

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 24–27 марта 2015 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2015

УДК 001: [5+62] (08)

ББК 20+3я431

Н34

Редакционная коллегия:

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

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

А. В. Власов, канд. техн. наук;

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

Ю. И. Юдин, д-р техн. наук, профессор;

Л. И. Хохлова, канд. филос. наук

Н 34 Наука – производству : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 24–27 марта 2015 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования «Мурм. гос. техн. ун-т». – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 292 с.

ISBN 978-5-86185-864-9

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции «Наука – производству», которая состоялась 24–27 марта 2015 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

ISBN 978-5-86185-864-9

© Мурманский государственный
технический университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ... 8

Совершенствование учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения ДПТ» Власов А. В., Маслов А. А., Власова А. Р., Кайченев А. В.	9
Автоматическое управление температурой термообработки рыбы при процессах сушки Вотинов М. В.	14
Обеспечение защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами Вотинов М. В.	18
Модернизация малогабаритной установки для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья. Разработка плат управления исполнительными механизмами и сбора данных с интерфейсом RS-232 и поддержкой протокола MODBUS RTU Ерещенко В. В., Жук А. А.	21
Современные технические и программные средства «ОВЕН» в дипломном проектировании и научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники Кайченев А. В., Власов А. В., Маслов А. А., Висков А. Ю.	27
Ситуационное оперативное управление режимами теплоисточника Качала Н. М.	32
Методы идентификации сложных систем Прохоренков А. М., Качала Н. М., Литун А. В., Овсейчик А. В.	35
Тестирование радиочастотного устройства для индикации уровня сыпучих материалов в емкостях Прохоренков А. М., Совлуков А. С., Терешин В. И., Яценко В. В.	39
Анализ пусковых токов электродвигателя Ремезовский В. М., Мухалев В. А.	45
Аппаратный комплекс для исследования режимов обезвоживания рыбы Селяков И. Ю.	49
Программный комплекс для обработки экспериментальных данных по обезвоживанию рыбы Селяков И. Ю.	54
Компьютерное моделирование как перспективное направление оптимизации процесса тепловой стерилизации консервной продукции. Обзор существующих решений Столянов А. В., Жук А. А., Ерещенко В. В.	59

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ 64

Плавающая приливная электростанция непрерывного действия на базе несамоходного судна Борисова Л. Ф., Коробко А. Н.	65
Безопасность плавания при эффективной эксплуатации автоматической энергетической установки Зива И. И., Карташов С. В., Меньшиков В. И.	70
Безопасность плавания при управлении состояниями технологических угроз Кулезнев И. А., Попов Ю. А., Меньшиков В. И.	74
Информационное взаимодействие участников перегрузочных процессов в морских портах Литун А. В.	77
Оценка вероятности доминирования величины текущего риска над величиной приемлемого риска Марковский И. Н., Окуличев Д. И., Меньшиков В. И.	81
Обзор автоматизированных систем управления рыболовными судами Соловьев А. А., Шугай С. Н.	85
Механизм оценки качества преобразования «Достоверная информация – допустимые управления» Сологубов В. В., Рудкин Ф. В., Пеньковская К. В.	91
Анализ показателя эффективности ведения промысла по данным системы дистанционного мониторинга Спицын В. С., Беднарчик А. А., Меньшиков В. И.	94
Моделирование этапа сближения судов борт к борту при швартовке судов с использованием инновационного способа управления судном Холичев С. Н., Юдин Ю. И., Петров С. О.	98

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ..... 103**

Метод крайних точек решения задачи с фиксированными доплатами Верещагина С. А., Серeda А.-В. И.	104
К вопросу о разработке когнитивных интерфейсов средств информационной поддержки управления развитием пространственно-распределенных систем Вицентий А. В., Шишаев М. Г., Порядин Т. А.	109
Моделирование как основной метод оценки эффективности функционирования мобильных самоорганизующихся сетей Датьев И. О., Павлов А. А.	114
Анализ динамики поля значений температуры поверхности моря Ирмингера Запорожцев И. Ф., Серeda А.-В. И.	120
Некоторые задачи управления рыбным промыслом Николаев А. А.	125

Нестационарные возмущения модели конкурирующих видов с логистической поправкой Мусафиров Э. В.	130
Метод определения величины не-фактора «неполнота» для систем поддержки принятия решений по комплексной оценке персонала Прокушев Я. Е.	134
Проблема выбора программного обеспечения для разработки электронно-образовательной среды кафедры вуза Саблина Е. В.	138
Разработка программы для изучения конструктивных элементов устройства судна на английском языке Скрябин А. В., Скрыганов С. В., Дроздов М. А.	143
Использование спектральных преобразований при интерпретации сейсмических данных Трошин О. В., Серeda А.-В. И.	145
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ	150
Проблемы и противоречия в преподавании математики в современной школе Гавриленко Л. М., Шишкина Е. П.	151
Формирование навыков самостоятельной деятельности учащихся профильных классов при обучении математике Микова О. В.	157
Применение нечеткой логики в компьютерном моделировании Луковкин С. Б.	164
Матричный метод решения систем линейных алгебраических уравнений в инженерных задачах Никонов О. А., Воробейчикова Е. С.	170
О реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики в технических ВУЗах Ромахова О. А.	174
Формирование инженера в современных условиях Стрельбина Н. Г.	179
Формирование системных принципов исследования в рамках математического образования инженера Хохлова Л. И., Луковкин С. Б.	183
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА	188
Техническая эксплуатация флота как фактор качества профессиональной подготовки морских специалистов Баев Г. В., Паршев Ю. В., Сафронов В. Е.	189

Моделирование системы управления главным двигателем судна при реализации нейронного и нечеткого управления Баева Л. С., Федич Р. М., Орешкин М. В.	194
Техническое диагностирование объекта Бегунов А. С.	200
Лаборатория «Информационно-измерительных систем» кафедры электрооборудования судов МА ФГБОУ ВПО «МГТУ» Урванцев В. И.	204
Функции распределения и плотности распределения твердости кабелей с резиновой изоляцией Власов А. Б., Власова С. В.	208
Экспресс-диагностика свойств кабелей с резиновой изоляцией Власов А. Б., Мухалев В. А.	212
Анализ тепловых процессов в кабелях с резиновой изоляцией на основе количественной термографии Власова С. В.	216
Зависимость погрешности и запаса метрологической надежности от срока службы средств измерений из различных материалов Ефремов Л. В., Кумова Ж. В.	219
Опыт применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов LS2-3500 БАТ типа «Горизонт» Жуков А. С.	224
Анализ эффективности энергоиспользования главных двигателей дизель-электрических ледоколов Злобин А. В.	230
К вопросу формирования тонкопленочных покрытий с целью повышения служебных свойств деталей машин Колодяжный В. И.	236
О выборе типа судна для проведения сейсморазведочных работ в Арктическом бассейне Мохов Г. В.	244
Выбор материала для кузова автомобиля Орешкина В. М., Орешкин М. В.	250
Нормирование и его роль в машиностроении, судостроении и судоремонте Орешкина В. М., Орешкин М. В.	255
О проблемах получения качественного сварного соединения со свойствами, равноценными свойствам основного металла Пашеева Т. Ю., Баева Л. С.	261

