполя.

Разработка перспективной изотропной антенны круговой поляризации

Почему не существует широко используемых антенн круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости? Простейших, потребность которых достаточно велика, на самом деле нет. Только, в основном, клеверные и квадрофилярные антенны. А в принципе, можно синтезировать за счёт, например, устройства фазированных решёток любую диаграмму направленности, но будет ли в этом целесообразность? Особенно для массового внедрения, когда в основе использования лежат доступность приобретения и простота эксплуатации, минимальные размеры и высокая надёжность.

В свою очередь, не исключается, что на базе глубокого анализа работы клеверных антенн ещё есть возможность улучшить некоторые характеристики этих оригинальных конструкций? Например, для увеличения коэффициента усиления, есть версия, повысить добротность системы, так как любая антенна является резонансным устройством. Для этого необходимо внести качественные изменения в структуру устройства, повышая резонансные характеристики. Это возможно сделать как изменением конструкции составных элементов устройства, так и его дополнением в индуктивной зоне элементами с ярко выраженными резонансными характеристиками [4].

Наиболее оптимальной конструкцией по перспективам модернизации является, из рассмотренных: антенна квазишунтовой "клевер". Она имеет возможность, с одной стороны обеспечивать подстройку импеданса, а с другой – жёсткую симметрию за счёт искусственной нулевой точки, относительно "классических" клеверных антенн.

В свою очередь введение, при исследованиях, "классических" линейных переизлучателей результатов не даёт. Однако, окружение переизлучателями в виде резонансных рамок, в ближней зоне, соизмеримой с $0,25 \lambda$, обеспечивает прогнозируемые результаты (рис. 3, а).

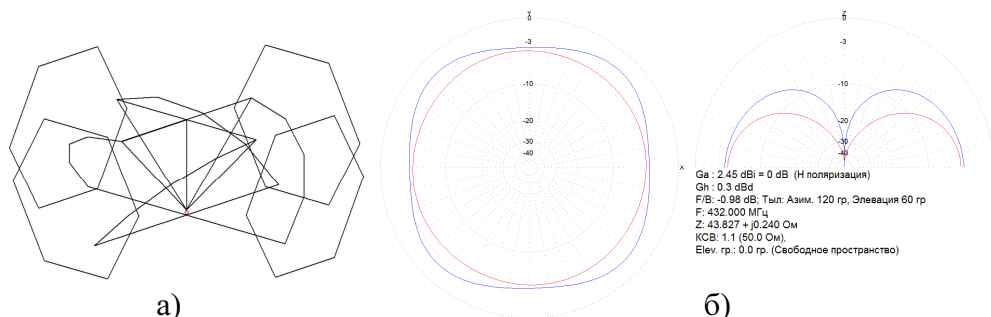


Рисунок 3 – Антенна круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости:

а) геометрия антенны, б) диаграмма направленности с основными параметрами

Дополнительные элементы модернизированной антенны "клевер", в разработанном образце, в виде проводниковых рамок с периметрами сторон равными λ , отнесены на расстояние $0,3 \lambda$ от оси антенны, расположены в коаксиальных плоскостях развёрнутых в пространстве друг относительно друга на 90° [5]. Как видно из представленных на рис. 3 характеристик, коэффициент усиления разработанной и исследованной антенны достигает значения 2,45 dBi, по сравнению с версией предшественником, у которого коэффициент усиления не превышает 1,57 dBi. А это как у "классического" диполя. Важно отметить, что повышение этой характеристики происходит без уменьшения раскрытия диаграммы направленности в вертикальной плоскости, что является основополагающим критерием в ряде сфер, к примеру, в области управления беспилотниками. При дальнейшем анализе выявлено, что коэффициент стоячей волны (коэффициент, отвечающий за согласование) в новой версии улучшен до значения 1,1 и приближен к практически оптимальному значению.

Заключение

Антенна круговой поляризации повышенной эффективности с изотропной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости является улучшенной версией квазишунтового "клевера", обладает лучшими электрическими характеристиками, среди которых коэффициент усиления (2,45 dBi), коэффициент стоячей волны (1,1), а так же пониженной эллиптичностью круговой поляризации, по сравнению с версиями-предшественниками.

Библиографический список

1. Антенны спутниковые, ТВ, РВ, СИ-БИ, КВ, УКВ: Конструкции, каталоги фирм, иллюстрированный обзор публикаций / Никитин В. А. [и др.]. – М. : ДМК, 1999. – С. 73–74.
2. Cloverleaf antenna circularly polarized [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.antenna-theory.com/antennas/cloverleaf.php>. – Загл. с экрана. – Данные соответствуют 2016 г.
3. Милкин, В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. Н., Шульженко А. Е., Быченков П. А. Антенна круговой поляризации квазишунтовой "клевер". Патент РФ на полезную модель № 166256 от 20.11.2016 г.
4. Беличенко, В. П., Запасной А. С. Ближнеполевая электродинамика комбинированных антенн. – Известия высших учебных заведений, 2012, Т. 55, № 8/2, Физика.
5. Милкин, В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. Н., Татусяк М. С., Шубина Е. Г., Шульженко А. Е. Антенна круговой поляризации "клевер" с рамочными переизлучателями. Заявка № 2017102822 от 27.01.2017 на полезную модель.

К вопросу о минимизации продольных размеров направленных антенн круговой поляризации

Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Быченков П. А., Шульженко А. Е.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, e-mail: milkin-vi@mstu.edu.ru)

Аннотация. Произведён анализ широко используемых антенн круговой поляризации. Представлена разработка инновационного технического решения эксклюзивной антенны и результаты её исследования в программе MMANA-GAL. На основании результатов моделирования определены основные параметры антенного устройства.

Annotation. Widely used circular polarization antennas have been analyzed. An innovative solution for the circular polarization antenna and simulation results in program MMANA-GAL have been presented. During the simulation the main parameters of the antenna device were determined.

Ключевые слова: Радиосвязь, антенные устройства, поляризация радиоволн, антенные инновации.

Key words: Radio, antenna devices, the polarization of the radio waves, antenna innovations.

Введение

Развитие беспроводных радиосистем невозможно без совершенствования технологий их работы и используемых радиосредств. Такая тенденция актуализирует проблемы их развёртывания в сложных условиях. Это проявляется в виде потери связи, замираний и срывов связи на приеме, возникающих вследствие того, что частые переотражения радиоволн, происходящие в областях со сложной электромагнитной обстановкой, изменяют поляризацию радиоволн. Подобные явления так же наблюдаются при работе с космическими аппаратами, самолетами, беспилотными летательными устройствами, т. е. с устройствами, положение антенн которых в пространстве постоянно изменяется непредсказуемым образом. Разрешением описанных проблем радиосвязи может служить переход на антенны с круговой поляризацией, особые конструкции, которые излучают и принимают волны круговой поляризации [1, стр. 146]. Например, известны экспериментально полученные данные, что на трассе длиной 4 км в густом смешенном лесу радиосигнал вертикальной поляризации ослабляет на 20 дБ, горизонтальной – на 12 дБ, а круговой – только на 3 дБ [2, стр. 35, 144].

Анализ парка направленных антенн круговой поляризации

Направленные свойства антенны, необходимые для улучшения помехозащищенности и увеличения дальности связи, зачастую создаются за счет добавления в конструкцию антенны дополнительных элементов [1, стр. 49]. Это приводит к неминуемому увеличению массогабаритных параметров антенны, к усложнению её устройства и проблема становится крайне актуальной при использовании в некоторых профессиональных направлениях. Применение антенн на малоразмерных подвижных устройствах, таких как дроны и квадрокоптеры, накладывает ограничения на массогабаритные характеристики всех используемых на борту устройств.

Примером "классической" направленной антенной круговой поляризации является турникетная антенна (рис. 1), состоящая из двух взаимно перпендикулярных линейных полуволновых или петлевых вибраторов.

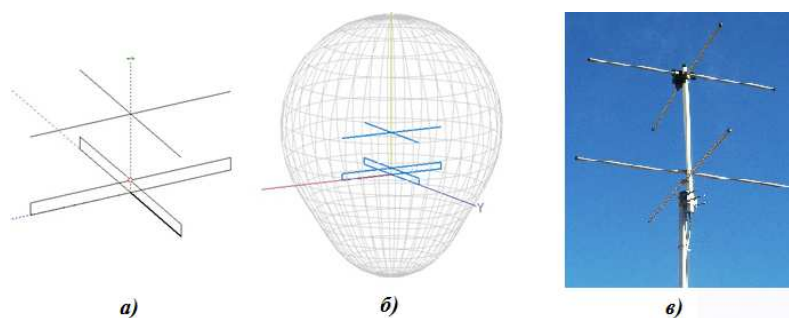


Рисунок 1 – Турникетная антенна: а – геометрия антенны, б – диаграмма направленности, в – внешний вид

Для получения осесимметричной направленности с круговой поляризацией требуется питать вибраторы с фазовым сдвигом, например, с 90° задержкой по фазе через четвертьволновый шлейф. Турникетная антенна обладает коэффициентом усиления порядка 3 дБ, при продольных размерах соизмеримых с четвертью длины волны. Для увеличения её направленных свойств необходимо добавлять в её конструкцию директорные элементы, что неминуемо повлечет за собой увеличение её продольных размеров. В табл. 1 показано, как изменяется усиление в зависимости от количества элементов в директорной структуре [2, стр. 120].

Таблица 1

Количество дир., n	1	2	3	4	5	6	7	8
Усиление(Ga), dBd	-3,0	1,0	3,0	4,4	5,4	6,3	7,0	7,6

Применение турникетных антенн ограничивается необходимостью симметрирования и согласования. Они относительно узкополосные из-за частотной зависимости узлов питания и резонансной настройки директорных структур [2, стр. 149].

Другим примером распространенной направленной антенны круговой поляризации является классическая спиральная антенна (рис. 2, а).

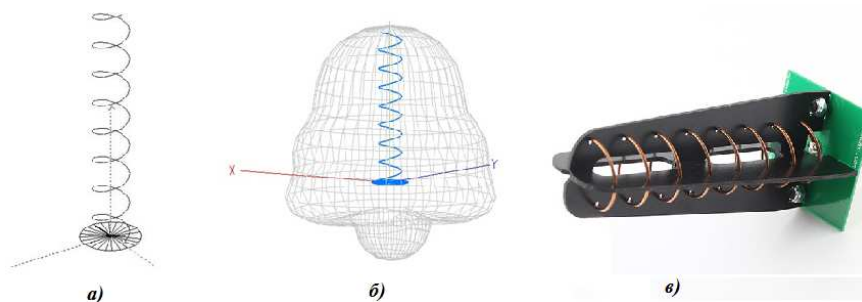


Рисунок 2 – Спиральная антенна: а – геометрия антенны, б – диаграмма направленности, в – внешний вид

В этой антенне круговая поляризация возникает в том случае, когда проводник антенны уложен в виде цилиндрической спирали при длине витка соизмеримой с длиной волны и их количестве более 3. Для улучшения направленных свойств таких антенн необходимо увеличивать количество витков спирали [2, стр. 146]. Зависимость между количеством витков в спирали и коэффициентом усиления представлена в табл. 2.

Таблица 2

Количество витков, n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Усиление (Ga), dBd	7,9	9,1	10,2	11,0	11,7	12,3	12,8	13,2	13,6	14,0

Например, для работы в диапазоне 5,8 ГГц, который используется для работы с квадрокоптерами, спиральная антенна обладает продольными размерами около 4,5 см при трех витках спирали. Это соответствует ширине диаграммы направленности около 60 градусов. Для уменьшения этого угла в два раза необходима спиральная антенна с 12-ю витками, соответственно, с продольными размерами 18 см. Кроме этого, при количестве витков 7 и более начинает проявляться затухание сигнала в самой антенне.

Иновационная антенна круговой поляризации

В качестве отправной модели для разработки инновационного антенного устройства взято техническое решение укороченной УКВ-антенны, описанной в одноимённой статье в журнале "Радио" № 7 за 2015 г. [4, с. 59–63], защищённое патентом [5]. Конструкция треугольно-петлевого вибратора,

раскрытая в материалах статьи, может применяться для синтеза антенных устройств, при разработке антенных систем.

В свою очередь, если использовать особенности устройства турникетных антенн круговой поляризации и спиральных антенн с рефлектором, то не исключается их комбинация при совмещении двух в одном. Если над рефлектором установить дуги полувибраторов идентично шлейфам Пистолькорса вокруг центра [1, стр. 119–120], с размещением их под 90° друг к другу, то возможна реализация нового активного вибратора круговой поляризации. Дополняя конструкцию треугольными элементами, как в устройстве отправной модели, можно добиться эффектов, аналогичных в упомянутом изобретении. Для проверки данного технического решения было проведено моделирование в программе MMANA-GAL (рис. 3) [6].

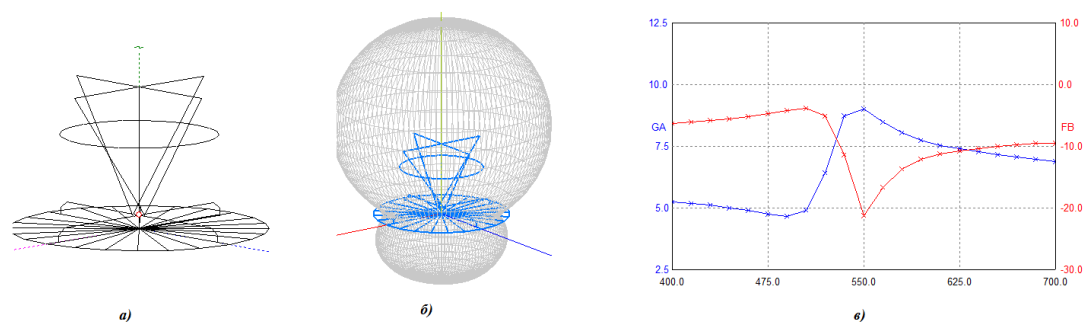


Рисунок 3 – Инновационная антенна: а – геометрия; б – диаграмма направленности; в – график изменения Ga и FB в диапазоне

На базе теоретических подходов и результатам моделирования определены соотношения элементов антенны, при которых достигаются наилучшие характеристики антенны. В состав конструкции так же включен директорный элемент, выполненный в виде кольца [7]. Для улучшения направленных свойств данной антенны, были проведено исследования влияния на диаграмму направленности второго кольцевого директора (рис. 4).

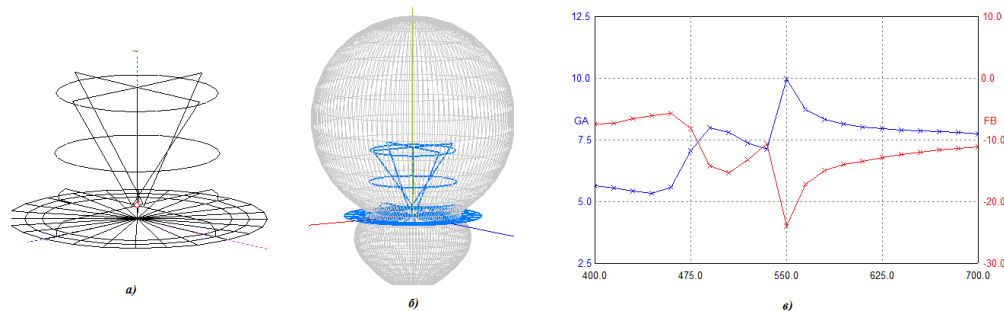


Рисунок 4 – Улучшенная инновационная антенна: а – геометрия; б – диаграмма направленности; в – график изменения Ga и FB в диапазоне

Для определения оптимального взаимного положения директорных структур был применен метод настройки радиоаппаратуры, известный как "метод последовательного симплекса" [8]. Положение директорных структур, было определено путем последовательного симплекса отражения от координат точек с худшими параметрами (рис. 5).

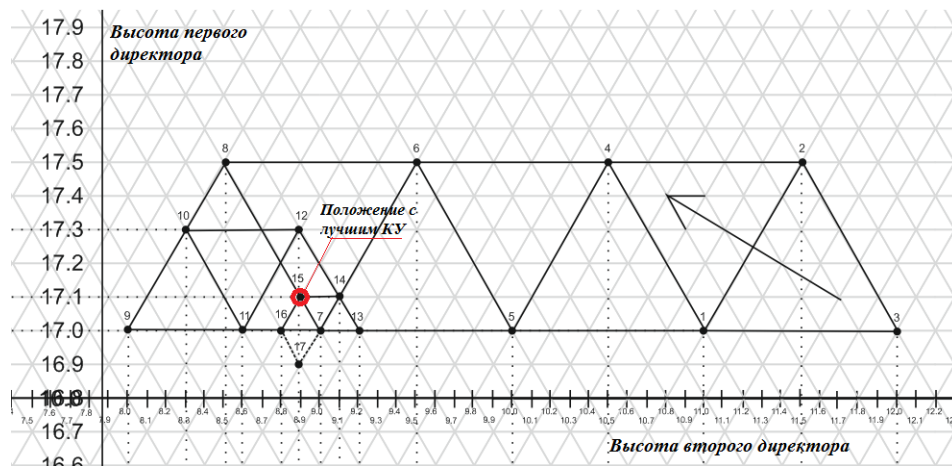


Рисунок 5 – Применение метода для настройки антенны

График изменения коэффициента усиления в диапазоне (рис. 4, в) показывает, что благодаря дополнительному директорному элементу на резонансной частоте достигается коэффициент усиления до 10 дБ, что несколько выше, чем в начале исследований (рис. 3, в).

Благодаря нахождению оптимального положения двух директорных структур стало возможным развить нестандартные исследования, а именно, проанализировать возможность работы антенны с применением частично волноводного директорного элемента, как представлено на рис. 6, а также проработать упрочнение механической конструкции устройства.