Выбор огнеупорных материалов при ремонте обмуровок топок котлов Петров А. И.	266
Методика контроля общих остаточных деформаций корпусов судов Петрова Н. Е.	273
К вопросу о трудоустройстве выпускников инженерных специальностей, связанных с судоремонтом и судостроением Радионовская Т. И., Баева Л. С.	277
Нормы вибрации для винтовых насосов Сергеев К. О., Жуков А. С.	284
Стенд для калибровки датчиков давления в цилиндре ДВС Сергеев К. О., Кузнецов А. А.	289

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ПРОИЗВОДСТВ**

Совершенствование учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения ДПТ»

Власов А. В., Маслов А. А., Власова А. Р., Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Аннотация. В статье приводятся результаты двухгодичной эксплуатации модернизированного учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения двигателя постоянного тока». Описываются направления его совершенствования с целью расширения спектра реализуемых на стенде лабораторных работ.

Abstract. The article offers the results of two-year use of the second edition laboratory unit «DC motor's rotating speed automatic control system». Possible directions of its improvement for the purpose of expansion of the laboratory works' range are being described.

Ключевые слова: учебно-лабораторный стенд, автоматическая система регулирования, двигатель постоянного тока.

Key words: laboratory unit, automatic control system, DC motor.

В настоящее время компьютерные технологии стремительно развиваются, появляется новое промышленное оборудование. Поэтому для решения задачи подготовки высококачественных специалистов сотрудники кафедры Автоматики и вычислительной техники ФГБОУ ВПО «МГТУ» (Автоматики и вычислительной техники) постоянно совершенствуют лабораторную базу. Для этого применяется современное оборудование, программные средства и результаты собственных научных исследований. Значительная часть оборудования создается собственными силами кафедры с привлечением студентов.

В 2013 году 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 студентов по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

Перечень реализуемых на стенде работ достаточно широк. Он позволяет исследовать статические и динамические характеристики по задающему и возмущающему воздействиям элементов систем автоматического управления, проводить настройку ПИД-регулятора (а также П-, ПИ-, ПД-)

для объектов с разными динамическими характеристиками, исследовать систему автоматического управления на устойчивость, исследовать влияние местных обратных связей на динамику системы автоматического управления. Также стенд оборудован разъемом расширения, благодаря которому к перечню реализуемых лабораторных работ добавляются исследование корректирующих устройств и адаптивных систем автоматического управления.

За время использования стенда в учебном процессе были выявлены следующие недостатки:

– недостаточный диапазон плавной настройки коэффициентов регулятора, высокая чувствительность ручек плавной настройки (малое перемещение ручки существенно влияет на поведение системы). Для устранения данного недостатка предлагается использование составного переменного резистора. Пример реализации для коэффициента пропорциональной составляющей регулятора (K_n) показан на рис. 1;

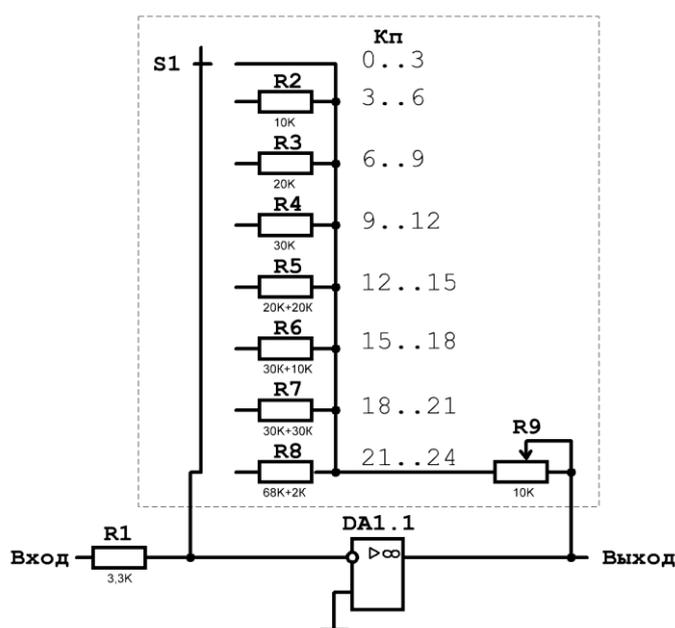


Рисунок 1 – Пример реализации П-регулятора с составным переменным резистором

– используемый вариант протокола обмена между учебно-лабораторным стендом и программой DataView [2] в некоторых случаях не обеспечивает требуемого уровня надежности передачи информации. Необходимо реализовать процедуру автоматического восстановления связи между ПО и стендом в случае ее обрыва;

– используемые для получения напряжения уровней ± 12 В блоки питания от компьютеров малопригодны для решения поставленных задач в силу значительного разброса параметров выходных напряжений. В модернизированной версии стенда планируется использование отдельных стабилизаторов для обеспечения питания элементов системы управления симметричным стабилизированным напряжением.

Выявленные недостатки планируется устранить в ходе разработки учебно-лабораторного стенда нового поколения. Изменения при модернизации стенда затронут как аппаратные, так и программные средства.

В рамках совершенствования лабораторного стенда к непрерывному регулятору на базе операционных усилителей планируется добавить цифровой ПИД-регулятор на базе микроконтроллера. Таким образом, у пользователя появится возможность выбора между непрерывным и цифровым регуляторами. В случае выбора пользователем последнего программное обеспечение верхнего уровня отправляет управляющему микроконтроллеру заданный шаг квантования и коэффициенты разностного уравнения. Это позволит использовать стенд для изучения поведения цифровых систем управления.

Также рассматривается возможность переноса цифровой системы управления на верхний уровень. Таким образом, стенд будет работать в автоматическом режиме под управлением разрабатываемой пользователем цифровой системы управления. Этот подход обеспечит, например, возможность изучения и реализации адаптивных систем управления с наблюдателем.

В стенде также планируется реализовать последовательную коррекцию, что позволит изучать комбинированные системы управления и особенности их настройки.

Методически целесообразным является добавление в стенд возможности разрыва местной обратной связи (МОС) выходного усилителя мощности (рис. 2). С отключенной МОС стенд позволит изучить поведение структурно неустойчивых систем управления.

В новом стенде планируется увеличить количество регистрируемых параметров объекта. В предыдущей версии осуществляется измерение заданного значения (q), управляющего воздействия (U), регулируемого параметра (Y) и возмущающего воздействия (F). В новой версии к измеряемым параметрам планируется добавить ошибку управления/сигнал с выхода

корректирующего устройства (ε'), сигнал на выходе блока инерционностей (U_u), напряжение на якоре двигателя (U_α) и сигнал на выходе блока коррекции по возмущающему воздействию (F'), как показано на рис. 3.