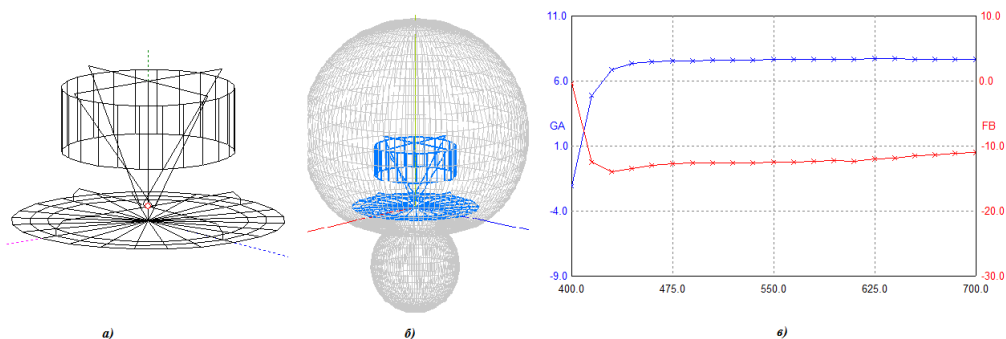


Рисунок 6 – Антенна с частично волноводным директорным элементом:
а – геометрия; б – диаграмма направленности; в – график Ga и FB

Из графика на рис. 6, видно, что использование частично волноводного директорного элемента обеспечивает стабильность характеристик в широком диапазоне рабочих частот, а дальнейшие исследования не исключают применения резонансного директорного элемента, что на рис. 7.

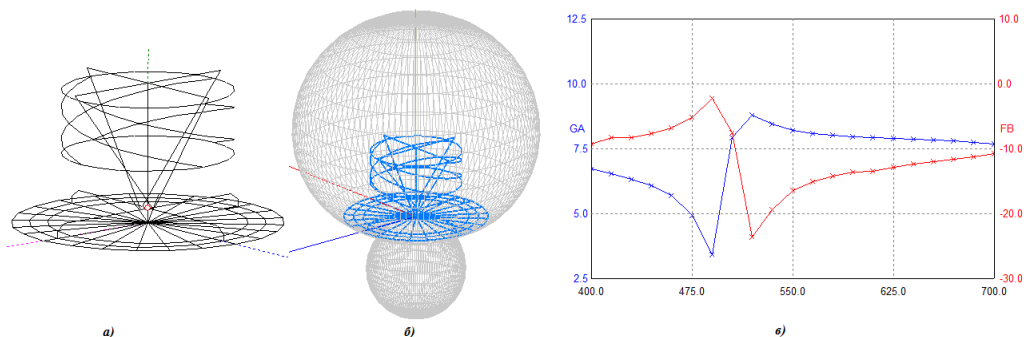


Рисунок 7 – Применение резонансного директорного элемента: а – геометрия; б – диаграмма направленности; в – график Ga и FB

Из графиков на рис. 7, следует, что применение резонансного директорного элемента делает антенну узкополосной.

В свою очередь анализ работы элементов антенн не исключает введение в разработанные устройства дополнительные проводников, например, для механической прочности конструкциям, без влияния на электрические характеристики, что раскрыто в версии, показанной на рис. 8.

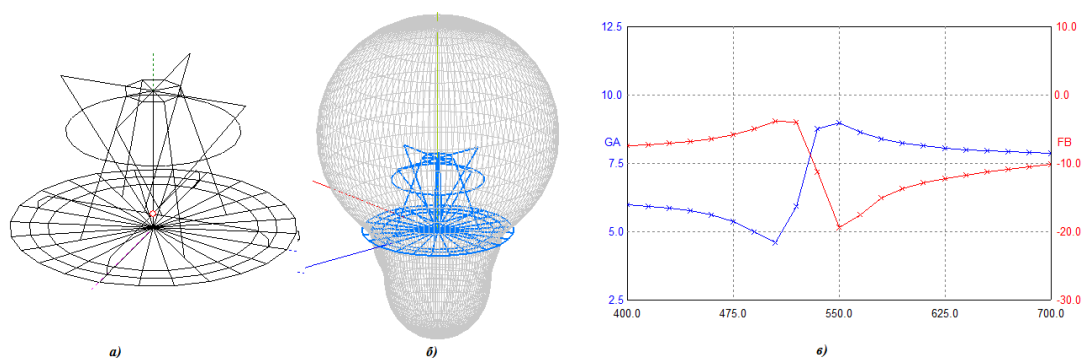


Рисунок 8 – Антенна с увеличенной механической прочностью: а – геометрия; б – диаграмма направленности; в – график Ga и FB

Заключение

На основе проведённого анализа "классических" антенн круговой поляризации, базируясь на отправное эксклюзивное техническое решение, разработано семейство инновационных антенн круговой поляризации повышенной эффективности с укороченными продольными размерами для различных сфер использования.

Библиографический список

1. Чернышов В. П., Антенно-фидерные устройства радиосвязи и радиовещания : учебник для техникумов связи. – М. : Связь, 1978.
2. Ротхаммель К., Крише А. Антенны. Т. 2 : Пер. с нем. – М. : 2005. – 416 с. : ил. ISBN 5-85648-716-8.
3. Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele Antenna Theory and Design. WILEY, 2013. 840 с. ISBN 978-0-470-57664-9.
4. Укороченная УКВ-антенна / В. Милкин, Н. Калитёнков, В. Лебедев, А. Шульженко // Радио. – 2015. – № 7 – С. 59–63.
5. Пат. 2568340 Российская Федерация, МПК Н 01 Q 5/00. Активный антенный треугольно-петлевой элемент Милкина / Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. Н., Шульженко А. Е.; заявитель и патентообладатель Мурман. гос. техн. ун-т. – № 2014121597; заявл. 27.05.2014; опубл. 10.01.1999, Бюл. № 32
6. Гончаренко И. В., Антенны КВ и УКВ. Ч. 1. Компьютерное моделирование. ММАНА. – М. : ИП РадиоСофт, Журнал "Радио". 2004.
7. Заявка 2016123005 Российская Федерация, МПК Н 01 Q 3/00. Треугольно-дуговая антенна круговой поляризации Милкина-Калитенкова / Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Лебедев В. А., Шульженко А. Е., Быченков П. А. ; заявитель и патентообладатель Мурман. гос. техн. ун-т. – № 2016123005/07; заявл. 09.06.2016.
8. Калитёнков Н. В., Солодов В. С. Надежность и диагностика транспортного радиооборудования и средств автоматизации : учеб. пособие. – Москва : МОРКНИГА, 2012. – 521 с.

Исследование изотропных антенн круговой поляризации в целях повышения коэффициента усиления

Милкин В. И., Калитёнков Н. В., Полежаев В. С., Шульженко А. Е.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, e-mail: milkin-vi@mstu.edu.ru)

Аннотация. Представлены результаты исследований результатов компьютерного моделирования всенаправленной в горизонтальной плоскости антенны "клевер" с увеличенным коэффициентом усиления. Представлены компьютерные модели технического решения "этажерочный клевер" и её модификации, проанализированы результаты работы версии макета "этажерочного клевера".

Annotation. The results of computer simulation of an omni-directional antenna in the horizontal plane "clover" with a larger gain. Represent computer models of applied technical solution "flooring clover" and its modifications, set up research layout "flooring clover".

Ключевые слова: Всенаправленная антенна, круговая поляризация, этажерочный клевер.
Key words: Omni-directional antenna, circular polarization, flooring clover.

Введение

Уровень развития авиации и космической техники "приземлил" и расширил в последние годы использование летательных аппаратов. Наблюдается стремительное развитие такого направления как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), в основе использования которых лежит применение командно-телеметрических радиолиний связи для управления их полётами. Создание малых и сверхмалых многофункциональных БПЛА выдвигает требования к расширению функций наземного приёмо-передающего комплекса и минимизации размеров бортового антенно-фидерного оборудования. Использование круговой поляризации радиоволн для радиосвязи с ними из-за обеспечения высокой маневренности БПЛА вновь стало востребованным.

Одной из основных проблем на пути развития систем связи, в том числе и командно-телеметрических радиолиний, является компенсация затухания сигнала на трассе распространения, разрешаемая конструкциями антенного оборудования путём увеличения коэффициентов усиления антенн и обеспечения отслеживания створа радиоканала (1). В качестве антенн БПЛА зачастую возникает необходимость использовать надёжные всенаправленные в азимутальной плоскости антенны с круговой поляризацией, чтобы исключить потерю радиоконтактов, снизить влияние межлучевой интерференции

и повысить безопасность полётов. С перспективой по характеристикам, из простых и надёжных всенаправленных антенн, реализующих круговую поляризацию, зачастую используются антенны типа "клевер". Использование антенн такого типа существенно увеличивает дальность связи и улучшает качество сигналов. Их уже разработано несколько видов, но они также характеризуются пониженным коэффициентом усиления. Более эффективных разработок изотропных антенн пока не заявлено и поэтому есть необходимость рассмотреть техническое решение коллинеарного "клевера".

Применение принципа коллинеарных антенн к антенне "клевер"

Термин "коллинеарная антенна" означает, что все излучающие элементы фазированной антенной решётки расположены друг под другом и тем самым обеспечивают усиление антенной системы при равномерном формировании поля в плоскости. Фазирование происходит благодаря техническим решениям коммутации питания, обеспечивающего синфазность сигналов для всех активных элементов. Это делается для того, чтобы все сигналы, принятые каждым элементом, приходили к общей точке в одной фазе, тем самым увеличивается коэффициент усиления антенны.

Исходя из классики пространственного разнеса, целесообразным при размещении ненаправленных антенн в синфазной антенной решётке для формирования оптимальной направленности в сочетании требуемого эффекта при минимизации размеров является расстояние, соизмеримое с $\lambda/2$. Этот подход был исследован применительно к коллинеарному "клеверу", и получен прогнозируемый результат при синфазном питании от двух источников (рис. 1).

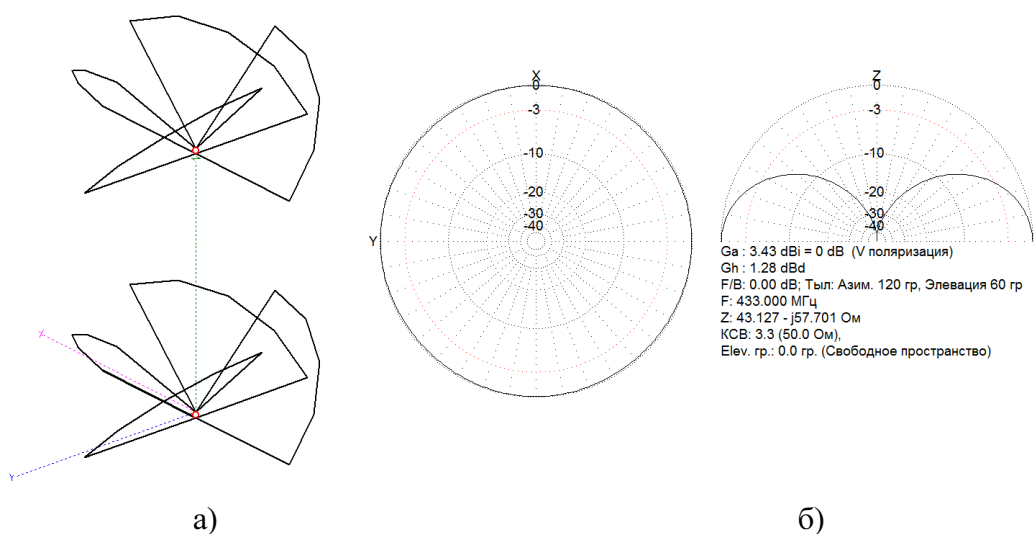


Рисунок 1 – Коллинеарный "клевер":
а – геометрия; б – диаграмма направленности и параметры

Для создания прикладного варианта антенны рационально применить техническое решение квазишунтового "клевера", которое имеет более оптимальные электрические параметры по сравнению с классическим "клевером" (3). Реализация питания осуществляется только в одной точке таким образом, чтобы токи в каждой точке "клеверов" распределялись синфазно, за счёт этого решается проблема использования 2-х источников питания. На рис. 2 и 3 изображены компьютерная модель прикладного решения, получившего название "этажерочный клевера", и исследовательский макет для экспериментальной проверки работоспособности описанной концепции.

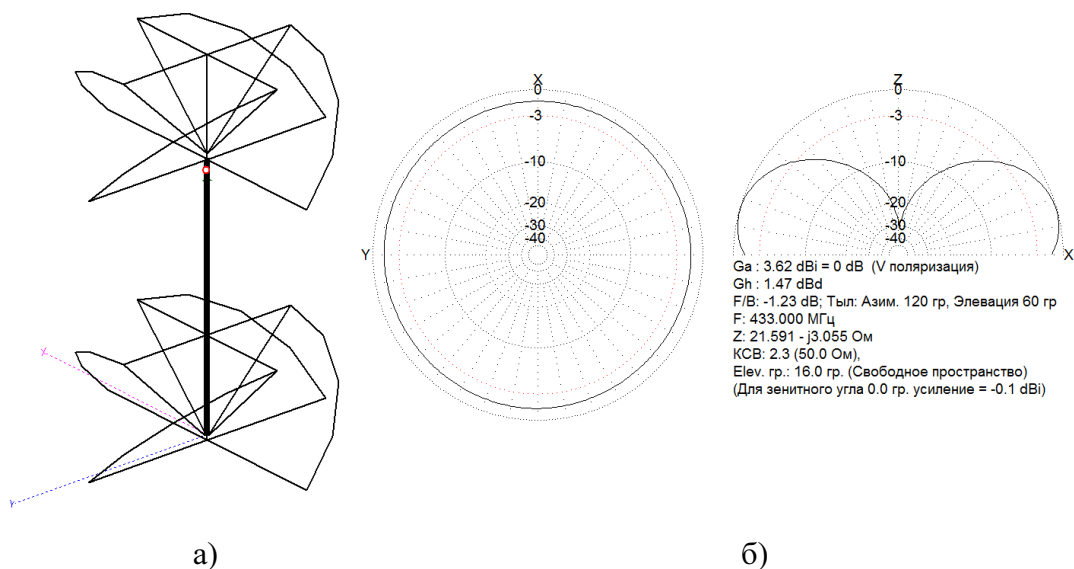


Рисунок 2 – Компьютерная модель "этажерочного клевера":
а – геометрия; б – диаграмма направленности и параметры

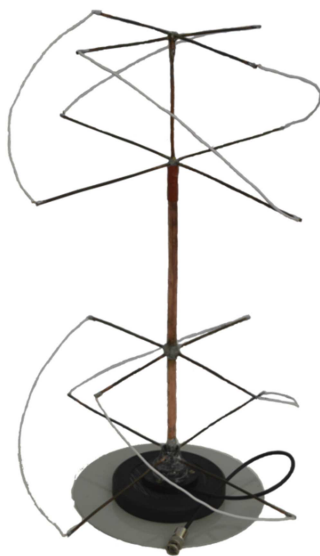


Рисунок 3 – Исследовательский макет "этажерочный клевер"

Но реализация данного технического решения имеет сложность, заключающуюся в исполнении подключения фидерной линии к антенне, так как небольшое отклонение точки подключения влечёт за собой искривление диаграммы направленности из-за расфазирования элементов антенны. Исправить этот недостаток возможно путём манипулирования взаимными положения элементов антенны, таким образом были смоделированы модификации "этажерочного клевера": разнонаправленный "этажерочный клевер" и встречнонаправленный "этажерочный клевер" (рис 4).

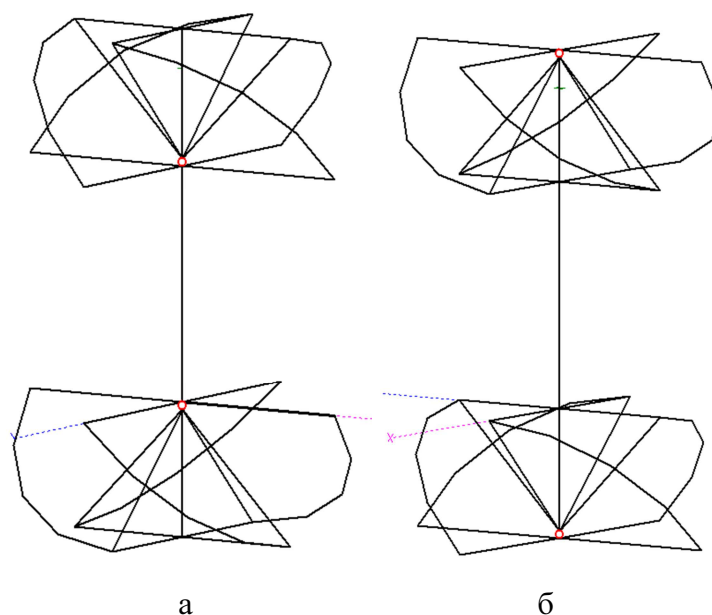


Рисунок 4 – Варианты "этажерочного клевера":
а – разнонаправленный; б – встречнонаправленный

Для повышения конструктивной надёжности "клевера" можно использовать гибридную конструкцию из фольгированного стеклотекстолита и медной проволоки. Это позволяет увеличить жёсткость конструкции при минимальном изменении электрических параметров антенны. В качестве проверки данного решения были созданы компьютерная модель (рис. 5) и натурный исследовательский макет для частоты 2.4 ГГц для тестирования работоспособности антенны и первичного описания технологического процесса изготовления. Моделирование проводилось в программе Ansoft HFSS 14, оно показало минимальное расхождение с параметрами, выданными программой MMANA-GAL (модель проволочной антенны), а именно $KCB(50 \text{ Ом}) = 1.15$, $Z = 50.78 + j3.79 \text{ Ом}$, $G_a = 1.58 \text{ dBi}$.

Вышеуказанный принцип можно применить к антенне "этажерочный клевер". Возможным вариантом реализации может быть конструкция, со-

стоящая из четырёх перпендикулярно расположенных пластин фольгированного стеклотекстолита, медные дорожки которого образуют горизонтальные и наклонные проводники антенны. На рис. 6. приведена конструкция "разнонаправленного этажерочного клевера" смоделированного в программе HFSS 14.

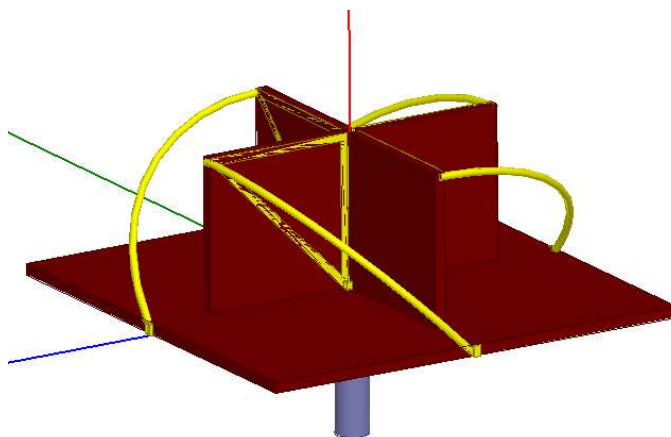


Рисунок 5 – Вид компьютерной модели квазишпунтового "клевера"

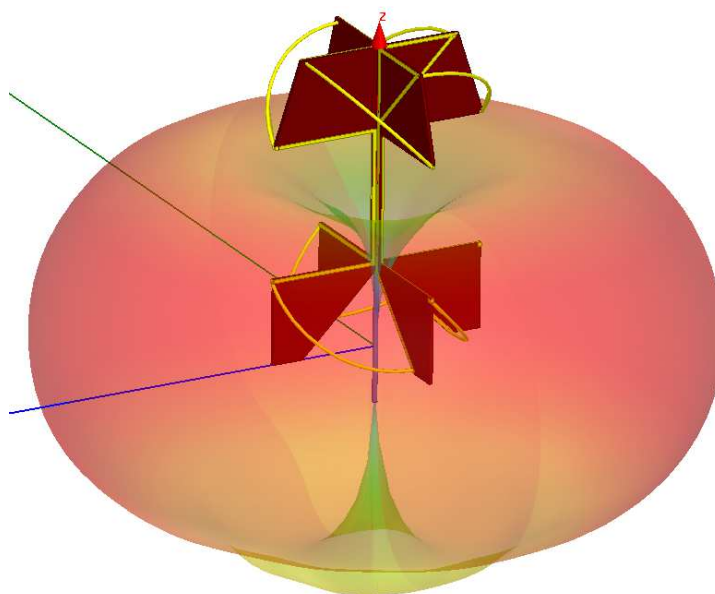


Рисунок 6 – Вид компьютерной модели "разнонаправленного этажерочного клевера"

Моделирование показало следующие результаты на частоте 2.4 ГГц: КСВ (50 Ом) = 4.03, $Z = 12.4 - j0.23$, $G_a = 3.78$ dBi.

Заключение

Результатом исследования является создание компьютерной модели изотропной в горизонтальной плоскости антенны круговой поляризации "разнонаправленный этажерочный клевер", что позволяет в дальнейшем времени

довести заложенную в антенне концепцию до прикладного решения в качестве исследовательского макета для дальнейшего изучения и развития направления антенн круговой поляризации типа "клевер".

Библиографический список

1. Боев Н. М. Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотными летательными аппаратами // Вестн. Сибирского гос. аэрокосмического ун-та имени академика М. Ф. Решетнева. Вып. 2 (42) / гл. ред. д. т. н. Ковалев И. В. – Красноярск : СибГАУ, 2012. – С. 86–91.

2. Гончаренко И. В. Компьютерное моделирование антенн. Все о программе MMANA. – М. : ИП РадиоСофт, Журнал "Радио". 2002 – 80 с. : ил. ISBN 5-93037-09203.

3. Антенна круговой поляризации квазишунтовой "клевер": пат. 166256 Рос. Федерация МПК⁵¹ Н 01 Q 21/24 / В. И. Милкин, Н. В. Калитенков, В. Н. Лебедев [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГТУ". – № 2016114836/28 ; заявл. 15.04.2016 ; опубл. 20.11.2016, бюл. № 32.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

Моделирование системы управления главным двигателем судна при реализации нечеткого управления с подстройкой коэффициентов

Баева Л. С., Федич Р. М. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: rfedich@mail.ru*)

Аннотация. Произведено исследование и моделирование системы управления главным двигателем судов с винтом фиксированного шага при реализации нечеткого управления с подстройкой коэффициентов в пакете Matlab.

Abstract. The researching and modeling of control system of the main engine of vessels with fixed pitch propeller was carried out in the implementation of fuzzy control with tuning coefficients in the package Matlab.

Ключевые слова: контроллер, нечеткий ПИД-регулятор с подстройкой коэффициентов.

Key words: controller, fuzzy PID controller with tuning coefficients.

1. Введение

В процессе эксплуатации происходит непрерывное снижение уровня технического состояния главного двигателя судна и обслуживающих механизмов. Поддержание спецификационных показателей обеспечивается своевременным выполнением комплекса мероприятий по техническому обслуживанию. Однако, несмотря на правильный выбор элементов пропульсивного комплекса и поддержание их в надлежащем техническом состоянии, в результате изменения условий эксплуатации часто нарушается соответствие между ними. Мощность, поглощаемая гребным винтом, зависит не только от скорости судна, но и от изменения его осадки, состояния моря, силы и направления ветра, навигационных условий плавания. В этих условиях правильный выбор эксплуатационного режима главного двигателя и его систем является основным средством достижения максимально возможных показателей работы судна при одновременном обеспечении надежности. Также правильно выбранный режим обеспечивает экономию топлива, а соответственно снижение затрат, улучшение показателей экологичности.

Таким образом, придание адаптивных свойств системе имеет большое значение. Эта задача может быть решена введением в систему управления частотой главного двигателя различных контроллеров. Работа нейросетевого контроллера была рассмотрена ранее в моей статье "Моделирование системы управления главным двигателем судна при реализации нейронного

и нечеткого управления". Цель же данной статьи – ознакомить вас с работой нечеткого ПИД-регулятора с автоматической подстройкой коэффициентов.

2. Моделирование комплекса двигатель – винт – корпус судна (модели ДВК) на базе линейного ПИД – регулятора

На основании математической модели комплекса двигатель – винт – корпус судна, была получена следующая структурная схема (рис. 1) модели ДВК на базе ПИД-регулятора.

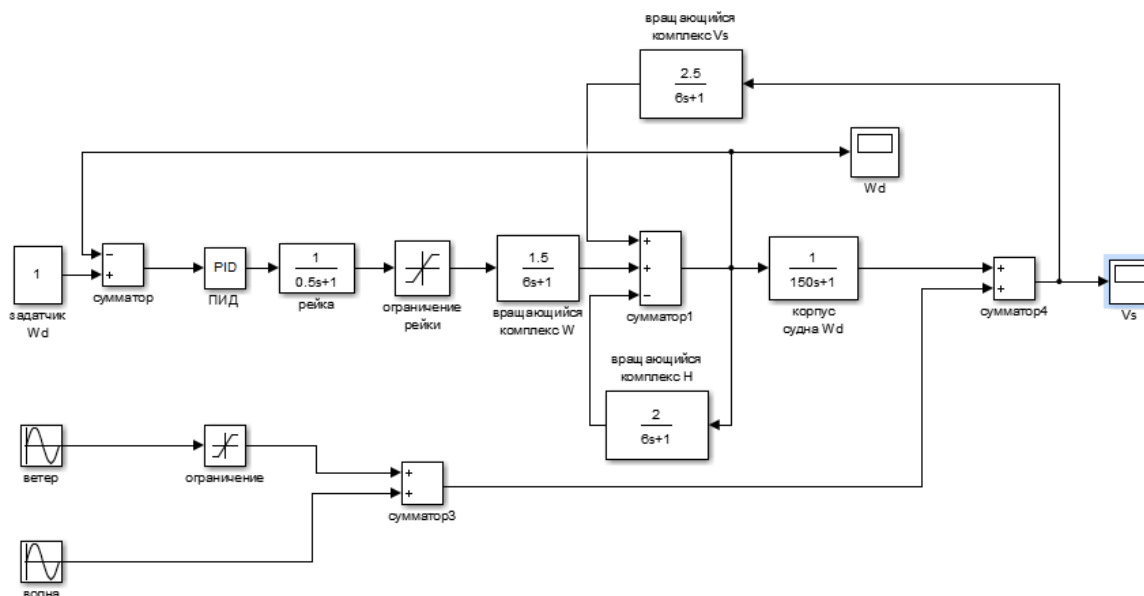


Рисунок 1 – Модель ДВК на базе ПИД-регулятора

По результатам исследования были получены следующие характеристики:

1. Поведение выходного сигнала частоты вращения главного двигателя (рис. 2).

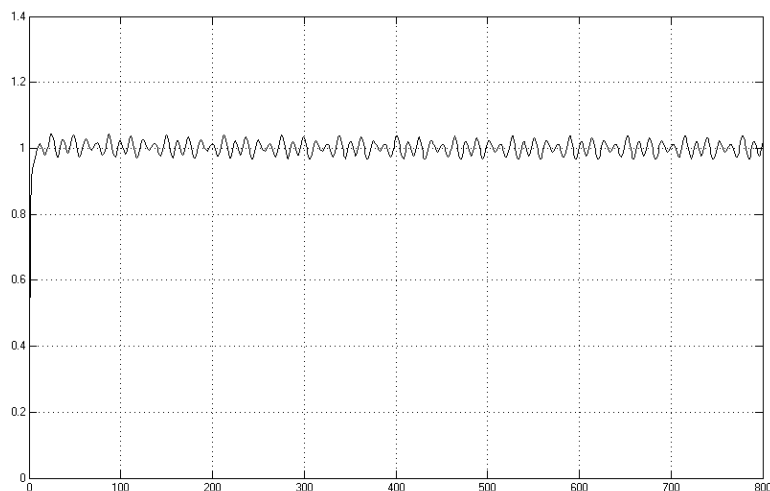


Рисунок 2 – Сигнал частоты вращения ГД

2. Поведение выходного сигнала скорости судна (рис. 3).

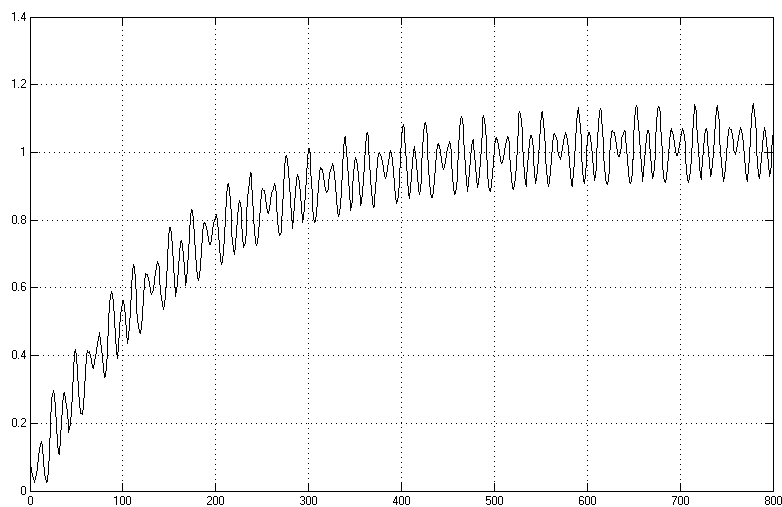


Рисунок 3 – Сигнал скорости судна

3. Моделирование на базе нечеткого контроллера

Для проверки работоспособности нечеткого подхода при решении задачи регулирования частоты вращения дизеля была разработана модель системы в среде MATLAB (рис. 4).

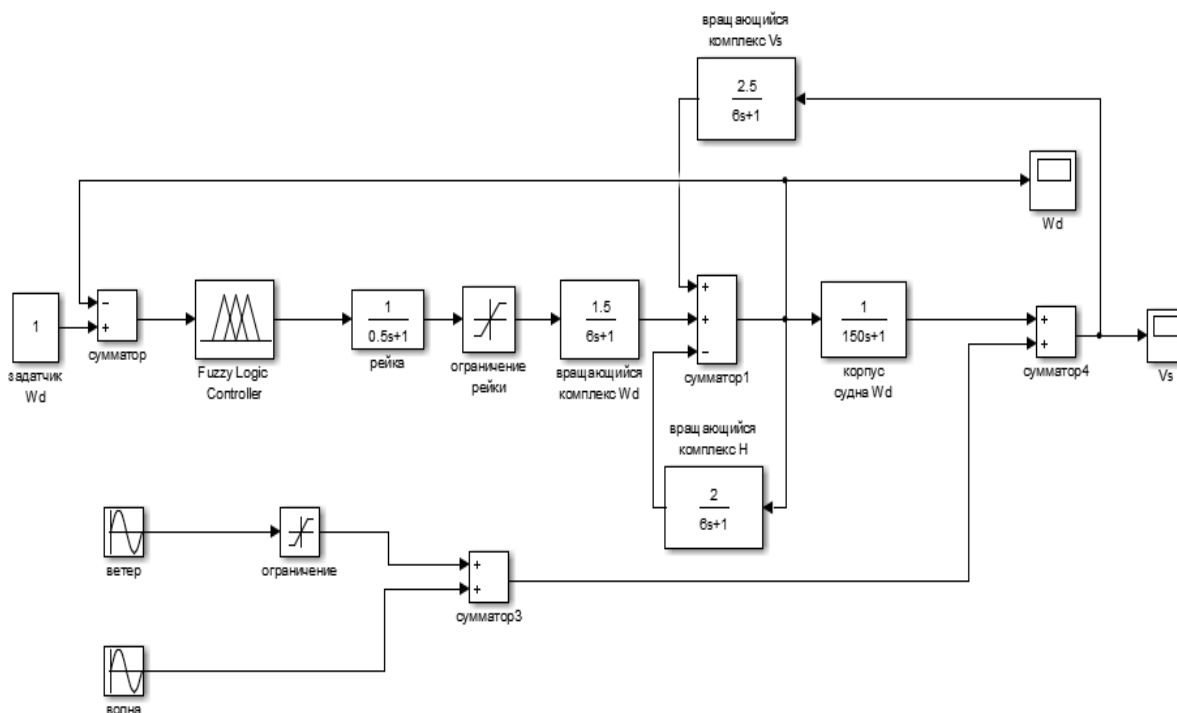


Рисунок 4 – Модель на базе нечеткого контроллера

Полученный результат моделирования, представленный на рис. 5–6, позволяет сделать вывод о том, что нечеткий контроллер создает оптималь-

ный сигнал управления, в силу чего также улучшаются выходные характеристики, по сравнению с ПИД-регулированием.

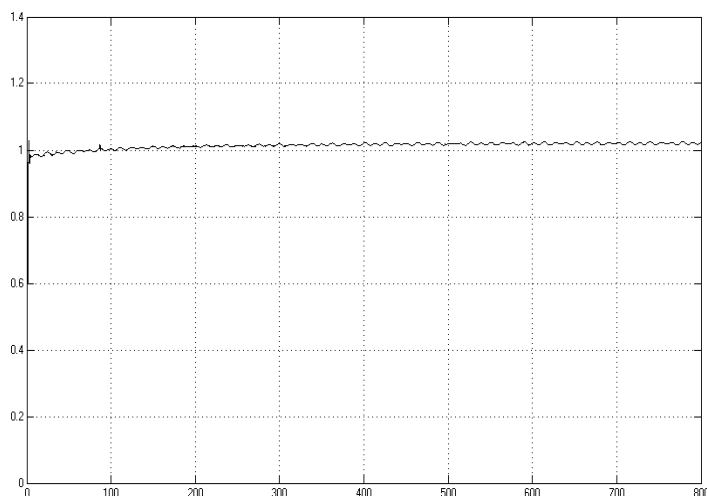


Рисунок 5 – Частота вращения ГД

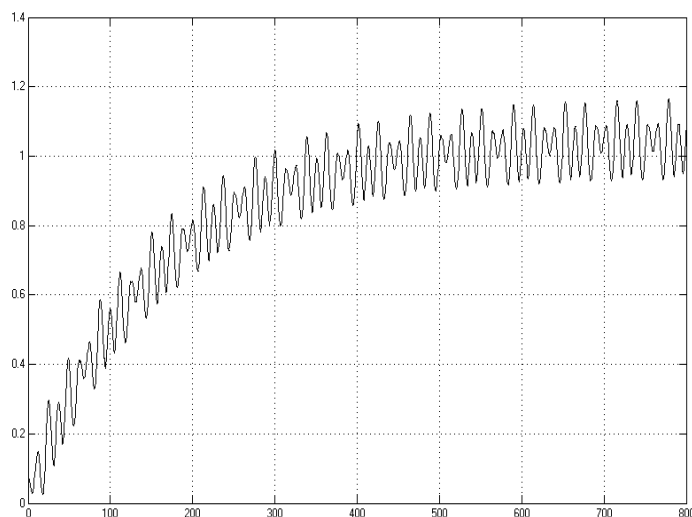


Рисунок 6 – Скорость судна

4. Моделирование на базе нечеткого контроллера с подстройкой коэффициентов

Для получения модели системы ДВК на базе нечеткого ПИД-регулятора с подстройкой коэффициентов, преобразуем полученную ранее модель на базе нечеткого контроллера к виду, показанному на рис. 7.

Полученный результат моделирования, представленный на рис. 8–9, позволяет сделать вывод о том, что нечеткий ПИД-регулятор с подстройкой коэффициентов создает оптимальный сигнал управления, в силу чего улучшаются выходные характеристики.