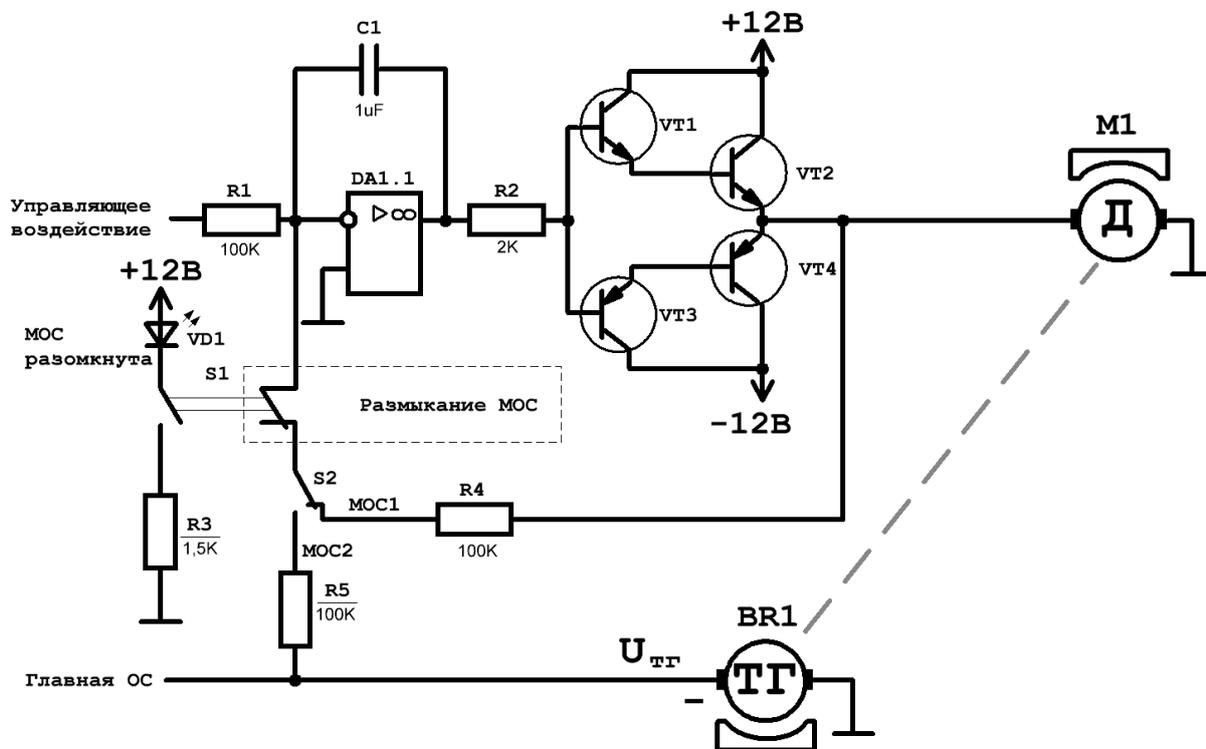


Рисунок 2 – Реализация размыкания местной обратной связи

Используемый в предыдущей версии стенда микроконтроллер PIC18F252 имеет 5 аналоговых входов, поэтому модернизированный стенд предлагается строить на базе PIC18F2520, программно- и аппаратно-совместимого с 252, но имеющим восьмиканальный аналогово-цифровой преобразователь.

Наличие большего количества регистрируемых параметров позволит обучающемуся более полно исследовать процессы, протекающие в системе, а также обеспечит возможность построения статических характеристик элементов системы управления в автоматическом или ручном режимах.

В ходе модернизации планируется добавить в программное обеспечение стенда функцию подсчета заданной интегральной оценки по полученному процессу и возможность построения трека оптимизации. Это позволит выполнять с использованием стенда лабораторные работы по исследованию оптимальных систем управления.

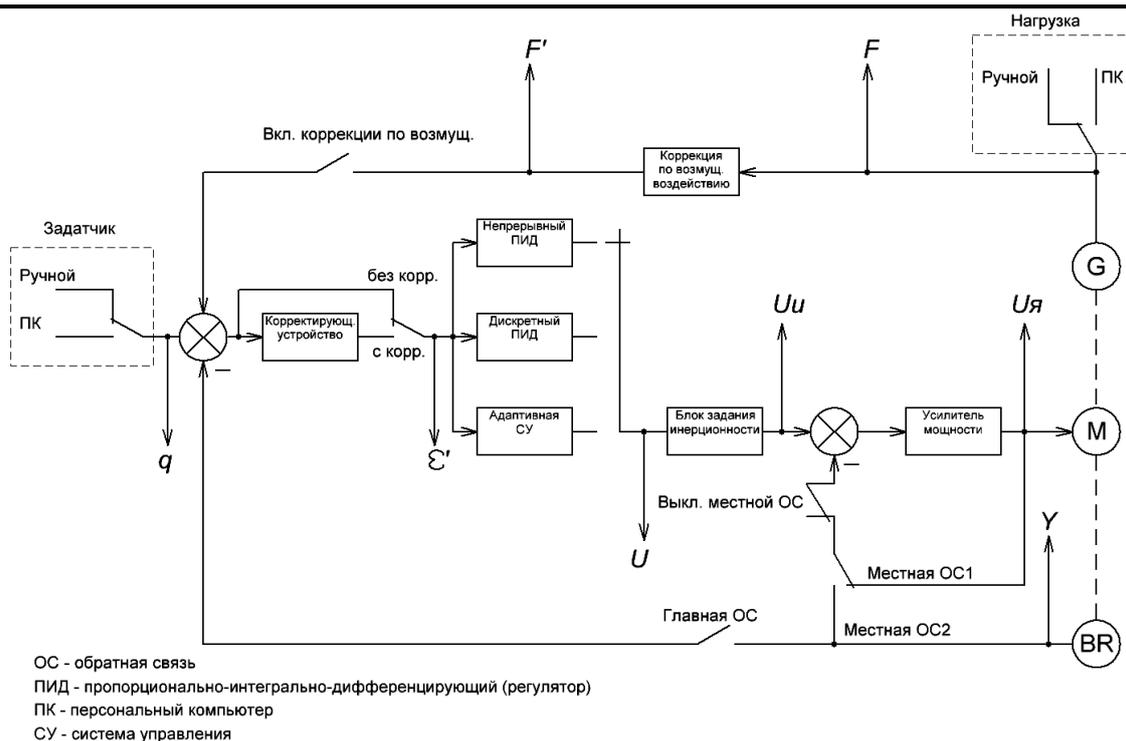


Рисунок 3 – Структурная схема стенда «АСР частоты вращения ДПТ»

Применение новой версии учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения ДПТ» позволит интенсифицировать процесс усвоения материала и обеспечить приобретение необходимых специалисту умений и навыков в ходе выполнения лабораторных работ по курсу «Теория автоматического управления», что приведет к повышению уровня подготовки выпускников технических специальностей.