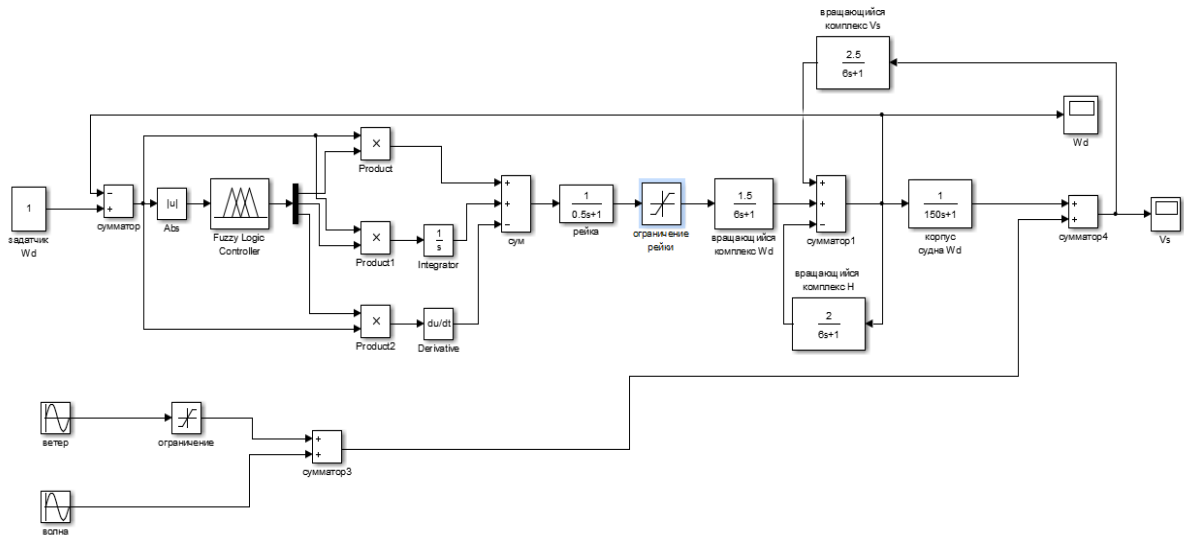


Рисунок 7 – Модель на базе нечеткого ПИД-регулятора с подстройкой коэффициентов

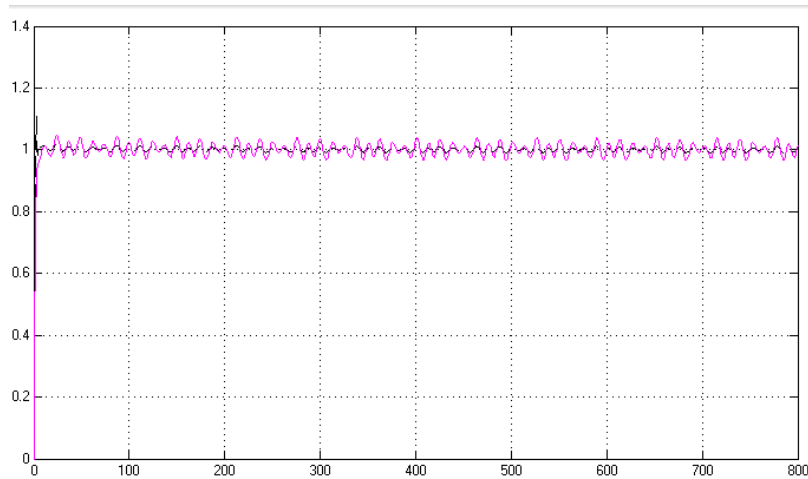


Рисунок 8 – График переходного процесса частоты вращения ГД,
1 – ПИД-контроллер; 2 – нечеткий ПИД-контроллер с подстройкой коэффициентов

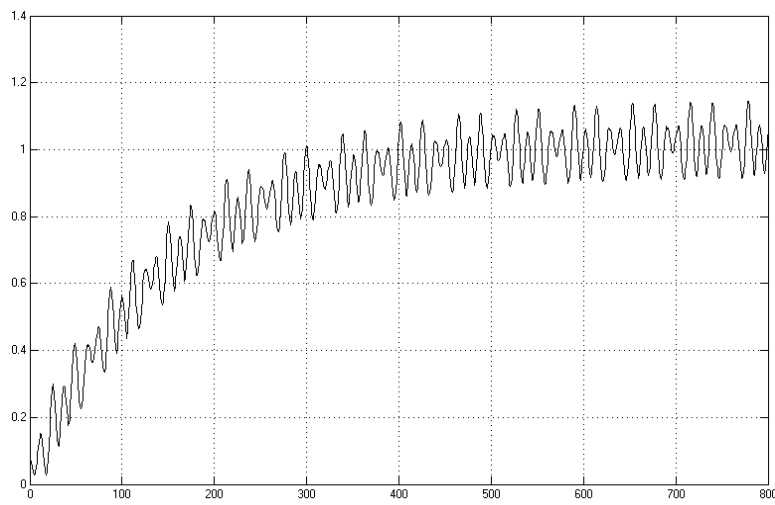


Рисунок 9 –График переходного процесса скорости судна

4. Заключение

Таким образом мы получили качественное регулирование частоты вращения, без сильного перерегулирования и изменения частоты вращения в установившемся режиме, что позволит нам согласно законам оптимального управления ВФШ на волнении, произвести экономию топлива.

В ходовом режиме при работе ГД с нечетким ПИД-регулятором с подстройкой коэффициентов мы имеем более качественное и точное регулирование частоты вращения, без высокого перерегулирования. В ходовом режиме работы дизель не будет потреблять лишнее топливо из-за перерегулирования, а также будет иметь оптимальную загрузку, что повысит эффективный расход топлива и обеспечит малую дымность выхлопных газов и, как следствие, лучшие показатели экологичности.

Библиографический список

1. Положение о технической эксплуатации судов рыбной промышленности: утв. Приказом Госкомрыболовства Рос. Федерации от 5 мая 1999 г. № 107. – Санкт-Петербург : Гипрорыбфлот-Сервис, 1999. – 136 с. – Режим доступа: <http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/ohrana-i-ispolzovanie-zhivotnogo-mira/22/polozhenie-o-tehnicheskoy-ekspluatacii-sudov-rybnoj-promyshlennosti.pdf>. – Загл. с экрана.
2. Правила классификации и постройки морских судов. В 5 т. Т. 2 : НД № 2-020101-077 : / Рос. мор. регистр судоходства. – [Изд. 17-е, изм. и доп.]. – Санкт-Петербург : Рос. мор. регистр судоходства, 2014. – 729 с.
3. Левин, М. И. Автоматизация судовых дизельных установок. – Л. : Судостроение, 1969. – 167 с.
4. Небеснов, В. И. Оптимальные режимы работы судовых комплексов – М. : Транспорт, 1974. – 200 с.
5. Прохоренков, А. М., Солодов В. С., Татьянченко Ю. Г. Судовая автоматика. – М. : Колос, 1992. – 448 с.
6. Баранов, В. В. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок. – СПб. : Судостроение, 2011. – 352 с. : ил.
7. Правила технической эксплуатации судовых дизелей / Гос. ком. РФ по рыболовству ; Гипрорыбфлот. – Санкт-Петербург : Гипрорыбфлот-Сервис, 1999. – 168 с.
8. Баева, Л. С. Технология судоремонта : учеб. пособие для вузов : в 2 ч. / Л. С. Баева ; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. – 2 ч.

Применение метода неравновесной термографии для контроля параметров полимерной изоляции

Власов А. Б.¹, Аллояров К. Б.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра электрооборудования, ²кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Рассмотрены результаты испытаний контроля параметров полимерной изоляции с помощью методов неравновесной термографии.

Abstract. Considered results of the test the checking parameter to polymeric insulation by means of methods dynamic thermography.

Ключевые слова: контроль, герметик, тепловой процесс, тепловизор.

Key words: polymeric insulation, dynamic thermography.

Методы неравновесной термографии основаны на импульсном тепловом воздействии на исследуемый материал (металл, диэлектрик) и контроле теплового поля с течением времени. Способ реализуется путем измерения температуры поверхностей с помощью тепловизора – "флэш-метод" [1], [2]: стимулирование объекта контроля с помощью теплового импульса от источников теплового излучения (ИК-ламп, ламп накаливания). В процессе испытаний происходит анализ условий прохождения тепловой волны в объеме исследуемого материала.

В качестве источника теплового излучения нами предложено воздействие кратковременный потоком теплого воздуха, который формируется нагнетательной установкой (типа фена).

В качестве объекта испытаний использован цилиндрический образец эпоксидного компаунда с размерами: длина цилиндра – $L = 57$ мм; диаметр – 47 мм (рис. 1).

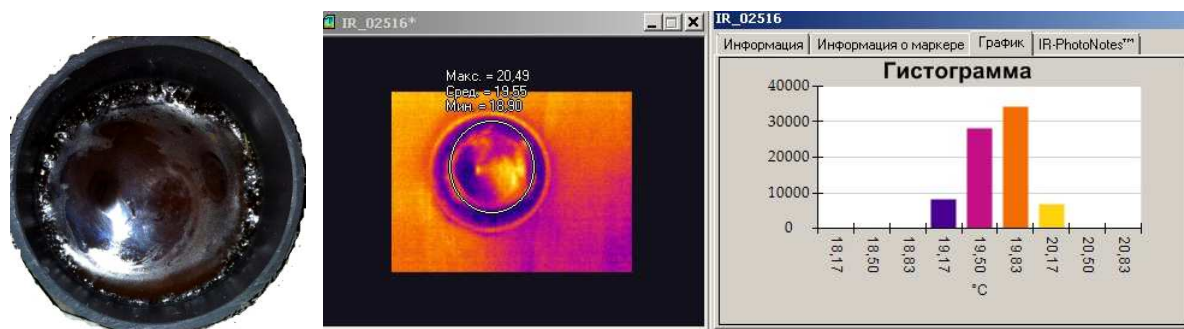


Рисунок 1 – Фотография (а), термограмма (б), гистограмма температур (в) задней поверхности образца (123 минуты после начала испытаний)

Проводился кратковременный (импульсный) обдув передней поверхности герметика теплым воздухом в течение 1 мин. Затем с помощью тепловизора непрерывно контролировалась температура задней поверхности путем регистрации увеличения температуры за счет прохождения тепловой волны от передней к задней поверхности, фотография которой представлена на рис. 1.

Поскольку температура поверхности исследуемого образца неодинакова, анализировалась гистограмма температур по поверхности для оценки максимальной T_{\max} и средней температуры $T_{\text{сред}}$.

После кратковременного теплового нагрева (1 мин) передней поверхности фен выключался. В результате испытаний получается серия термограмм, фиксируемых через 1-2 мину, на основе которых оцениваются значения превышения температур $\Delta T_{\max}(t)$ и $\Delta T_{\text{сред}}(t)$ задней поверхности исследуемого диэлектрика по соотношениям:

$$\Delta T_{\max}(t) = T_{\max}(t) - T_{\max}(0); \quad (1)$$

$$\Delta T_{\text{сред}}(t) = T_{\text{сред}}(t) - T_{\text{сред}}(0), \quad (2)$$

где $T_{\max}(t)$, $T_{\text{сред}}(t)$ – значения максимальной и средней температуры поверхности диэлектрика в процессе испытаний;

$T_{\max}(0)$, $T_{\text{сред}}(0)$ – температуры в начальный (нулевой) момент времени.

На рис. 2 приведены зависимости изменения температуры в процессе испытаний (интервал между кадрами 1,5 мин).

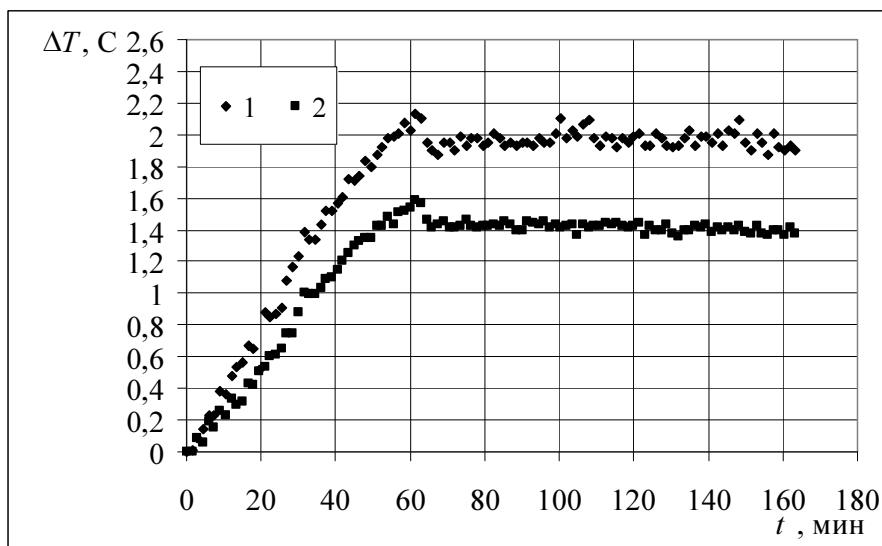


Рисунок 2 – Изменение превышения температуры задней поверхности эпоксидного компаунда; 1 – $\square T_{\max}$; 2 – $\square T_{\text{сред}}$. (нагрев 1 мин)

Видно, что после окончания импульсного нагрева температура задней поверхности цилиндра из эпоксидной смолы по мере прохождения тепловой волны продолжает повышаться с течение 60 мин, после чего монотонно уменьшается.

Используя методику расчета теплофизических параметров диэлектриков, предложенную в [1] для расчета коэффициента температуропроводности a , можно в первом приближении воспользоваться формулой:

$$a = 1,38L^2/\pi^2t_{1/2}, \quad (3)$$

где L – толщина изоляции;

$t_{1/2}$ – время, необходимое для того, чтобы температура задней поверхности достигала половины значения максимального превышения.

Используя экспериментальные значения ($L = 57 \cdot 10^{-3}$ м, $t_{1/2} = 32$ мин = = 1 920 сек), получаем значение коэффициента температуропроводности эпоксидного компаунда $a = 3,1 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Полученное значение согласуется с известными литературными данными [3].

Нарушения сплошности объема герметика, образование дефектов, сквозных пор и т. п. приводит к изменению теплофизических параметров герметика так, что дефекты обнаруживаются на термограмме.

Выводы

Разрабатываемая методика определения теплофизических параметров на основе методов неравновесной термографии является перспективной для оценки качества применяемых в судостроении и судоремонте компаундов, в том числе для оперативной оценки изоляции для гермовводов кабельных коробок.

Библиографический список

1. Parker W. J., Jenkins R. J. [et al.] "A Flash Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity, and Thermal Conductivity" Journal applied of physics, Vol. 32, 1964. – P. 1679–1684.
2. Вавилов В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
3. Кепман А. И., Макаренко И. В., Страхов В. Л. Экспериментальное исследование термохимических, теплофизических свойств и кинетики процесса отверждения полимерных композиционных материалов // Композиты и наноструктуры, т. 8, №4, 2016, 251–264.

Контроль старения изоляции кабелей КНРЭК

Власов А. Б., Власова С. В. Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования)

Аннотация. Разработан метод контроля свойств кабелей с резиновой изоляцией и оценки их технического состояния непосредственно в процессе эксплуатации на основе оценки твердости шланговой изоляции.

Abstract. The considered characteristic of the development of the right in process of the usages. The designed method of the checking on base of the estimation to insulation of the insulation of the cables.

Ключевые слова: кабель, резиновая изоляция, экспресс-метод диагностики, твердость.
Key words: cables, rubber insulation, methods estimation technical condition, hardness.

Кабели типа КНРЭК широко используются на промысловых судах. Шланговая изоляция подобных кабелей, в отличие от кабелей типа КНГ, создается на основе поливинилхлоридного пластика, характеризуемого высокой стойкостью и долговечность. Однако, вопрос о сроке службы кабелей и оценке степени их старения остается открытым, поэтому актуальным является разработка методов оперативного контроля качества шланговой изоляции и изоляции жилы в процессе длительной эксплуатации.

При испытаниях выборки кабелей типа КНРЭК проведен анализ параметров твердости состаренной шланговой изоляции и изоляции жилы, с помощью статистических функций распределение $F(H)$ и плотности распределения $f(H)$.

Контроль качества изоляции в процессе ее старения с течением времени осуществляется путем анализа изменения функций распределения $F(H)$ и плотности распределения, процедура испытаний описана в работах [1], [2].

Контроль производился с использованием приборов – измерителей твердости по методу Шора: ТН-200, Новотест ТШ Ц – А, Новотест ТШ Ц – Д, каждый из которых предназначен для контроля твердости резиновой изоляции в конкретном интервале значений.

На рис. 1 представлены функции распределения $F(H)$ (а) и плотность распределения $f(H)$ (б) для шланговой изоляции исходного кабеля КНРЭК 2х1,5, полученные при испытаниях с помощью различных приборов. Видно, что

значения твердости H , измеренные приборами ТН-200 и ТШ Ц-А идентичны. Значения твердости, полученные с помощью прибора Новотест ТШ Ц – Д отличаются, и поэтому должны анализироваться независимо от предыдущих данных.

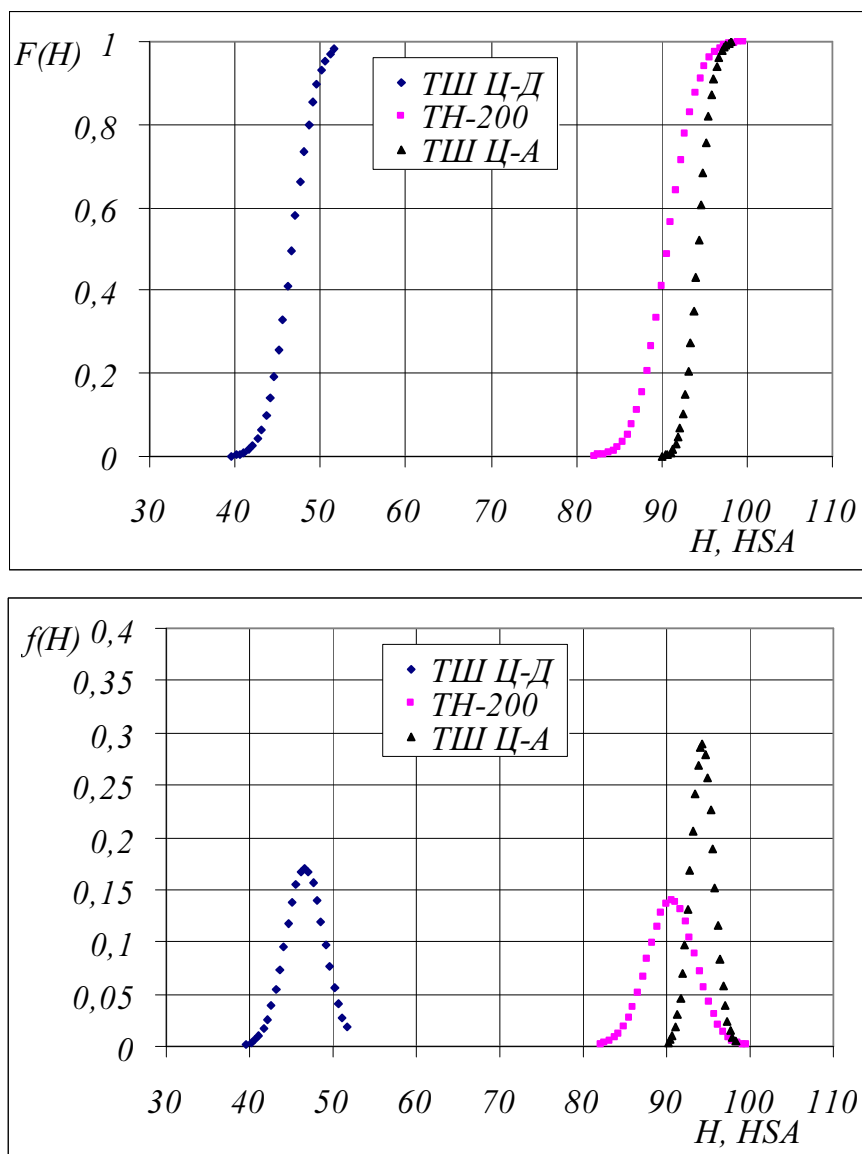


Рисунок 1 – Функции распределения $F(H)$ (а) и плотность распределения $f(H)$ (б) для шланговой изоляции, измеренные различными измерителями твердости

Исходный кабель КНРЭК характеризуется средними значениями твердости $\underline{H}_{из.ш} = (47 \pm 2) HSA$ (ТШ Ц-Д); $\underline{H}_{из.ш} = (91 \pm 3) HSA$ (ТН-200); $\underline{H}_{из.ш} = (94 \pm 2) HSA$ (ТШ Ц-А).

В процессе термического старения значение твердости шланговой изоляции кабеля КНРЭК возрастает, что проявляется в изменении значений $F(H)$ и $f(H)$.

На рис. 2 приведены значения функции распределения $F(H)$ шланговой изоляции кабеля КНРЭК в процессе ускоренного теплового старения при температуре 130 °С (кабель КНРЭК 2х1,5; прибор ТН-200).

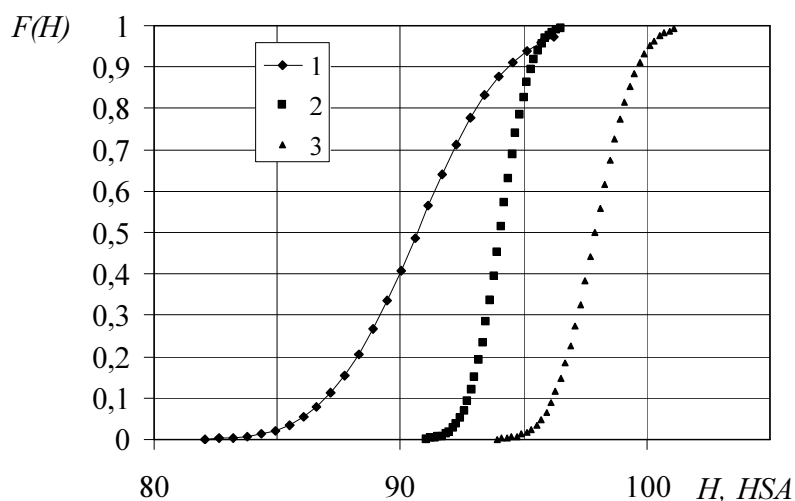


Рисунок 2 – Изменение функции распределения $F(H)$:
1 –исходный; 2 – 60 ч при 130 °С; 3 – 240 ч при 130 °С

Анализ показывает [1], [2], что старение кабелей с различным типом изоляции протекает идентично: твердость шланговой изоляции и изоляции

Выводы

1) Представленные результаты исследований твердости шланговой изоляции кабеля КНРЭК показывают, что контроль твердости шланговой изоляции кабелей является оперативным методом оценки качества кабелей в процессе их длительной эксплуатации.

2) Измерение параметров твердости кабельной изоляции может быть проведено с помощью приборов типа ТН-200, Новотест ТШ Ц – А, Новотест ТШ Ц – Д с учетом их индивидуальных характеристик.

Библиографический список

1. Власов А. Б., Мухалев В. А. Экспресс-анализ технического состояния кабелей с резиновой изоляцией // Судостроение, 2015, № 6. – С. 65–67.
2. Власов А. Б., Власова С. В., Мухалев В. А. Анализ изменения твердости изоляции кабелей в процессе ускоренного старения при повышенной температуре // Судостроение, 2016, № 3. – С. 31–33.

Методика определения качества герметика кабельных гермовводов

Власов А. Б., Мухалев В. А. Криштопов А. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Предложена методика определения качества герметика кабельных гермовводов на основе анализа неравновесных тепловых процессов с помощью тепловизора.

Abstract. The offered method of the determination quality insulation of cable entering on base of the analysis heat processes by means of thermovision.

Ключевые слова: контроль, герметик, тепловой процесс, тепловизор

Key words: method, quality insulation, of cable entering, thermovision.

Для предотвращения распространения пожара в смежные помещения широко используются кабельные уплотнительные коробки (герметичный ввод, гермоввод, кабельные коробки), например, на морских судах. Качество герметика характеризуется отсутствием трещин и нарушений в его объеме. Наличие трещин и сплошности герметика приводит к возможности водо- и воздухопроницаемости, что является недопустимым при целостном гермовводе.

Известны несколько способов [1] определения качества герметика кабельных гермовводов судовых конструкций. Например, помещение, через которое проходят кабели, заливают водой и создают в нем давление, оговоренное спецификацией судна. Недостатком данного способа является то, что он возможен только в помещениях специального назначения, которые могут затапливаться водой в процессе нормальной эксплуатации судна.

Другой способ реализуется путем закрытия в помещениях, через которые проходят кабели, дверей, горловин и создания в них воздушного давления, оговоренного спецификацией судна. Данный способ имеет ограничения по классу помещений, так как может быть применим в специальных помещениях, например, котельных отделениях с принудительным общим дутьем и подобных им.

Для проверки уплотнительных устройств, расположенных на верхних палубах судов используется способ, при котором уплотнительные конструкции для прохода кабелей обливают водой под давлением в 2 кг/см^2 с расстояния в 5 м с любого направления в течение 5 мин. Качество уплотнения мест прохода кабелей считают удовлетворительным, если с противополож-

ной стороны переборки, палубы не будут обнаружены пропуски воды. Недостатком данного способа является сложность его использования во внутренних помещениях с электрически оборудованием.

Наконец, для проверки уплотнительных устройств, расположенных в служебных и бытовых помещениях судна гермовводы (проходы кабелей, кабельные коробки) обдувают сжатым воздухом из шланга. Пропуски воздуха через уплотнительные конструкции контролируют смазыванием мест проход кабелей с другой стороны мыльным раствором. Качество уплотнения мест прохода кабелей считают удовлетворительным, если с противоположной стороны переборки, палубы или внутри помещения, внутри шкафа с электрооборудованием не будут обнаружены пропуски воздуха.

Описанные способы характеризуется значительной трудоемкостью и, в ряде случаев, невозможностью реализации в условиях эксплуатации судна или его ремонте.

Предложен способ определения качества кабельных гермовводов, основанный на принципах импульсного теплового неразрушающего контроля материала. В качестве технического средства, регистрирующего температурное поле поверхности герметика после воздействия теплового импульса, используют тепловизор. Наиболее близкими к предлагаемому способу являются способы определения теплофизических материалов и конструкций путем измерения температуры поверхностей с помощью тепловизора [2], [3], в основе которых лежит так называемый "флэш-метод" [2] – стимулирование объекта контроля с помощью теплового импульса от источников теплового излучения (ИК-ламп, ламп накаливания). В процессы испытаний происходит анализ условий прохождения тепловой волны в объеме исследуемого материала.

Объектом испытаний служил цилиндрический образец герметика - эпоксидного компаунда длиной 57 мм.

Проводят обдув передней поверхности герметика теплым воздухом в течение нескольких минут и непрерывно контролируют температуру задней поверхности с помощью тепловизора, регистрируя прохождение теплового поле от передней к задней поверхности. При наличии воздухопроницаемых дефектов, отверстий на задней поверхности с помощью тепловизора регистрируются участки с повышенной температурой, обусловленные выходом теплого воздуха через сквозные дефекты от передней (нагреваемой) поверхности к задней (наблюдаемой) поверхности.

Результаты тепловизионной съемки изучаемого объекта обрабатываются при помощи прилагаемого к тепловизору программного обеспечения, с помощью которого находятся значения максимальной температуры задней поверхности объекта (в области дефектов) с течением времени и локализация наблюдаемых дефектов герметика (рис. 1а).

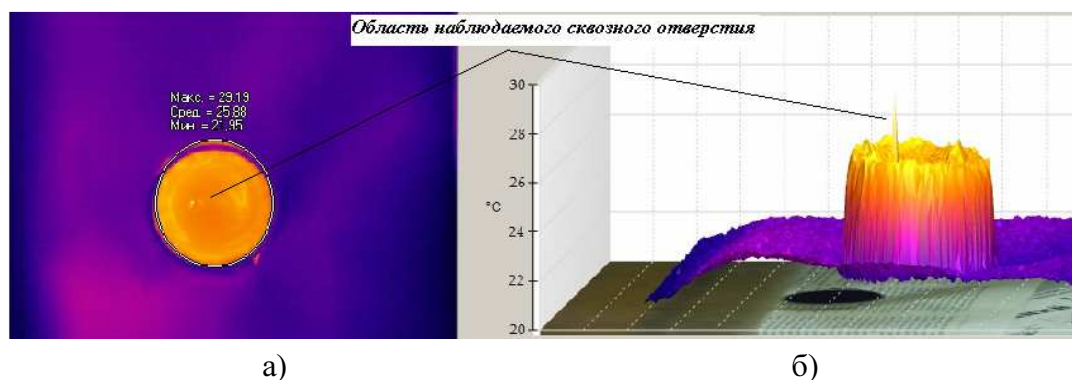


Рисунок 1. Теплограмма задней поверхности со сквозным отверстием (а) и объемная гистограмма с локализацией дефектной области (б)

На рис. 1б приведен пример гистограммы после обработки снимка с использованием специального программного обеспечения тепловизора "FLUKE".

Выводы

1) Предложенный способ определения качества сплошности герметика кабельных вводов, включающий тепловое стимулирование переднего слоя герметика нагретым тепловым потоком потоком воздуха, позволяет регистрировать имеющиеся сквозных дефекты.

2) Параметры выявляемых сквозных дефектов определяются характеристиками дефекта (длина, диаметр), оптическими характеристиками тепловизора (разрешающая способность, чувствительность), скоростью и температурой потока воздуха, который обдувает переднюю поверхность.

Библиографический список

1. Основы обеспечения герметичности в судостроении : монография / В. Л. Александров, В. Д. Горбач, В. М. Кузавков, А. Я. Розинов, А. И. Воронин, В. Е. Уткин, В. В. Штайц. – СПб. : Судостроение, 2007. – 312 с.
2. Parker, W. J., Jenkins R. J. [et al.] "A Flash Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity, and Thermal Conductivity"// Journal applied of physics, Vol. 32, 1964. – P. 1679–1684.
3. Власов, А. Б. Способ определения теплофизических характеристик материалов. Патент РФ на изобретение № 2224245, заявка № 202108341, МКП 7 G 01 № 25/18, 2003.

Анализ тепловых процессов в судовой компрессорной установке на основе термографии

Власов А. Б.¹, Сергеев К. О.², Соловьев Б. В.³ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра электрооборудования судов, ²кафедра судовых энергетических установок, ³МЦПК ИДПО)

Аннотация. В этой статье рассмотрены изменение тепловых процессов при разных режимах работы компрессорной установки с помощью термографии. Этот метод исследования позволяет оперативно получать данные для анализа не прибегая к инструментальному контролю. С помощью использования термограмм диагностика и контроль рабочих процессов оборудования становится более эффективными и своевременными.

Abstract. In this paper, we consider the change in thermal processes under different operating conditions of a compressor unit using thermography. This method of research allows to quickly obtain data for analysis without resorting to instrumental control. Through the use of thermograms, the diagnosis and control of the working processes of equipment become more efficient and timely.

Ключевые слова: Термограмма, термография, тепловизионный контроль, судовые ДВС, режимы нагрузки, предварительная оценка.

Key words: Thermogram, thermography, thermal imaging control, ship engines, loading regimes, preliminary estimation.

Термографическая технология для исследования тепловых процессов в машинах, с помощью которой можно получить полное тепловое изображение машины или узлов машины без применения традиционных приспособлений и нарушения рабочего режима, не требует значительной настройки и обеспечивает оперативную диагностику. Подобные методы могут быть использованы как часть процесса мониторинга состояния, когда такой процесс осуществляется в соответствии с требованиями ISO 17359.

С учетом особенностей методов количественной термографии, в том числе, специфического влияния коэффициента излучательности на значения измеряемых температур поверхности, можно, в первом приближении, выделить множество прикладных задач, связанных с оперативной диагностикой технического состояния машин и выработки экспертных решений.

Для примера, рассмотрим результаты тепловизионного анализа для определения температурных режимов работы установки на базе компрессора 1К компании "Главремфлот Кандалакшский Мехзавод", приводимый

в действие электродвигателем через ременную передачу. Поставлена задача проследить как изменяются тепловые режимы работы компрессора и ременной передачи, в зависимости от давления в баллоне по параметрам, полученным в процессе анализа термограмм, в зависимости от положения камеры.

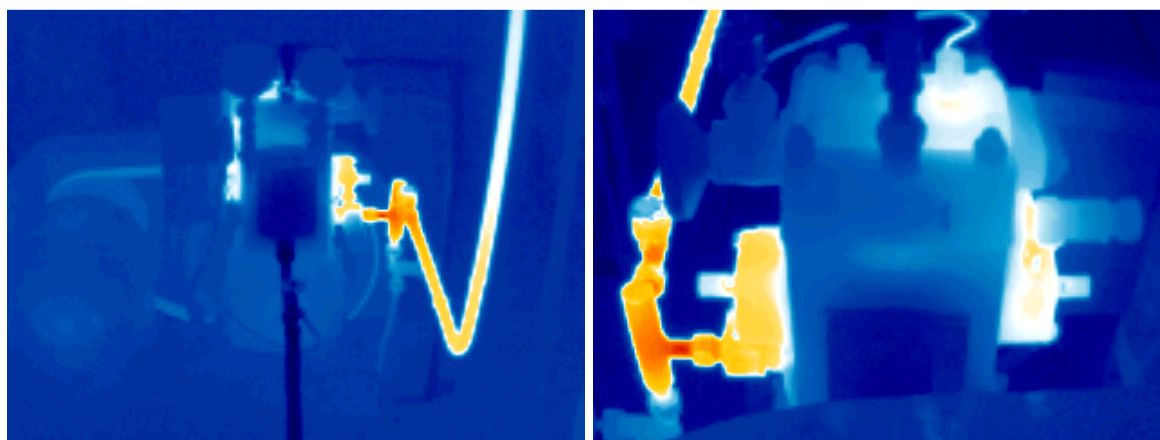
Фотографии объектов наблюдения приведены на рис. 1–4.



а) б) в)

Рисунок 1 – Фотографии Компрессорной установки (а), приводного механизма (б) и вид со стороны маховика (в)

Термограммы выходного патрубка перед фильтром отстойником.



а) б)

Рисунок 2 – Термограммы выхлопного коллектора при различных положениях камеры:
а) Общий вид установки; б) Вид со стороны маховика

Замер температуры на реперных точках и давления в баллоне производился через равные интервалы времени (каждые две минуты).

Вывод

К окончанию процесса накачки баллона наблюдается незначительное снижение скорости нарастания давления и значительное снижение скорости нарастания температуры на контролируемом участке, что свидетельствует о согласованной работе установки и хорошем состоянии ЦПГ и клапанов.

На рис. 3 приведены две кривые которые показывают температуру выбранной области с разных расстояний и под разным углом. Линии графиков изменяются похожим образом, но все же имеют отличия особенно в фазе с высокой динамикой. Можно сделать вывод что косвенный метод оценки рабочих режимов уместен, если пользоваться только изменением температуры. О фактическом значении температуры можно говорить только после дополнительных исследований.

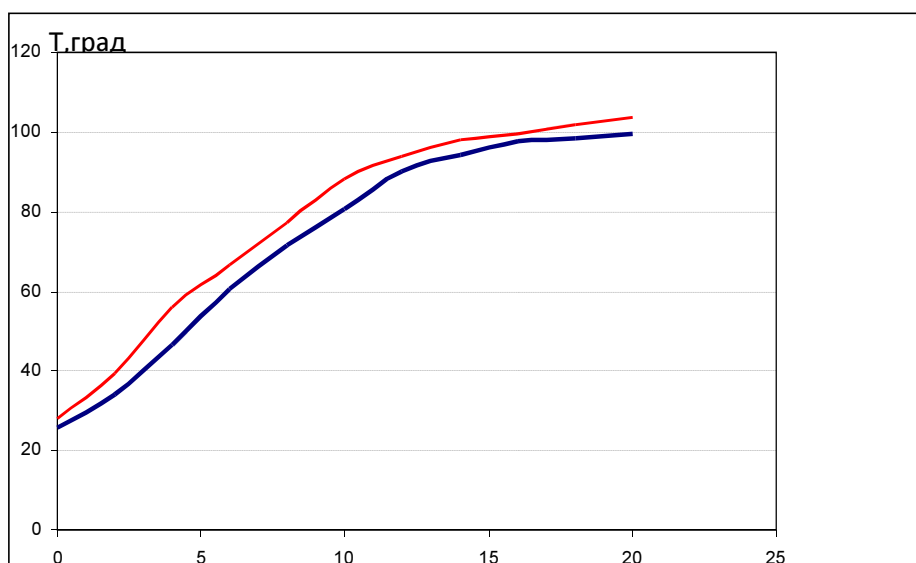


Рисунок 3 – График изменения температуры выходного патрубка:
Красный график – замер со стороны маховика и расстояния 1 м;
Синий график – замер со стороны общего вида и расстояния 2 м.