Литература

1. Модернизация учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения ДПТ» [Электронный ресурс] / А. В. Власов и др. // Наука и образование – 2013: междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–11 марта 2013 г. / ФГБОУ ВПО «МГТУ». – Электрон. текст. дан. (33 Мб). – Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 36–40. – Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0321301202.

2. Разработка программного обеспечения DataView для учебно-лабораторного стенда «АСР частоты вращения ДПТ» [Электронный ресурс] / А. В. Власов и др. // Наука и образование – 2014: междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г. / ФГБОУ ВПО «МГТУ». – Электрон. текст. дан. (21 Мб). – Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 90–93. – Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0321401155.

Автоматическое управление температурой термообработки рыбы при процессах сушки

Вотинов М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматике и вычислительной техники; e-mail: votinovmv@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена энергоэффективности процессов термообработки рыбы.

Abstract. The article is devoted to the efficiency of heat treatment processes of the fish.

Ключевые слова: автоматизация, термообработка рыбы, технологический процесс.

Key words: automation, heat treating, fish, technological process.

Для Мурманского региона ведущей отраслью всегда была и остается рыбная промышленность. По данным Росстата объем производства пищевой рыбной продукции в России в 2014 году составил 3 620 тысяч тонн, из них предприятиями Мурманской области произведено 562,6 тысяч тонн. Объем производства рыбы сушеной и вяленой в Мурманской области составил 767,4 тонн.

Одной из важнейших стратегических задач страны, которую поставил президент Российской Федерации, является сокращение к 2020 году энергоемкости отечественной экономики на 40 %.

Поэтому, актуальной задачей является экономия энергоресурсов за счет выбора рациональных режимов тепловой обработки рыбы, уменьшение издержек на производство готовой продукции, а также разработка программно-аппаратного комплекса, оснащенного системой автоматического управления технологическим процессом с применением современных средств телематики.

В Мурманском государственном техническом университете разработана и внедрена в производство в учебно-экспериментальном цехе малогабаритная сушильная установка (патент РФ на полезную модель № 109559), а также создан программно-аппаратный комплекс, реализующий систему гибкого автоматического управления процессами термической обработки сырья. Установка позволяет проводить термическую обработку рыбы как с помощью традиционной конвективной сушки, так и с помощью инфракрасной сушки.

Проведенные исследования по сравнению инфракрасной и конвективной сушки позволили сформулировать принципы повышения эффективности

процесса тепловой обработки рыбы, позволяющие достичь уменьшения энергозатрат на технологический процесс по сравнению с традиционными методами:

- соблюдение заданного температурного режима тепловой обработки рыбы;
- контроль температуры поверхности рыбы с использованием инфракрасных датчиков температуры;
- параллельный контроль как температуры поверхности рыбы, так и температуры в термокамере, т. е. создание благоприятного температурного поля для протекания технологического процесса.

Сформулированные принципы легли в основу разработанного комбинированного метода тепловой обработки рыбы, при котором выполняется контроль системой автоматического управления как температуры в термокамере малогабаритной сушильной установки, так и температуры поверхности рыбы с использованием разработанного устройства на основе инфракрасных датчиков температуры.

Структурная схема работы системы автоматического управления при комбинированной сушке представлена на рис. 1.

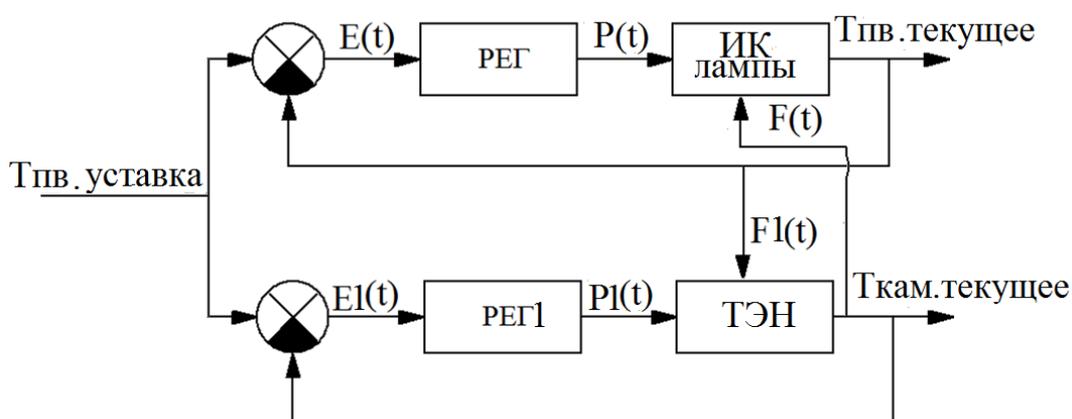


Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматического управления при стадийном комбинированном методе сушки

$T_{пв.установка}$ – уставка температуры поверхности рыбы и температуры в камере;
 $E(t)$ – рассогласование по температуре поверхности рыбы; $E_1(t)$ – рассогласование по температуре в термокамере; РЕГ, РЕГ1 – регуляторы системы управления;
 $P(t)$ – выработанное управляющее воздействие для ИК-ламп; $P_1(t)$ – выработанное управляющее воздействие для ТЭН; $F(t)$, $F_1(t)$ – возмущающие воздействия ИК ламп и ТЭН на формирование температуры поверхности рыбы и температуры в термокамере;
 $T_{пв.текущее}$ – температура поверхности рыбы $T_{кам.текущее}$ – температура в термокамере

Контроль как температуры поверхности рыбы, так и температуры в термокамере малогабаритной сушильной установки позволяют строго выдержать установленный температурный режим тепловой обработки рыбы.

В начальный момент времени работают как инфракрасные лампы, так и трубчатый электронагреватель, которые формируют заданный температурный режим. Как только данный режим установился система автоматики отключает работу трубчатого электронагревателя и в большем подает на него такое количество мощности, которое необходимо для компенсации проседания температуры в термокамере.

На рис. 2 представлены результаты исследования влияния методов тепловой обработки рыбы на энергоэффективность и интенсификацию процессов.

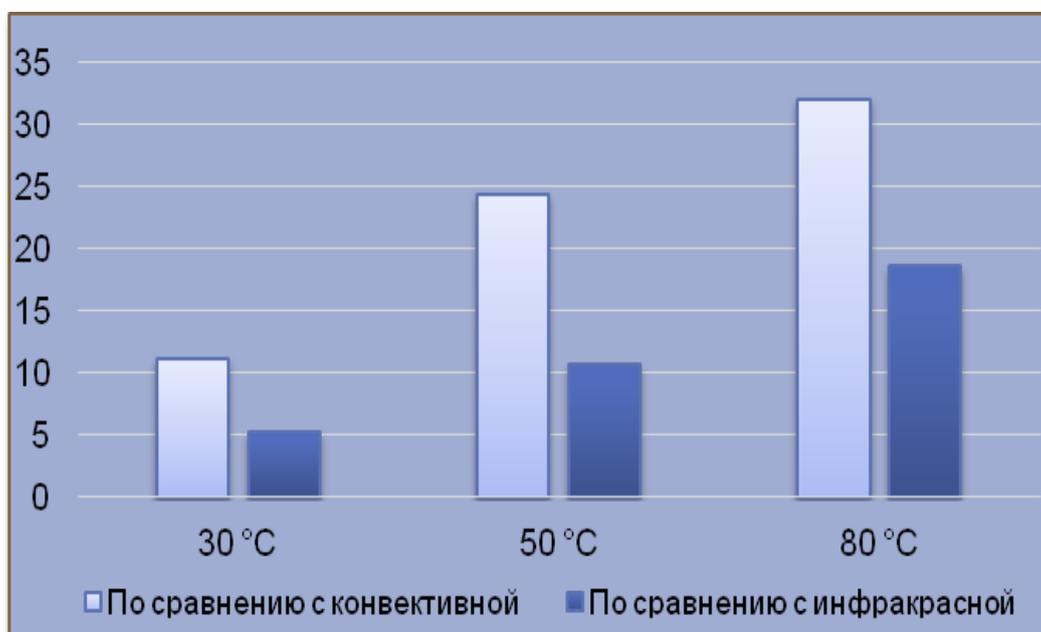


Рисунок 2 – Снижение затрат электроэнергии при комбинированной тепловой обработке рыбы, %

Как видно, разработанный метод тепловой обработки дал наилучшую эффективность, в зависимости от температуры обработки снижение затрат составляет от 5 до 30 процентов.

Таким образом, разработанный комбинированный метод тепловой обработки рыбы при стадийной работе исполнительных механизмов и контроле температуры поверхности рыбы является наиболее энергоэффективным режимом, способствующим снижению затрат на производство готовой продукции.

Литература

1. Вотинов, М. В. Исследование энергоэффективности процессов сушки гидробионтов в пищевой рыбной промышленности / М. В. Вотинов, М. А. Ершов, А. А. Маслов // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4.

2. Пат. 109559 Российская Федерация, Устройство для непрерывного бесконтактного измерения температуры / Вотинов М. В., Маслов А. А.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО «Мурман. гос. техн. ун-т. Заявка № 2011114739/28; заявл. 14.04.2011; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 29. – 10 с.

Обеспечение защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами

Вотинов М. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники; e-mail: votinovmv@yandex.ru*)

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

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

Ключевые слова: автоматизация, защита информации, технологический процесс.

Key words: automation, information security, process.

В настоящее время большинство сфер человеческой деятельности обзавелось автоматизированными системами управления. К таким системам применяется большое количество требований, начиная от надежности и заканчивая квалификацией обслуживающего персонала. Однако есть и специфические, узконаправленные требования, например, требования по защите информации, которыми, как и требованиями к надежности, не стоит пренебрегать.

Федеральной службы по техническому и экспортному контролю 14 марта 2014 г. был издан приказ № 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».

Автоматизированная система управления, как правило, имеет многоуровневую структуру, включая в себя уровень операторского управления, уровень автоматического управления, а также уровень ввода/вывода данных.

На вышеперечисленных уровнях объектами защиты будет являться:

- информация о параметрах управляемого объекта или процесса;
- управляющая или командная информация;
- контрольно-измерительная информация, а также иная критически важная технологическая информация.

Защита информации в автоматизированной системе управления является составной частью работ по созданию или модернизации и эксплуатации автоматизированной системы управления и обеспечивается на всех стадиях ее создания и в ходе эксплуатации.

Формирование требований к защите информации в автоматизированной системе управления включает:

- принятие решения о необходимости защиты информации в автоматизированной системе управления;
- классификацию автоматизированной системы управления по требованиям защиты информации;
- определение угроз безопасности информации;
- определение требований к системе защиты автоматизированной системы управления.

Защита информации в автоматизированной системе управления достигается путем принятия в рамках системы защиты автоматизированной системы управления совокупности организационных и технических мер защиты информации, направленных на блокирование угроз безопасности информации, реализация которых может привести к нарушению штатного режима функционирования автоматизированной системы управления. Для определения угроз безопасности информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами применяются методические документы ФСТЭК России «Базовая модель угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры» и «Методика определения актуальных угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры»

Модель угроз безопасности информации должна содержать описание автоматизированной системы управления и угроз безопасности информации для каждого из уровней автоматизированной системы управления, включающее описание возможностей нарушителей (модель нарушителя), возможных уязвимостей автоматизированной системы управления, способов реализации угроз безопасности информации и последствий от нарушения свойств безопасности информации.

Федеральной службы по техническому и экспортному контролю 25 июля 2014 г. было выпущено информационное сообщение по вопросам обеспечения безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры.

Хотя требования, утвержденные приказом ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31, не содержат положений, устанавливающих обязательную аттестацию автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами, однако придерживаться их целесообразно. В то же время оценка соответствия системы защиты автоматизированной системы управления производственными и технологическими процессам должна проводиться в ходе приемочных испытаний этой автоматизированной системы. При этом порядок проведения приемочных испытаний автоматизированной системы управления производственными и технологическими процессам определяется национальными стандартами и стандартами организации. Решение об аттестации автоматизированной системы управления производственными и технологическими процессами может быть принято заказчиком самостоятельно.

В этом случае аттестация на соответствие требованиям защиты информации проводится в соответствии с национальными стандартами и методическими документами ФСТЭК России.

Литература

1. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 N 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. Информационное сообщение ФСТЭК России от 25.07.2014 N 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. N 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».

Модернизация малогабаритной установки для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья. Разработка плат управления исполнительными механизмами и сбора данных с интерфейсом RS-232 и поддержкой протокола MODBUS RTU

Ерещенко В. В., Жук А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. Статья посвящена разработке устройств «ПУИМ-МГУ» для управления исполнительными механизмами и «ПСД-МГУ» для сбора данных. Разработка проводится в рамках модернизации малогабаритной установки поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья. Устройства поддерживают интерфейс RS-232 и осуществляют передачу данных по протоколу Modbus RTU.

Abstract. The article is devoted to the development of control device for operation unit and data acquisition device for the purpose of improvement of small unit for searching optimal technological regimes of raw material drying. Devices are also provided with RS-232 and Modbus RTU protocol.

Ключевые слова: малогабаритная установка, Modbus RTU, сушка сырья.

Key words: small unit, Modbus RTU, raw material drying.

Введение

Основной задачей хранения сырья является консервация продукта без потери его качества и количества при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов. Поэтому хранение продуктов питания имеет важнейшее экономическое значение.