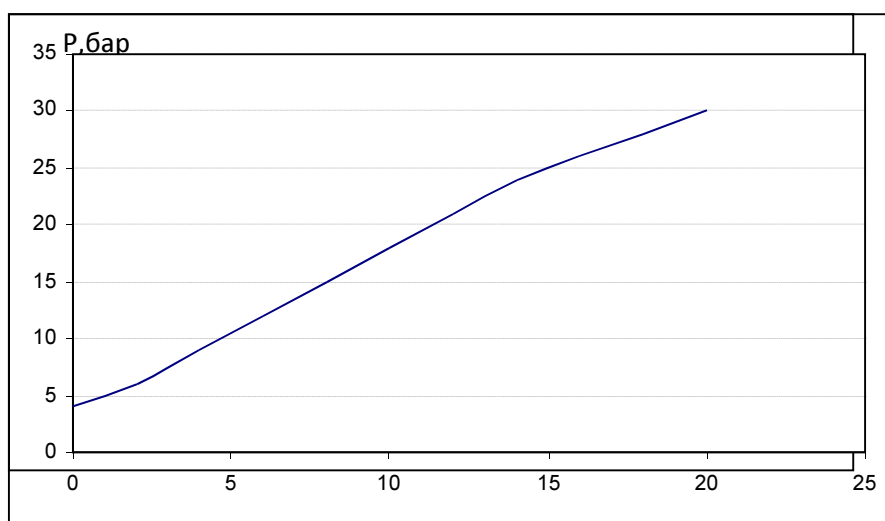


Рисунок 4 – График изменения давления в баллоне

Осмотр ременной передачи (рис 5).

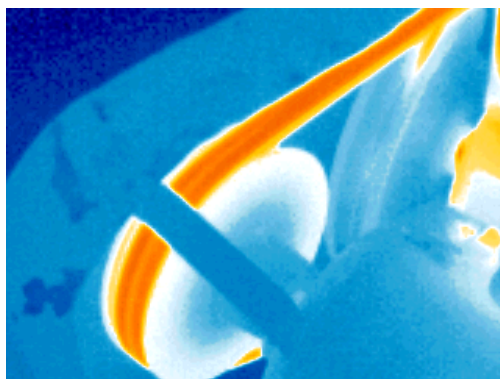


Рисунок 5 – Теплограмма ременной передачи

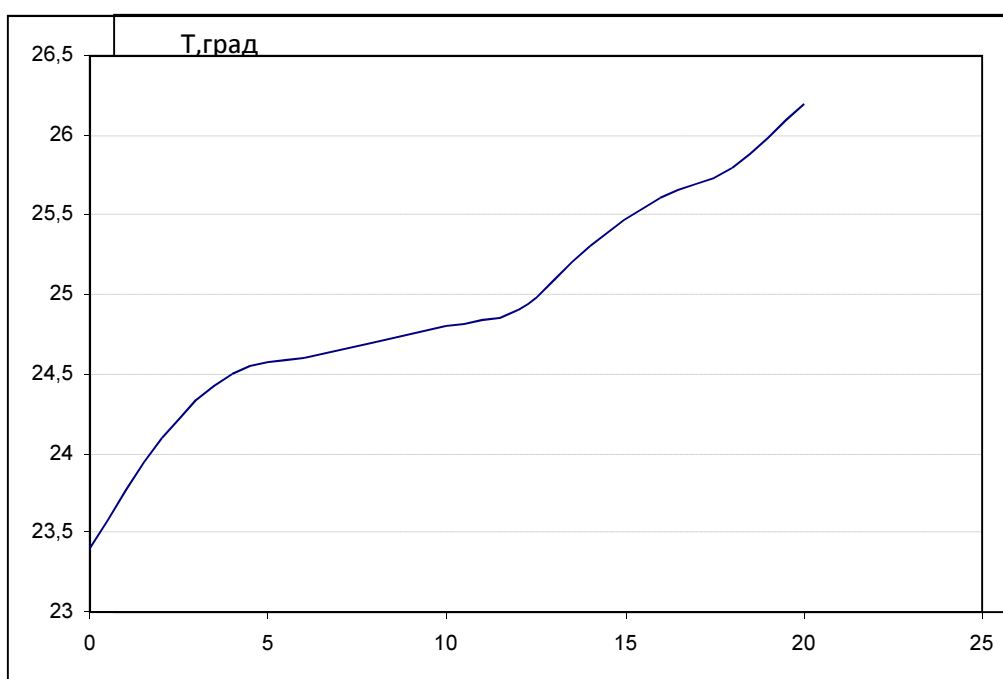


Рисунок 6 – График изменения температуры ременной передачи

Анализ графика изменения температуры ременной передачи (рис. 6) показывает, что от момента начала закачки воздуха в баллон до окончания процесса температура поднялась на 4 градуса, что свидетельствует о нормальной работе передачи.

Библиографический список

1. Власов, А. Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики / А. Б. Власов. – М. : Колос, 2006. – 280 с.

Стенд для определения качества герметика с помощью тепловизора

Криштопов А. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Описан стенд для определения методика определения качества герметика с помощью тепловизора.

Abstract. The described stand for determination methods determinations quality of insulation by means of thermovision.

Ключевые слова: контроль, герметик, тепловой процесс, тепловизор

Key words: stand, insulation, thermovision

Для проведения испытаний по оценке качества герметика методом неравновесной тепловой термографии разработан стенд, общая схема которого представлена на рис. 1. В отличие от известных методов неравновесной тепловой термографии, используется тепловая активация потоком теплого воздуха, который, проникая через дефекты герметика, производит аномальный локальный нагрев на задней поверхности, противоположной нагреваемой.

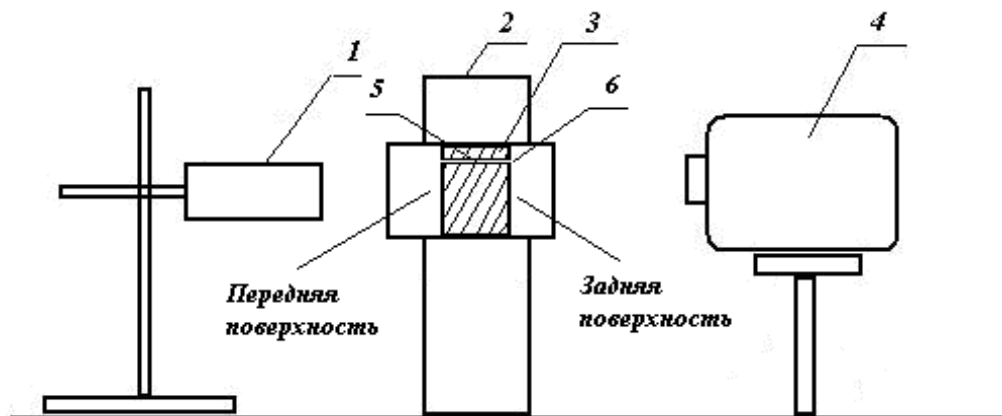


Рисунок 1 – Схема проведения испытаний для контроля качества кабельного гермоввода: 1 – фен (нагнетатель воздуха); 2 – переборка (стенка); 3 – герметик в проходной втулке; 4 – тепловизор; 5 – воздухопроницаемый дефект герметика; 6 – локализация участка с повышенной температурой на задней поверхности герметика

Передняя поверхность герметика обдувается, например, феном с нагретым воздухом, установленным на расстоянии не более 100 мм; при нагреве температура передней поверхности герметика не превышает 50–60 °С. Скорость ветрового потока, обеспечиваемого феном (нагревателем), достигает десятки метров в секунду.

Проводят обдув передней поверхности герметика теплым воздухом в течение нескольких минут и непрерывно контролируют температуру задней поверхности с помощью тепловизора, регистрируя прохождение теплового поля от передней к задней поверхности. При наличии воздухопроницаемых дефектов, отверстий на задней поверхности с помощью тепловизора регистрируются участки с повышенной температурой, обусловленные выходом теплого воздуха через сквозные дефекты от передней (нагреваемой) поверхности к задней (наблюдаемой) поверхности.

Для регистрации температуры задней (необлучаемой) поверхности слоя и локализации дефектов на задней поверхности используют тепловизор.

В процессе испытаний производится снятие термограмм через 15–30 с в течение последующих 15–40 мин в зависимости от толщины герметика и размеров сквозных дефектов.

Результаты тепловизионной съемки обрабатываются при помощи прилагаемого к тепловизору программного обеспечения, с помощью которого находятся значения максимальной температуры задней поверхности объекта (рис. 2).

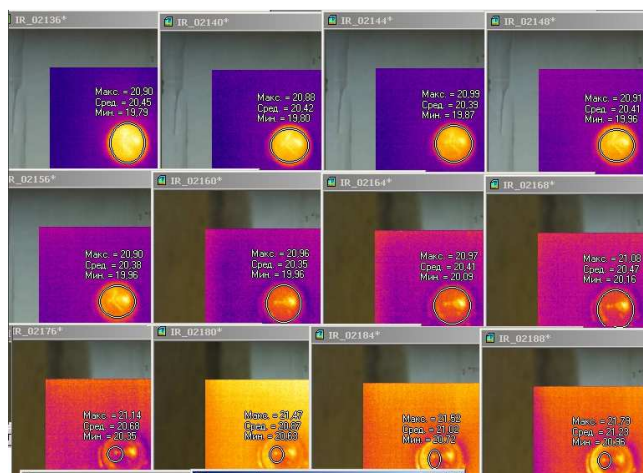


Рисунок 2 – Серия последовательных термограмм, полученных при проведении неравновесной тепловой термографии

Созданный стенд позволяет провести испытания методом неравновесной тепловой термографии для оценки теплофизических характеристик герметика и обнаружения дефектных участков в его объеме.

Библиографический список

1. Власов А. Б. Способ определения теплофизических характеристик материалов. Патент РФ на изобретение № 2224245, заявка № 202108341, МКП 7 G 01 № 25/18, 2003.

Защита металлоконструкций, судов и сооружений от биологического повреждения и обрастания

Орешкина В. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта)

Аннотация. Проведено теоретическое исследование и анализ на предмет технологий по защите металлоконструкции, судов и сооружений от биологического повреждения и обрастания.

Abstract. A theoretical study and evaluation of technologies for the protection of metal structures, vessels and structures from biological deterioration and fouling.

Ключевые слова: металлоконструкции, суда, портовые и гидротехнические сооружения, окружающая среда, агрессивность, защита от обрастания.

Key words: steel structures, ships, port and hydraulic structures, environment, aggression, protection from fouling.

Металлоконструкции, оборудование, суда, портовые и гидротехнические сооружения, эксплуатирующиеся в речной и морской воде, через некоторое время подвергаются воздействию обитателей водной среды. Обрастание водорослями и микроорганизмами становится причиной усиления процессов коррозии металла в водной агрессивной среде, которая приводит к преждевременному разрушению объектов.

Проблема обрастания впервые была упомянута в папирусах около 412 г. до н. э., где говорится, что для борьбы с обрастанием использовалась смесь мышьяка и серы с хиосским маслом. Христофор Колумб писал: "Все корабли обрабатывались смесью жира и дегтя, чтоб предотвратить распространение морских рачков и древоточцев, и каждые несколько месяцев судно вытаскивали на берег и чистили". В 1625 г. Вильям Билль зарегистрировал первый патент на рецепт смеси для защиты от обрастания, в основе которой были железный порошок, медь и цемент. Для защиты от обрастания лорд Нельсон закреплял на корпусе судна медные пластины, что во время сражения давало существенное преимущество в маневренности. Подводная часть корпусов судов является одним из самых сложных, с точки зрения защиты, участков судна, так как в процессе эксплуатации она подвергается не только усиленному коррозионному воздействию агрессивной среды, но и обрастанию животными и растительными организмами. При обрастании подводной части корпуса судна увеличивается сопротивление воды его движению (известно,

что биомасса на кораблях, стоящих на якоре в Индийском океане, достигла в размере до полуметра и источала сильные запахи) в результате чего необходимо увеличивать мощность энергетической установки для достижения к перерасходу топлива и ухудшению экономических показателей на рейс.

Для защиты корпуса судна и других подводных конструкций от обрастания наиболее распространенным методом является применение специальных противообрастающих красок с токсичными компонентами. В качестве токсинов используются соединения меди, ртути, цинка, мышьяка, олова, свинца и некоторые органические ядовитые соединения, токсичные для морских животных и водорослей. Основное свойство противообрастающих красок заключается в том, что при эксплуатации они постепенно растворяются и их ядовитые компоненты препятствуют поселению личинок на обшивке корпуса или убивают их. Необрастайки бывают двух видов: у одних красок яд и пленкообразующая основа разрушается одновременно и по мере растворения яда толщина пленки краски уменьшается. У других красок яд растворяется без растворения основы, содержания яда в пленке уменьшается, а толщина не изменяется. Хотя эти покрытия высокоэффективны, они очень опасны для морской среды. Так продукты выщелачивания олово органических добавок нанесло в зону, где в большом количестве использовались это краски, угрожающий ущерб этим системам. Решением Международной Морской Организацией применение данного средства от обрастания постепенно ограничивается, а в некоторых случаях запрещено.

В настоящее время разрабатываются технологии покрытий в ответ на растущую потребность в нетоксичной альтернативе имеющихся средствах. Современные экологические требования при разработке новых противокоррозийных-противообрастающих покрытий сводится к следующему:

- Полное запрещение, в соответствии с решением ООН, использование оловосодержащих покрытий как наиболее опасных для окружающей среды;
- Разработка и использование в противообрастающих покрытиях новых малотоксичных добавок, не содержащих тяжелых металлов;
- Создание противообрастающих покрытий, токсичные компоненты которых в морской воде быстро теряют свою биологическую активность;

Разработка покрытий с замедленным выделением из них в окружающую среду вредных компонентов, что обеспечит снижение их концентрации в морской воде.

Одним из новых направлений в использовании низко-токсичных компонентов является применение ряда стандартных фармацевтических про-

дуктов для использования их в качестве противообрастающих агентов. Данные исследования находятся на стадии начальной разработки и являются только примерами на пути к созданию покрытий, не представляющих опасности для окружающей среды и не содержащих токсичных веществ. Это группа продуктов, которую исследователи показывают КЕТИМИНАМИ.

Существует так же подход к созданию очень скользкой поверхности покрытия, к которой не могут прикрепиться морские организмы. На самом деле нет необходимости уничтожать живые существа для того, чтобы поддерживать чистоту поверхности, надо просто не позволять им прилепиться и размножиться. Именно таким образом, покрытие на основе силикона обеспечивают нетоксичную защиту.

Суть технологии заключается в том, что биоорганизмы могут расти на поверхности таких покрытий, но их сцепление неустойчиво, поэтому они могут быть удалены щеткой, струей воды или самоочищаются просто встречной водой при движении судна. Силиконовые полимеры показали себя лучше, чем другие покрытия. Несмотря на то, что метод покрытия очень дорог он окупает все затраты.

Повышенная гладкость покрытия способствует повышению скоростных характеристик судов и обеспечивает экономию топлива. Чем крупнее становятся корабли, курсирующие по океанам, тем дороже становится процесс докования для замены необрастающего покрытия. Таким образом растет потребность в удлинении срока службы покрытия.

В настоящее время фирмами разработаны ЛКМ высоко эффективное самоколирующее и самосглаживающиеся противообрастающее покрытие на основе силиконовых эластомеров гидролизного типа с междуковым интервалом более 90 месяцев.

Кажется, что индустрия производства покрытий сумело найти идеальный ответ почти на все проблемы, связанные с обрастанием. Но вот киты и другие морские млекопитающие живут десятилетиями, не вырабатывая токсичные биоциты, но их кожный покров почти не обрастает. Возможно, ключом к их успеху является существование объективной структуры и вариативной гидрофобности на микро или на нано уровне. Сегодня исследователи могут воспроизвести некоторые свойства этих кожных покровов при помощи таких систем, как взаимопроникающие полимерные сети.

Учёным, исследователями есть еще над чем работать в обеспечении идеального покрытия от биообрастания.

Библиографический список

1. NC – Newchemistry.ru. НПФ. Балтсинтез. Аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа: <http://www.newchemistry.ru>. – Загл. с экрана.
2. Морское агентство ТРАНС-сервис. – Режим доступа: <http://sudostroenie.info/predpriyatija/844.html>. – Загл. с экрана.
3. Морские покрытия Jotun. – Режим доступа: <http://www.jotun.com/ru/ru/corporate/business/marine-coatings>. – Загл. с экрана.
4. Морские покрытия – ТИККУРИЛА. Жидкие ЛКМ и технологии нанесения ООО "ТИККУРИЛА КОУТИНГС": лакокрасочные материалы для судоремонта. – Режим доступа: http://www.gammalkm.spb.ru/files/nodus_items/0000/0017/documents/artic_ship-paints-tikk-gamma_prom_coat-06-2010-1416472780.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
5. Дайджест "Очистка, окраска: новые технологии, оборудование, техника". – Режим доступа: <http://avidreaders.ru/book/daydzhest-ochistka-okraska-novye-tehnologii-oborudovanie.html>. – Загл. с экрана.
6. CORROSIO.ru. – Режим доступа: <https://www.corrosio.ru>. – Загл. с экрана.
7. EUROPAGES mobi. Очистка судов 223 предприятия. – Режим доступа: <http://www.europages.com.ru>. – Загл. с экрана.

Методика инспекции готовности грузовых помещений к приёмке груза в процессе технической эксплуатации судов торгового флота

Петров А. Л., Баева Л. С., Петрова Н. Е., Кумова Ж. В., Орешкина В. М.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта)

Аннотация. Проведен анализ этапов инспекции грузовых помещений, предложена методика инспекции готовности судна и грузовых помещений к приёмке груза в процессе технической эксплуатации судов торгового флота.

Abstract. The analysis stages of the inspection of cargo spaces, the proposed method of inspection of readiness of the vessel and cargo spaces to the acceptance of the goods in the process of technical operation of vessels of the merchant fleet.

Ключевые слова: судно, погрузка, грузовые помещения, осмотр, инспекция, безопасность.
Key words: ship, loading, cargo facilities, inspection, inspection, safety.

Введение

В процессе погрузки судов торгового флота навалочными грузами, каждая категория груза предъявляет свои особые требования к грузовым помещениям. Характер и объём подготовки грузовых помещений зависит от транспортных характеристик груза и судна, определенных в нормативных документах, от грузов, перевозимых на судне ранее, от требований фрахтователя, хорошей морской практики, а также параметров предполагаемого рейса (время рейса, погодных условий). Данная методика контроля предполагает определение состояния и готовности грузовых помещений для погрузки и перевозки конкретного груза.

Порядок проведения инспекции

Перед началом инспекции необходимо знать требования, которые предъявляются судну и его грузовым помещениям, а также необходимые мероприятия и этапы подготовки данного судна к приёмке данного груза.

Необходимо ознакомиться и указать в отчёте выполненные экипажем мероприятия и этапы подготовки судна к приёмке груза.

Инспекция грузовых помещений на предмет готовности к приёмке груза может предусматривать несколько этапов, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Этапы инспекции грузовых помещений

№ п/п	Проводимые мероприятия
1	Подготовка к проведению инспекции (определение требований, предъявляемых к судну и порядка проведения инспекции)
2	Проведение визуального осмотра судна, люковых закрытий и грузового оборудования
3	Проведение визуального осмотра грузовых помещений
4	Проведение испытания на водонепроницаемость

Во время проведения инспекции с привлечением стороннего специалиста, его должен сопровождать член экипажа.

Инспекцию желательно проводить в дневное время, в противном случае необходимо обеспечить хорошую освещенность.

Все обнаруженные замечания, несоответствия, а также, в случае возникновения сомнения необходимо зафиксировать и своевременно сообщить о них представителю администрации судна для того, чтобы экипаж смог без задержки предпринять усилия по исправлению всех недостатков и несоответствий [1].

Порядок проведения визуального осмотра судна

Для обеспечения сохранности груза в случае нештатной ситуации, необходимо провести проверку судовых систем: осушительной, пожарной, вентиляционной, кондиционирования.

При проверке герметичности люковых закрытий и системы гидравлики закрытия трюмов следует обратить внимания также на состояние резиновых уплотнений крышек трюмов и лазов, осмотр комингсов,

В случае использования люков типа McGregor, люковые закрытия, должны быть активизированы не менее двух раз.

В случае использования понтонов, эти люки должны быть перемещены на главную палубу. Необходимо определить возможные несоответствия (наличие воды, посторонних материалов или остатков предыдущих грузов и т. п.).

При перевозке палубного груза, следует проверить установку достаточного числа рымов и обухов для крепления найтовов, подбор необходимых устройств для крепления и размещение их в местах погрузки, подготовку необходимых материалов с повышенным коэффициентом трения и размещение их в местах погрузки, установку защиты от возможного повреждения

грузом трубопроводов, идущих по палубе, надежность люковых закрытий, очистку шпигатов и штормовых портиков от грязи и их исправность, обозначение на палубе мест, которые должны быть оставлены свободными от груза для обеспечения доступа к пожарным постам, люкам, дверям на соответствие схеме крепления палубного груза, одобренной компетентным органом в следующем порядке:

1. Порядок проведения визуального осмотра грузовых помещений, предусматривающий в-первую очередь, необходимость осмотра грузовых помещений на предмет определения сухости, чистоты, отсутствия запахов, остатков груза, тары, сепарации, мусора, следов подтёков (масла, воды), ржавчины, значительных повреждений и деформаций.

При осмотре льяльных колодцев на предмет их закрытия/чистоты/сухости также необходимо проверить исправность устройств, служащих для наблюдения за уровнем воды в льялах;

Во избежание повреждения груза, необходимо проверить состояния заклепок, швов и трубопроводов на предмет обнаружения подтеков и течи, а также проверку состояния настила второго дна, пиллерсов, водонепроницаемых переборок.

Для обеспечения безопасности, необходимо провести осмотр трапов грузовых помещений, проверку надежности закрытия отверстий, доступ к которым после загрузки судна будет невозможен, и отверстий, которые в соответствии со своим назначением должны быть закрыты [3].

2. Порядок проведения испытания на водонепроницаемость. При перевозке навалочных грузов, люковые закрытия должны быть проверены на водонепроницаемость. Инспекция может быть ограничена визуальным осмотром (не содержат каких-либо отверстий, очевидных повреждений, фиксация общего состояния резиновых люковых уплотнений, их наличие или отсутствие). Существуют различные методы испытаний на непроницаемость: налив воды под напором, налив воды без напора, надув воздухом, поливание струей воды под напором, поливание рассеянной струей воды, обдув струей сжатого воздуха, смачивание керосином, люминесцентный метод, надув воздухом с применением течеискателей, комплексом "течеискатель-генератор", вакуумирование с применением вакуумкамер, испытания с применением цветной проникающей жидкости (ЦПЖ) и лакричного корня, с использованием ультразвука, меловой [2].

Заключение

Погрузка судна является одним из важнейших этапов технологии морской перевозки грузов. Строгий контроль готовности грузовых помещений к приёмке груза в процессе технической эксплуатации судов торгового флота необходим как с экономической точки зрения, так и для обеспечения безопасности мореплавания.

О любом выявленном риске, замечаниях или несоответствиях необходимо немедленно информировать представителя судовой администрации, для возможности устранения всех недостатков и несоответствий.

Инспекцию готовности грузовых помещений необходимо производить с особой внимательностью, так как недостаточное внимание или компетенция влечет за собой большие материальные расходы, как со стороны грузополучателя, так и со стороны грузоотправителя.

Библиографический список

1. Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации от 30.04.1999 № 81-ФЗ от 07.02.2017 (ред. от 07.02.2017). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22916/ – – Загл. с экрана.
2. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации : НД № 2–020101-012 / Рос. морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2017. – 454 с. – Режим доступа: <http://www.rs-class.org/upload/iblock/4e1/4e1898831d882659feac3fd028b71ffe.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов. Общие требования и положения – Введ. 1996–08–01; 4-М, Т. 2.– Приказ Федеральной Службы Морфлота России № 22 от 05.06.96.

Особенности и риски эксплуатации судов в условиях северных морей

Радионовская Т. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", магистрант, кафедра управления производством)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности эксплуатации морских судов в условиях северных морей, которые определяются рядом обстоятельств, связанных с географическим положением заполярья, его климатическими условиями, и оказывающих влияние на работу судовой техники. Приведены аспекты страховых особенностей ледовых рисков. Проанализированы требования полярного кодекса к эксплуатации судов.

Abstract. In the article the features of operation of ships in the context of the northern seas, which is determined by a number of circumstances relating to the geographical location of the polar region, its climatic conditions, and influencing the work of ship's equipment. Are aspects of insurance features ice risk. The polar code requirements are analyzed in the operation of vessels.

Ключевые слова: эксплуатация судов, полярные воды, ледовые риски, международный кодекс.

Key words: ship operations, polar water ice risks international code.

Подготовка морских судов к эксплуатации в ледовых и штормовых условиях, включающая подготовку судового оборудования, пополнение аварийного оснащения, оформление готовности судна к использованию при отрицательных температурах воздуха должно осуществляться в соответствии с Международным кодексом для судов, эксплуатируемых в полярных водах.

С понижением температуры прочностные характеристики стали растут, а вязкость и пластичность уменьшаются, меняются показания технических параметров; может происходить нарушение работы контактов. Влияние низкой температуры на надежность работы технических средств проявляется в самых разнообразных формах.

Определенная часть судовладельцев, в своей профессиональной деятельности сталкиваются с теми или иными аварийными происшествиями, которые впоследствии либо представляют страховой случай, либо не представляют таковой, поэтому рассмотрим некоторые страховые аспекты аварийных происшествий в условиях эксплуатации судна в арктических водах.

Необходимо учитывать то, что при составлении договоров морского страхования, или при их возобновлении, внимание судовладельцев или риск-

менеджеров приковано в основном к списку застрахованных рисков, размеру страховых премий, суммам франшиз и зачастую их внимание рассеивается при выверке исключений из объема страхового покрытия. Вместе с тем исключений может быть несколько, а именно к ним могут быть отнесены пиратские риски; ледовые риски; военные риски[1]. Сконцентрируемся на вопросе повышенных ледовых рисков. К любому полису существуют определенные приложения, одно из них – Institute Warranties (Районы, исключенные из стандартного страхового покрытия в отношении ледовых повреждений судов). Оно было принято в 1976 г. Следует отметить, что если судовладелец по рискам корпуса, машин и механизмов судна застрахован в финской компании, то там подобный раздел называется по-другому, и районы могут отличаться от районов, указанных, например в немецких или норвежских условиях. Для судовладельцев, эксплуатирующих свои суда в районе Северного морского пути, это не является сюрпризом, в отличие от судовладельцев, которые эксплуатируют суда в Черном и Каспийском морях. Для них данные убытки, связанные с ледовыми повреждениями судов, пока носят если не катастрофический, то не всегда предсказуемый характер, поскольку навигация судов проходит в южных морях в относительно теплый сезон [1].

Требования к техническому состоянию судов разрабатываются исходя из таких факторов как:

- Низкая температура окружающей среды;
- Лед;
- Особенности времени суток (долгая полярная ночь или длительный полярный день);
- Удаленность;
- Высокая чувствительность окружающей среды к загрязнениям [2].

Международная морская организация (ИМО) приняла Международный кодекс для судов, эксплуатируемых в полярных водах (Полярный кодекс). Полярный кодекс получил обязательный статус посредством принятия новой Глава XIV МК СОЛАС "Меры безопасности для судов, работающих в полярных водах" [3].

Главной задачей Полярного кодекса является повышение безопасности судоходства, а также значительное уменьшение неблагоприятных факторов, влияющих на экипаж и окружающую среду, во время эксплуатации судов в полярных водах (арктические и антарктические воды). На рис. 1 видно, что

кодекс обращает внимание на проектирование, постройку, эксплуатацию судов и обучение экипажа основам охраны окружающей среды и проведения поисково-спасательных операций.



Рисунок 1 – Задачи Полярного кодекса

Полярный кодекс вступил в силу с 1 января 2017 г. Он будет применяться к новым судам, построенным после этой даты. Суда, построенные до 1 января 2017 г., должны будут приведены в соответствие с требованиями Полярного кодекса к моменту очередного освидетельствования, которое пройдет после 1 января 2018 г. [4].

Принимая во внимание, что Полярный кодекс содержит требования, как по безопасности, так и по защите окружающей среды, часть требований будут иметь обязательный статус в соответствии с МК МАРПОЛ [3].

Таким образом, эксплуатация судов в условиях северных морей имеет определенные особенности, связанные с ледовыми рисками, которые должны быть учтены при заключении страховых договоров. Требования к техническому состоянию морских судов определяются факторами, связанными климатическими условиями арктических территорий, и регулируются Международным кодексом для судов, эксплуатируемых в полярных водах. Выполнение

требований Полярного кодекса значительно снизит вероятность аварийных происшествий при эксплуатации судов в условиях северных морей.

Библиографический список

1. Ивлев С. А. Особенности страхования судов при эксплуатации флота в условиях Арктики. [Электронный ресурс]. URL: <http://marine-insur.info/journal/favorites/1054-2012-11-18-19-21-07.html> (дата обращения 10.04.2017)
2. Полярный кодекс от 1 января 2017 года. [Электронный ресурс]. URL: http://cirspb.ru/news?news_id=62 (дата обращения 10.04.2017).
3. Международный кодекс для судов, эксплуатируемых в полярных водах (Полярный кодекс) Принят 15 мая 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420376046> (дата обращения 11.04.2017).
4. Полярный кодекс. [Электронный ресурс]. URL: <http://ibicon.ru/polar-code.html> (дата обращения 11.04.2017).

Расчет рабочего процесса газового дизеля

Сергеев К. О., Головки М. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты теоретического расчета рабочего процесса газового дизеля, определяются значения эмпирических коэффициентов расчетной модели учитывающей динамику тепловыделения, приведена погрешность результатов расчета по сравнению с параметрами реального дизеля переоборудованного для работы на газе.

Abstract. The results of the theoretical calculation of the working process of a gas diesel engine, the values of the empirical coefficients of the calculation model taking into account the dynamics of heat release, the error of the calculation results compared with the parameters of a real diesel engine converted for work on gas are considered in this article.

Ключевые слова: расчет рабочего процесса, газовые двигатели, динамика тепловыделения, индикаторная диаграмма.

Key words: calculation of the working process, gas engines, dynamics of heat release, indicator diagram.

Введение

Актуальным направлением развития судовых двигателей является повышение энергетической эффективности, топливной экономичности и экологической безопасности в соответствии с необходимыми значениями. Значения экономических и экологических показателей двигателя зависят от организации рабочего процесса и рода применяемого топлива, что определяет интенсивность процессов сгорания и тепловыделения в цилиндре.

В соответствии с требованиями Приложения VI МАРПОЛ происходит постепенное ужесточение требований к содержанию оксидов серы, азота и углерода, а также твердых частиц в выбросах морских судов. Это показывает, что необходимость применения более экологически чистых и экономически доступных топлив возрастает с каждым годом. Для судов, построенных после 1 января 2011 г., по выбросам окислов азота должно обеспечиваться снижение на 20 % по отношению к уровню 2000 г., а для судов построенных после 1 января 2016 г. на 80 % [1,2].

Из-за этого актуальной является задача перевода двигателей внутреннего сгорания на другой вид топлива, которым является природный газ, по следующим причинам – газ значительно экономичнее нефтяного топлива, а также проще решаются экологические проблемы при использовании газообразного топлива.

Переход на газовое топливо не требует конструктивных изменений дизельных двигателей, необходима лишь дополнительная установка оборудования для его подачи и хранения [1, 2].

Альтернативное газообразное топливо имеет перед традиционными следующие преимущества: почти вдвое дешевле жидких топлив, но расход газа несколько выше жидкого нефтяного топлива (10–15 %), природный газ не содержит вредных примесей (свинец, сера), подается в двигатель в газообразной фазе, не смывает масляную пленку со стенок цилиндров и не разжижает масло в картере; равномерно наполняет цилиндры гомогенной смесью, сгорает полностью, без образования нагара на поршне и клапанах [1, 2].

Природный газ горит медленнее, чем дизельное топливо, снижаются нагрузки на цилиндро-поршневую группу, и работа двигателя становится "мягче" и тише, вредных веществ содержится в отработанных газах меньше [1, 2].

Практические преимущества:

- топливная экономичность газодизеля, превосходит дизель в стоимостном выражении до 25 %;
- экологическая безопасность газодизеля, значительно превосходит дизельный рабочий процесс;
- при переоборудовании дизельного двигателя на газодизельный рабочий процесс нет необходимости в конструктивных изменениях;
- двигатель способен работать на двух видах топлива, т. е. при необходимости его можно переводить с одного вида топлива на другое [1, 2].

В связи с указанными преимуществами и перспективами применения газового топлива, необходимо знать, как теоретически рассчитывать газодизельный рабочий процесс, который достаточно хорошо изучен и апробирован на транспортных и стационарных двигателях, но недостаточно исследован для судовых ДВС.

Расчет параметров газового цикла

Из-за отсутствия в литературе практических рекомендаций по расчету газового цикла, в качестве исходных данных для отработки методики расчета применяются результаты испытания малоразмерного двигателя переделанного для работы на газовой смеси приведенные в работе [1, 2].

Рабочий процесс в газовых двигателях, можно осуществить как с внешним, так и с внутренним смесеобразованием. Как правило, применяется внешнее смесеобразование. Этот способ смесеобразования позволяет использовать

в ДВС, работающих на жидком топливе, газообразное топливо, не изменяя конструкцию ДВС. Зажигание рабочей смеси в газовых двигателях происходит с помощью запальной порции дизельного топлива [1, 2].

Расчет процесса сгорания проводился с учетом динамики выгорания топлива (по методу И. И. Вибе). Расчет индикаторной диаграммы методом В. И. Гриневецкого, не учитывает реального характера выделения теплоты во времени, т. е., истинную кинетику процесса сгорания и влияние угла опережения подачи топлива, которые оказывают очень большое влияние на дальнейшее изменение параметров состояния рабочего тела в процессе сгорания. По этим причинам результаты упрощенных расчетов процессов сгорания оказываются приближенными и неполными [3].

В основе расчета процесса сгорания по методу И. И. Вибе лежит полуэмпирическая зависимость характера процесса выгорания топлива от продолжительности процесса сгорания φ_z и коэффициента m , характеризующего некоторые конструктивные и эксплуатационные особенности двигателя [3, 4]. Эта зависимость выражается уравнением

$$x = 1 - e^{C \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{m+1}} \quad (1)$$

где x – доля сгоревшего топлива при угле поворота коленчатого вала φ ;

e – основание натурального логарифма;

C – постоянная в уравнении выгорания;

φ – угол поворота коленчатого вала от начала процесса сгорания;

φ_z – продолжительность процесса сгорания, выраженная в градусах коленчатого вала;

m – показатель характера сгорания.

Постоянная C определяется уравнением:

$$C = \ln(1 - x_z), \quad (2)$$

где x_z – доля выгоревшего топлива к концу процесса сгорания.

Если считать, что к концу процесса сгорания выгорело 99,9 % топлива, то $x_z = 0,999$. Тогда постоянная $C = \ln(1 - 0,999) = -6,908$. При 99 % сгоревшего топлива $C = -4,605$ [3, 4, 7].

Уравнение выгорания топлива универсально, его можно использовать в расчетах характеристик тепловыделения как дизельных, так и двигателей с искровым зажиганием [3].

Дифференцируя уравнение (1), получим выражение для относительной скорости сгорания топлива:

$$\omega = \frac{dx}{d(\varphi / \varphi_z)} = c(m+1) \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^m e^{c \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{m+1}}, \quad (3)$$

Период задержки воспламенения определялся по известной формуле А. И. Толстого:

$$\tau_i = B \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{C} \cdot \sqrt{\frac{T_0}{P_0 \cdot 10} \cdot e^{\frac{E \cdot C^{n-1}}{R_0 \cdot T_0}}}. \quad (4)$$

Эмпирические параметры φ_z и m обладают определенным физическим смыслом, например, φ_z и, соответственно t_z , определяет не только общую продолжительность процесса сгорания, но также является показателем средней скорости сгорания [3].