Задача консервации для каждого вида продукта решается по-разному, так как условия хранения зависят от свойств и состава продуктов питания, особенностей и интенсивности протекающих в них процессов.

Сушка является старейшим методом сохранения продуктов питания. В процессе сушки из продукта удаляется влага, что лишает микроорганизмы среды обитания и предотвращает их развитие.

Процесс сушки имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами консервирования продуктов питания: повышается энергетическая ценность продукта, уменьшаются в несколько раз масса и объем сырья, а при хранении и транспортировке достигается большая экономия площадей. Продукты, законсервированные методом сушки, не нуждаются в герметичной упаковке и хорошо сохраняются в обычных складских помещениях. Технология сушки проста и доступна для производственных предприятий.

В рамках совместной научно-исследовательской работы кафедры «ТПП» и «Автоматики и вычислительной техники» Мурманского государственного технического университета (ФГБОУ ВПО «МГТУ») разработана малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья, представленная на рис. 1.



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

Описание установки

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

- реализация четырех независимых технологических процессов, различных по: влажности, температуре, воздушному потоку в камерах;
- обеспечение одинаковых условий проведения технологических процессов (температура и влажность цехового воздуха в равной степени влияют на все четыре камеры);
- малогабаритная установка потребляет значительно меньшее количество электроэнергии по сравнению с промышленными установками;
- оптимальная система управления процессом позволяет повысить энергоэффективность установки.
- позволяет сократить время поиска оптимальных технологических режимов обезвоживания продукции [1].

Модернизация малогабаритной установки

Основной задачей модернизации данной установки является создание камеры, позволяющей создавать приточный сушильный агент с необходимой температурой и влажностью. Таким образом, появится возможность найти оптимальный режим обезвоживания для любого климатического региона, времени года, сырья.

В рамках этой работы была поставлена задача разработать платы управления исполнительными механизмами для регулирования потока поступающего приточного сушильного агента, а так же разработать плату сбора технологических данных.

Для управления исполнительными механизмами была разработана плата управления ПУИМ-МГУ. Данная плата позволяет управлять шестью исполнительными механизмами, рассчитанными на питающее напряжение 24 В постоянного тока или 220 В переменного тока. Выбор режима работы канала управления (= 24 В/~220 В) и способ задания сигнала управления осуществляется по протоколу Modbus RTU. Адреса и значения регистров платы управления представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Адреса и значения регистров платы ПУИМ-МГУ

Modbus адрес	Доступ	Описание
0	Чтение/Запись	ID устройства, по умолчанию 1
1	Чтение/Запись	Выбор способа задания сигнала управления: 0 – сигналом 4–20 мА; 1 – по протоколу Modbus
2	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 1
3	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 2
4	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 3
5	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 4
6	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 5
7	Чтение	Хранит текущее значение из канала управления 6
8	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 1
9	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 2
10	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 3
11	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 4
12	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 5
13	Чтение/Запись	Выбор режима питания ИМ 6
14	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ1
15	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ2
16	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ3
17	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ4
18	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ5
19	Запись	Задания сигнала управления по протоколу Modbus для ИМ6
20	Чтение	Код ошибки возникшей при работе устройства
21	Запись	Программный сброс устройства

Структурная схема разработанной платы управления ПУИМ-МГУ представлена на рис. 2.

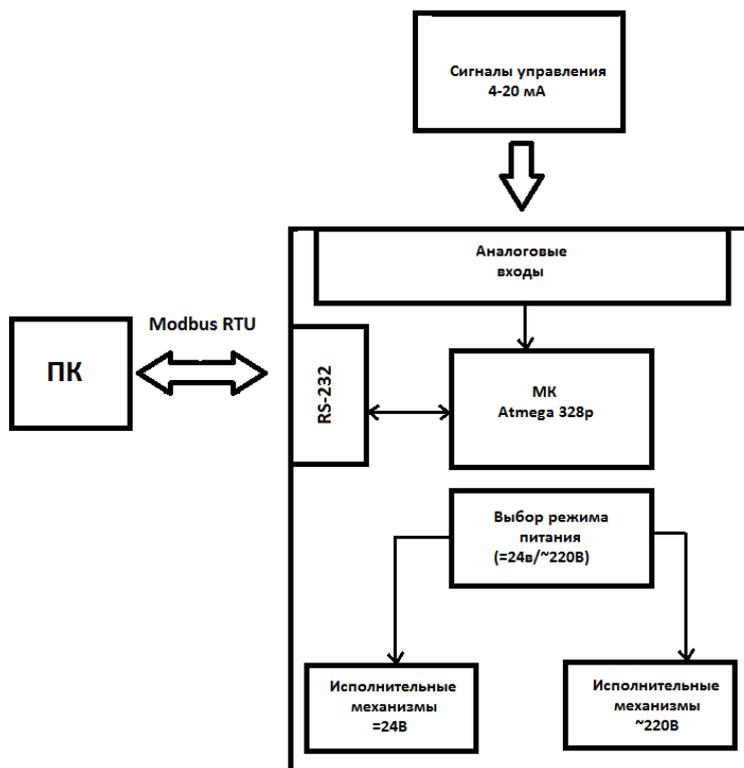


Рисунок 2 – Структурная схема платы управления ПУИМ-МГУ

Технологические данные (температура, влажность и изменение веса сырья в камере) регистрируются и сохраняются в регистрах разработанной платы сбора данных ПСД-МГУ, работающей в режиме Slave по протоколу Modbus RTU. После этого можно обработать полученные данные на персональном компьютере (ПК) или программируемом логическом контроллере (ПЛК). Адреса и значения регистров представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Адреса и значения регистров платы ПСД-МГУ

Modbus адрес	Доступ	Описание
0	Чтение/Запись	ID устройства, по умолчанию 1
1	Чтение	Хранит текущее значение температуры
2	Чтение	Хранит текущее значение влажности
3	Чтение	Хранит текущее значение веса сырья

Структурная схема разработанной платы сбора данных ПСД-МГУ представлена на рис. 3.

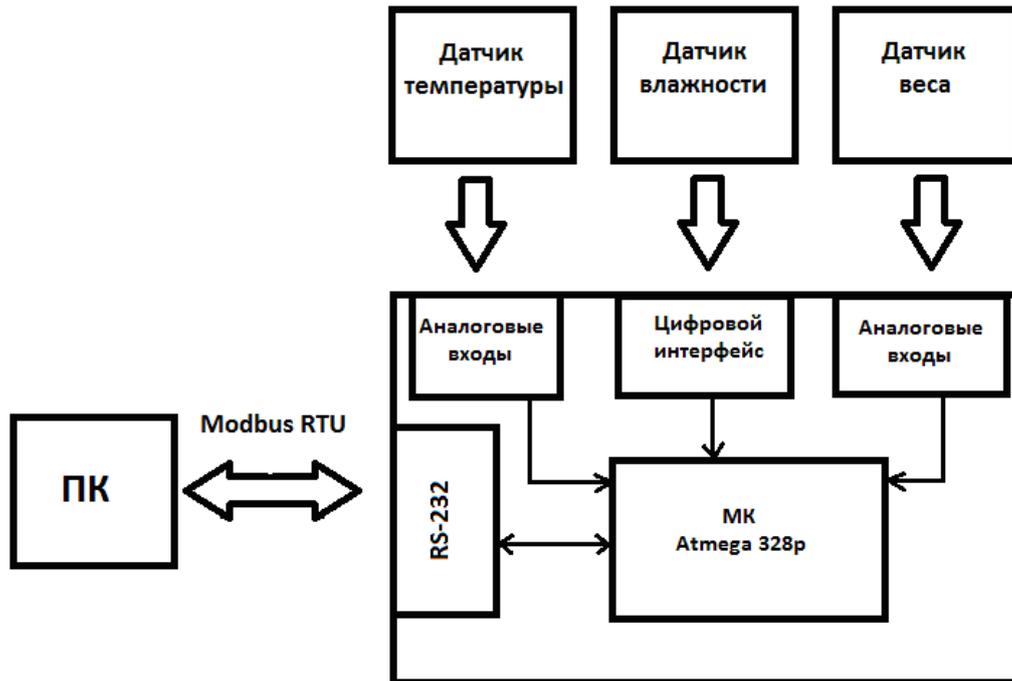


Рисунок 3 – Структурная схема разработанной платы сбора данных ПСД-МГУ

Для проверки работоспособности разработанных плат была написана программа для персонального компьютера (рис. 4), которая позволила смоделировать всевозможные режимы, выявить и устранить недостатки в аппаратных и программных частях разработанных плат.

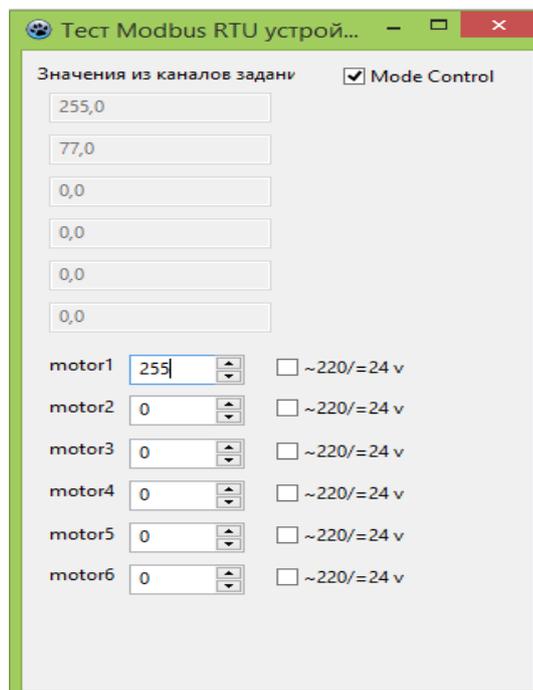


Рисунок 4 – Окно программы для тестирования платы СПД-МГУ

Заключение

Подзадача разработки плат управления исполнительными механизмами и сбора данных с интерфейсом RS-232 и поддержкой протокола Modbus RTU была решена.

Таким образом, модернизированная малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья позволит создавать условия протекания процессов вне зависимости от внешней среды.

Литература

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

Современные технические и программные средства «ОВЕН» в дипломном проектировании и научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники

Кайченев А. В., Власов А. В., Маслов А. А., Висков А. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Аннотация. В статье описаны технические и программные средства автоматизации ОВЕН, используемые в дипломном проектировании, научных и опытно-конструкторских разработках.

Abstract. This article considers the questions of using automated control systems based on the «OWEN» equipment in the educational process and research process.

Ключевые слова: оборудование ОВЕН, научные исследования, дипломное проектирование.

Key words: OWEN equipment, researches, diploma project.

В современных условиях, когда стоимость технических и программных средств автоматизации зарубежного производства значительно увеличилась, вопрос импортозамещения напрямую коснулся разработчиков систем автоматического управления. В Мурманской области интерес к отечественным разработкам промышленной автоматики растет из года в год [1]. В связи с тем, что уровень российского производства современных средств автоматизации достиг высокого уровня, в 2015 году наблюдался повышенный интерес к оборудованию производственного объединения «ОВЕН» в рамках обзорного семинара по продукции ОВЕН и курсы по работе с преобразователями частоты ОВЕН ПЧВ и контроллерами ОВЕН ПЛК ОВЕН» [2].

Кафедра Автоматики и вычислительной техники ФГБОУ ВПО «МГТУ» в рамках совершенствования лабораторной базы на протяжении 10 лет использует передовые разработки производственного объединения ОВЕН.

На базе оборудования автоматизации созданы современные лабораторные стенды и комплексы: «Система автоматического управления микроклиматом на базе ОВЕН МПР51», «Система автоматического регулирования температуры на базе ОВЕН ТРМ101 и ЭРВЕН», Комплекс для разработки и отладки проектов АСУТП на базе ПЛК154 и СП270, «Исследование программируемого реле» [3]. Большинство из лабораторных стен-

дов созданы в рамках дипломного проектирования студентами специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».

В рамках дипломного проектирования 2014 года проводилась разработка системы автоматического управления процессом стерилизации на базе технических и программных средств автоматизации ОВЕН. При разработке перед дипломником была поставлена задача создать систему управления на базе комплекса для разработки и отладки проектов АСУТП [1] по функциям аналогичную разработке, активно применяющей в пищевой промышленности САУСТ (Система Автоматического Управления СТерилизацией).

На базе сенсорной панели оператора СП270 разработаны экранные формы системы управления (рис. 1). Алгоритмы управления реализованы на базе программируемого логического контроллера ПЛК154 на языках МЭК ST и SFC (рис. 2).