Расчет процесса сжатия и процесса расширения проводился традиционно по методу В. И. Гриневецкого.

Цель проведения расчетов заключалась в определении всех эмпирических коэффициентов в модели И. И. Вибе соответствующих газовому циклу экспериментального дизеля, параметры которого приведены в [1]. Критерием правильности расчетов служит совпадение расчетных параметров индикаторной диаграммы с действительными параметрами, полученными при замерах на дизеле и приведенными в [2].

Заключение

В результате проведенных расчетов было выявлено, что для дизеля 2Ч 9,5/11 переоборудованного для работы на газе, приемлемое совпадение расчета с эффективной мощностью реального дизеля получено со следующими эмпирическими параметрами:

- продолжительность процесса сгорания $\varphi_z = 50$ град. п. к. в.;
- показатель характера сгорания $m = -0,3$;
- оптимальная доля выгоревшего топлива к концу процесса сгорания $X_z = 0,99$.

Расчетная мощность $N_e = 8,99$ кВт.

Погрешность расчета:

$$\Delta N_e = |(8,85 - 8,99) / 8,85| \cdot 100 \% = 1,58 \% < 3 \%$$

Еще меньше получилась погрешность для следующих значений эмпирических параметров:

- продолжительность процесса сгорания $\varphi_z = 70$ град. п. к. в;
- показатель характера сгорания $m = -0,4$;
- оптимальная доля выгоревшего топлива к концу процесса сгорания $X_z = 0,99$.

$$\Delta N_e = |(8,85-8,90)/8,85| \cdot 100 \% = 0,56 \% < 3 \%$$

При этих же значениях параметров получено наилучшее совпадение по величине максимального давления цикла P_z .

Исходя из этого можно, предположить, что указанные значения эмпирических параметров являются наиболее приемлемыми для газового двигателя 2Ч 9,5/11. Но так как показатель характера сгорания $m = -0,4$ выходит за пределы, рекомендуемые в источниках, данное предположение необходимо проверить на другом газовом двигателе со схожими параметрами.

В результате проведенных расчетов были установлены значения дополнительных эмпирических параметров, необходимых для расчета процесса сгорания по методу И. И. Вибе дающих удовлетворительное совпадение с действительными параметрами для дизеля 2Ч 9,5/11.

Полученные по результатам расчета параметры сведены в таблицу.

На рис. 1 приведен вид свернутой расчетной индикаторной диаграммы для расчета, дающего наилучшее совпадение с реальным процессом, а на рис. 2 кривая изменения давления в процессе сгорания.

Таблица 1 – Параметры для расчета газового цикла

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Значения
1	Доля выгоревшего топлива к концу процесса сгорания	X_z	–	$0,99 \div 0,999$
2	Постоянная С в уравнении выгорания топлива	С	–	$-4,605 \div -6,908$
3	Продолжительность процесса сгорания	φ_z	град. п. к. в.	$50 \div 80$
4	Показатель характера сгорания	m	–	$-0,15 \div -0,3$
5	Угол опережения подачи топлива (угол начала впрыска)	$\varphi_{впр}$	град. п. к. в.	4
6	Угол открытия выпускного клапана	$\varphi_{овк}$	град. п. к. в. до НМТ	$40 \div 60$
7	Период задержки самовоспламенения топлива	$\varphi_{пзс}$	град. п. к. в.	9,3

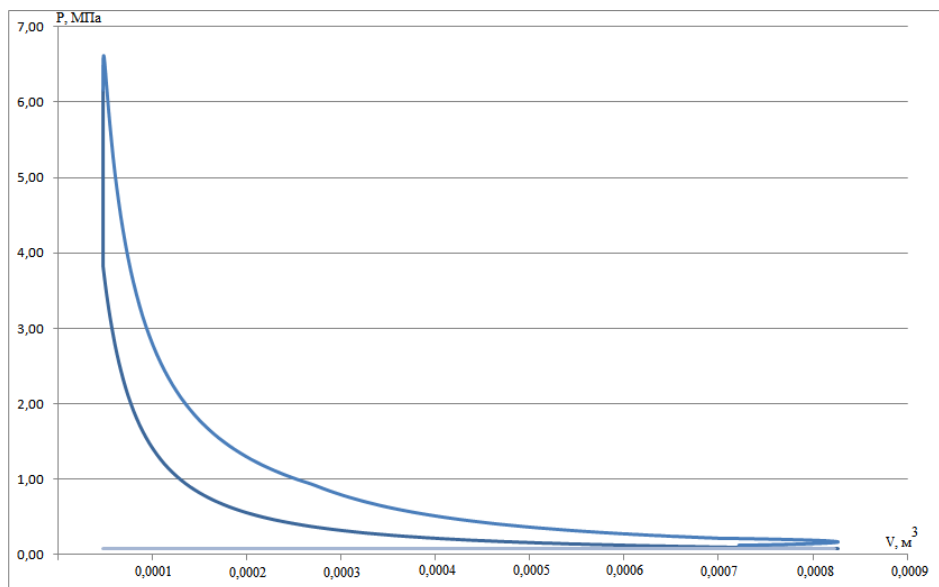


Рисунок 1 – Расчетная индикаторная диаграмма для газового дизеля

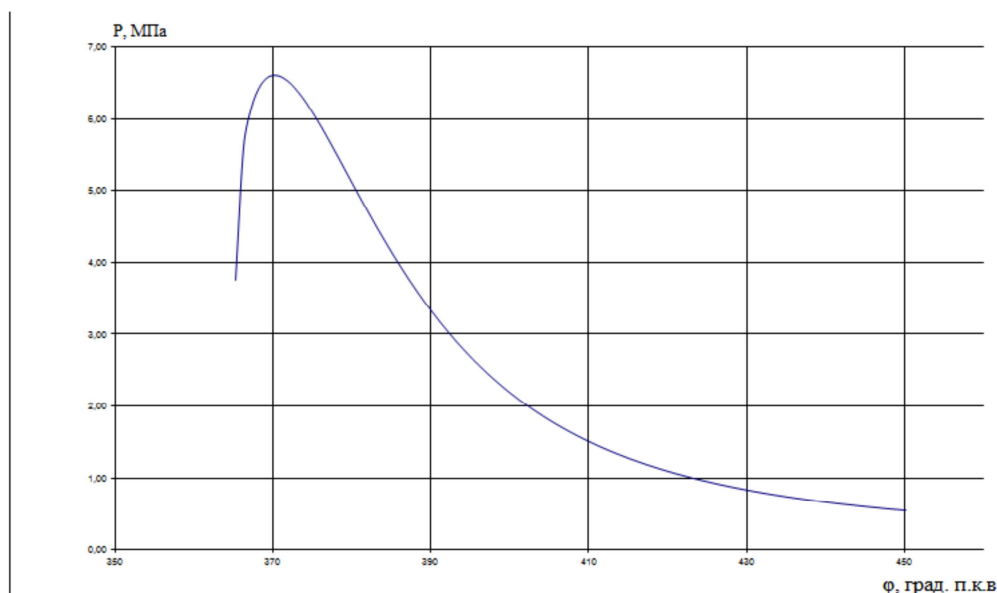


Рисунок 2 – Расчетная кривая изменения давления в процессе сгорания газового дизеля

Выводы

1. Несмотря на понятные упрощения в расчетной модели, были получены эмпирические параметры для индикаторной диаграммы, совпадающей с реальной диаграммой, что позволяет лучше понять процессы, происходящие в цилиндре газового дизеля.

2. Учитывая, что размерность дизеля оказывает влияние на выбор расчетных коэффициентов, для получения статистически достоверных значений коэффициентов расчетной модели по И. И. Вибе, необходимо проведение опытных замеров на судовом двигателе с диаметром цилиндра не менее 0,2 м.

Библиографический список

1. Хоанг Куанг Лыонг. Исследование характеристик тепловыделения судового ДВС при дизельном и газодизельном рабочем процессе по экспериментальной индикаторной диаграмме / Хоанг Куанг Лыонг, А. Ф. Дорохов, И. А. Апкаров // Вестн. АГТУ 2014 г. – С. 67–76.

2. Апкаров, И. А. Организация газодизельного рабочего процесса в главных двигателях малых и маломерных судов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.08.05 / И. А. Апкаров // АГТУ, Астрахань, 2016. – 19 с.

3. Малышев, В. С., Бабошин А. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория и расчет рабочих процессов / В. С. Малышев, А. А. Бабошин. – Мурманск : МГТУ, 2010. – 302 с.

Условие информационной равновесности на мостике судна при плавании по навигационному маршруту

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

Аннотация. Показано, что умение наблюдать с мостика за окружающей средой с одновременным подтверждением наблюдаемой ситуации на электронной или обычной карте возможно лишь при условии информационной равновесности, которая способна минимизировать вероятность развития аварийных ситуаций.

Abstract. It is shown that the ability to observe from the bridge behind the environment with the simultaneous confirmation of the observed situation on an electronic or conventional map is possible only under the condition of information equilibrium, which is able to minimize the probability of development of emergency situations.

Ключевые слова мостик судна, судовой специалист, навигационный маршрут, информационная равновесность, безопасность мореплавания.

Key words: bridge of the vessel, ship specialist, navigation route, information equilibrium, safety of navigation.

Клуб "Пи Энд ай" – "Ассоциация судовладельцев по расширенному страхованию рисков гражданской ответственности" расследовал количество и стоимость навигационных инцидентов за последние 10 лет и результаты расследования являются настораживающими во всех аспектах. Так за последние 5 лет было 85 страховых случаев на 1 миллион долларов, из которых 50 % были напрямую связаны с навигационными проблемами. Из этих страховых случаев 42 % были из-за столкновений, 32 % были из-за повреждений неподвижных и плавающих объектов, такие как буи, причалы, волноломы, причальные тумбы, и краны, и 15 % из-за посадки судна на мель. Из этих крупных инцидентов 16 % произошли во время лоцманской проводки, что приводит к выводу о том, что либо лоцмана не достаточно натренированы и компетентны либо капитан и штурманский состав не контролируют соответствующие процесс лоцманской проводки или и то и другое вместе взятое.

Данные приведенные ассоциацией связанные со страховыми случаями во время столкновений показывает, что на период с 2005–2015 г. количество столкновений стабильно возрастает. Очевидно, что современные суда становятся более надежными в техническом плане и более автоматизирован-

ными в навигационном плане. Так сложное навигационное оборудование: ЭКНИС, АИС, аппаратура систем глобального позиционирования (GPS), более надежные радары, использование систем разделения движения и портовых систем контроля движения судов, эксплуатация современных буксиров при постоянном увеличении навигационных аварий вызвано в первую очередь "человеческим фактором".

При реализации навигационного маршрута судоводитель должен точно определять местоположение судна в соответствующие моменты времени и использовать эту информацию, чтобы удерживать судно на безопасном курсе, принимая во внимания все навигационные опасности. Если это простое правило было выполнено результативно и эффективно, то многие аварийные ситуации могли бы быть предотвращенными. Так умение наблюдать с мостика за окружающей средой и одновременно получать подтверждение наблюдаемой ситуации на электронной или обычной карте, является основой навигационной безопасности или другими словами условие информационного равновесия на мостике судна при многопараметрическом контроле способно обеспечить такое состояние "человеческого фактора", при котором вероятность аварии минимальна [1].

Общее представление о взаимосвязях для формулированной выше задачи приведено на рис. 1.

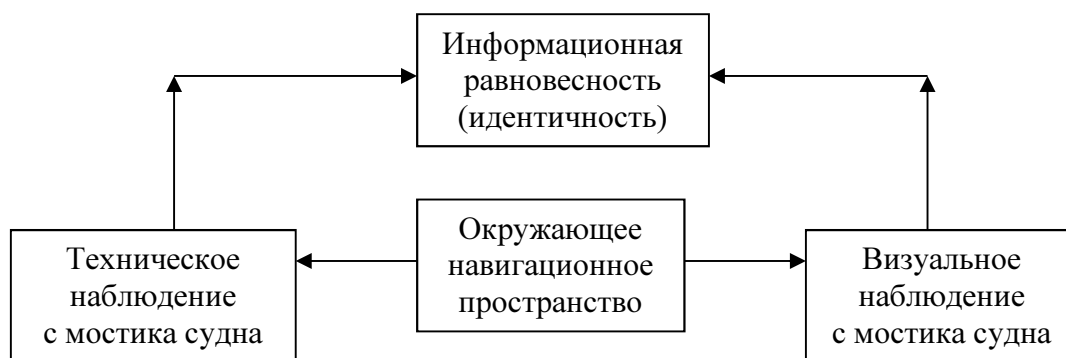


Рисунок 1

Пусть в системе (рис. 1) задан $x_0 = \{\xi_{10}, \dots, \xi_{N0}\}$ – вектор параметров состояния навигационной безопасности судна ($x_0 \in R_+^N$), и $\Omega = \{1, 2, \dots, N\}$ – множество всех параметров, а J – множество доминирующих параметров, определяющих безопасность плавания в текущий момент времени. Обозначим через Jx_0 – под-вектор вектора x_0 , составленный из тех компонент ξ_{i0} у которых $i \in J$. Вахтенный помощник капитана (судовой специалист) при заданном векторе параметров x_0 и объявленном множестве основных параметров J должен для обеспечения безопасности плавания в текущий момент

времени выбрать N параметров, которые определены с помощью следующими количественными характеристиками $f_{1J}(x_0), \dots, f_{iJ}(x_0), \dots, f_{NJ}(x_0)$ и по которым он способен оценить состояние ситуации.

Такое представление количественных характеристик можно рассматривать как вектор-функцию $f_J(x_0)$, относительно которой введем следующее допущение: вектор-функция $f_J(x_0)$ является непрерывной, ограниченной, определенной на R_+^N (не отрицательном октанте N -мерного пространства) и удовлетворяющей соотношениям

$$0 \leq f_{iJ}(x_0) \leq P, i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

где P – некоторая константа, и ограничению вида

$$Jf_J(x_0) \{=, <\} Jx_0. \quad (2)$$

Кроме того, пусть далее J и K – два подмножества индексов, таких, что

$$J \subseteq K, \quad (3)$$

а x_0^1 и x_0^2 – два N -мерных вектора, связанных соотношением

$$Jf_Jx_0^2 \{=, <\} Jf_Jx_0^1. \quad (4)$$

Тогда, если имеет место неравенство

$$Kf_Jx_0^1 \{=, <\} Kf_Jx_0^2, \quad (5)$$

то

$$f_K(x_0^2) = f_J(x_0^1). \quad (6)$$

Требование непрерывности функции $f_J(x_0)$ отражает естественное предположение о том, что "малым" изменениям наблюдаемых доминирующих параметров соответствуют такие же "малые" изменения каждого параметра состояния безопасности навигации. Поэтому соотношение (1) указывает на то, что параметры характеризующие состояние безопасности навигации не могут быть неограниченно большими величинами, а соотношение (2) дополнительно подтверждает, что и конкретные доминирующие параметры являются ограниченными величинами.

Относительно выражений (3) и (4) необходимо заметить, что этим соотношениям следует придать следующий смысл: под-вектор Jx_0 является ограничением сверху на допустимое множество, из которого судоводитель должен делать свой выбор численных параметров состояния безопасности навигации. Тогда выражения (3) и (4) устанавливают, что "второе" допустимое множество, определяемое вектором Kx_0^2 , целиком принадлежит "первому" допу-

стимулируемому множеству, определяемому вектором Jx_0 . Действительно, в силу выражения (3) те компоненты, которые были ограничены в первом допустимом множестве, будут заведомо ограничены и во втором, причем с учетом (4) эти ограничения во втором множестве жестче, чем в первом множестве. Вместе с тем в силу отношения (5) выбор судоводителя из первого большого множества оказывается, принадлежащим второму – меньшему множеству. В таких условиях естественно допустить, что выбор судоводителя на меньшем множестве совпадает с выбором на большом множестве. Именно это и подчеркивает соотношение (6), которое было составлено с учетом известной из теории выбора аксиомы, отражающей независимость несвязанных альтернатив [2].

Таким образом, из соотношений (3) и (4) вытекает, что функция f_J в действительности должна зависеть лишь от вектора Jx_0 , определяющего набор числовых доминирующих параметров состояния безопасности навигации, который формирует на мостике судна состояние информационной равновесности, минимизирующей вероятность развития аварийных навигационных ситуаций.

Библиографический список

1. Анисимов, А. Н. Модель многопараметрического контроля состояния безопасной эксплуатации судна и ее структурный анализ / А. Н. Анисимов, В. И. Меньшиков, Фургаса Д. М. // Вестн. МГТУ : Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2007. – Т. 10. № 4. – С. 594–599.

2. Никитцев, А. С. Задачи по обеспечению безопасности навигации, решаемые в структурах проблемных промысловых ситуаций / А. С. Никитцев, А. С. Хроненко, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство. 2012. – № 3. – С. 86–88.

3. Никитин, Н. И. Структурная идентификация и разрешение проблемных промысловых и навигационных ситуаций / Н. И. Никитин, И. И. Зива, С. И. Позняков, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство, 2012. – № 5. – С. 94–96.

4. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. – 212 с.

5. Льюс, Р. Д. Игры и решения. Введение и критический обзор / Р. Д. Льюс, Х. Райфа. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1961. – 642 с.

Научное издание

НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 14–19 апреля 2017 г.)

Ответственный за выпуск: *А. Б. Власов*

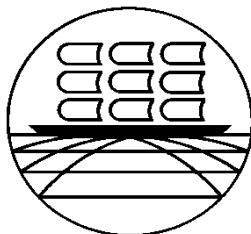
Компьютерная верстка *Г. М. Плишко*

Налоговая льгота – Издания соответствуют коду 58.11.1 ОКПД 2 ОК 034-2014
(КПЕС 2008)

Издательство МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.

Сдано в набор 15.10.2017. Подписано в печать 30.10.2017. Формат 60×84¹/₁₆.
Бум. типографская. Усл. печ. л. 11,98. Уч.-изд. л. 9,05. Заказ 239. Тираж 100 экз.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**



НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 14–19 апреля 2017 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2017