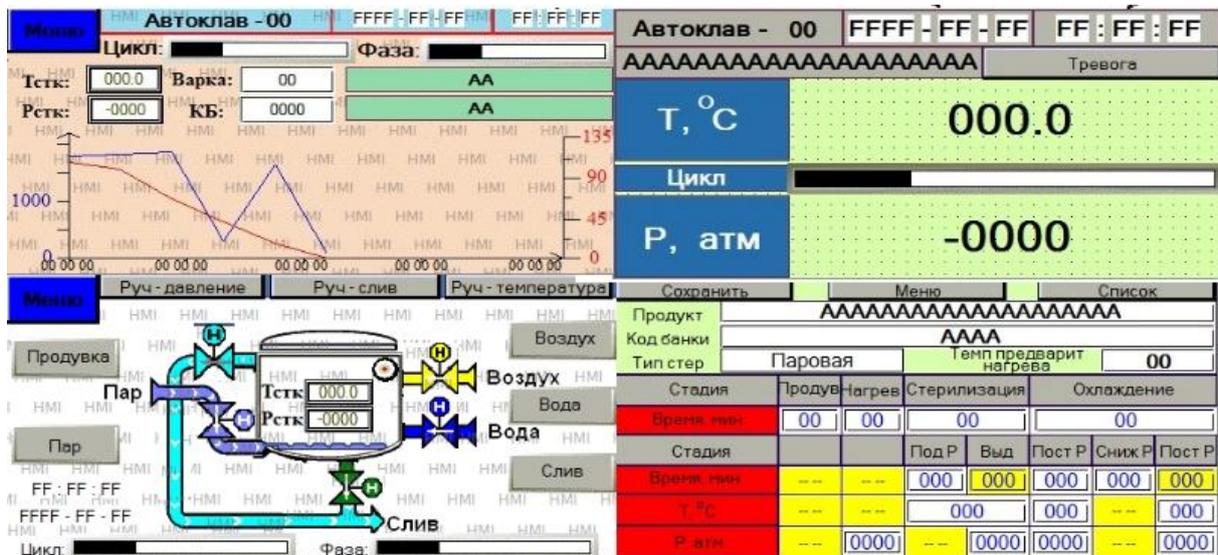


Рисунок 1 – Экранные формы системы автоматического управления процессом стерилизации

В рамках дипломного проектирования на базе комплекса для разработки и отладки проектов АСУТП разработана упрощенная модель стерилизационной установки в среде разработки AdamView. Экранная форма этой модели представлен на рис. 3.

Разработанные система управления и упрощенная модель стерилизационной установки внедрены в учебный процесс направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств», и используются в дисциплине «Интегрированные системы проектирования и управления».

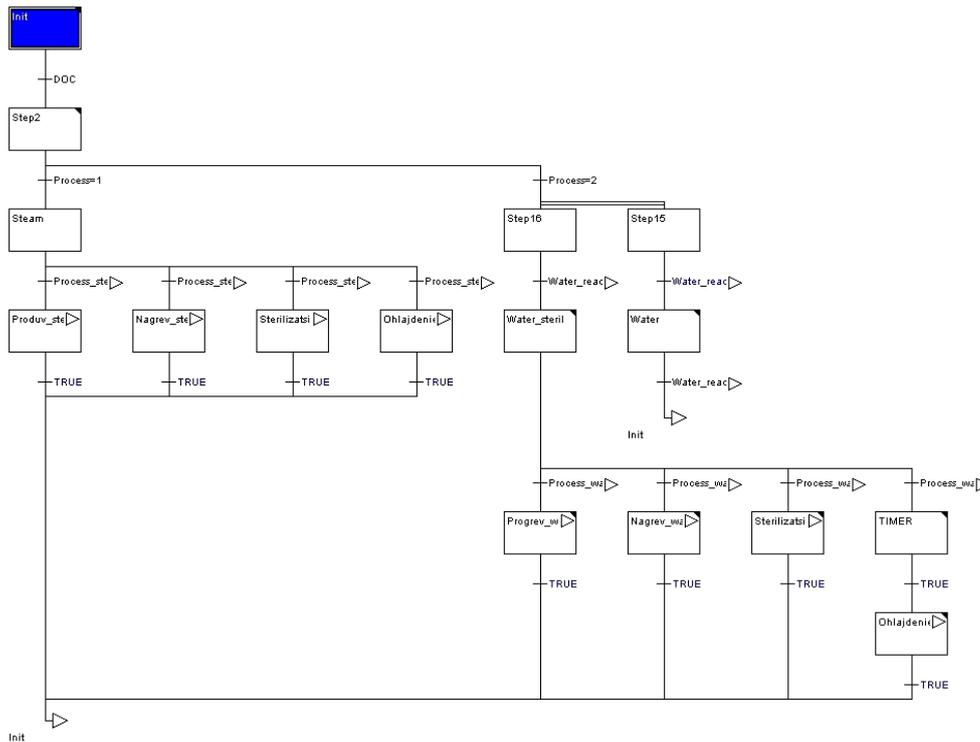


Рисунок 2 – Алгоритм управления системой автоматического управления процессом стерилизации на языке SFC

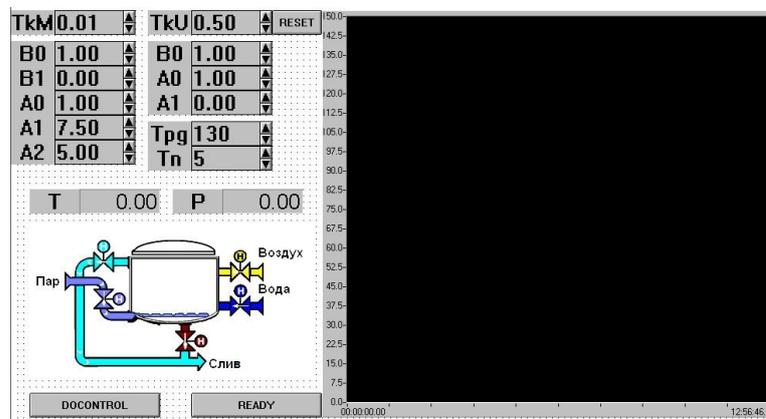


Рисунок 3 – Экранная форма упрощенной модели стерилизационной установки

В настоящее время в рамках дипломного проектирования осуществляется разработка экструдера ABS пластика на базе технических и программных средств автоматизации ОВЕН. Нить из ABS пластика активно применяется при создании физических моделей на 3D принтерах. При ее производстве экономически выгодно применять гранулы ABS пластика.

В системе управления экструдером будут реализованы два контура управления. Первый контур, построенный на базе микропроцессорного регулятора ТРМ101, обеспечивает поддержание постоянной температуры нагрева пластика.

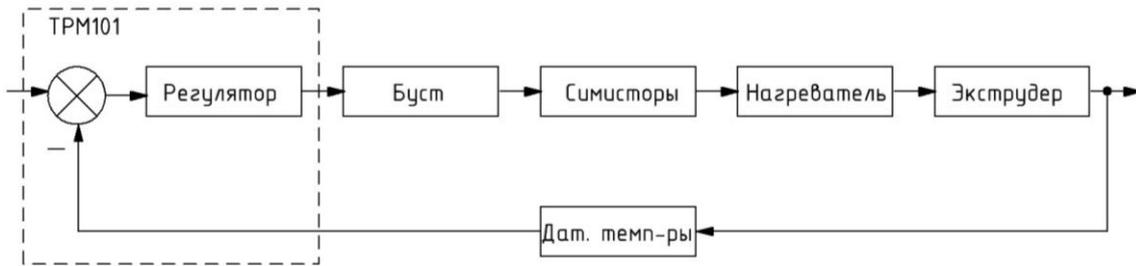


Рисунок 4 – Функциональная схема контура поддержания температуры нагрева пластика

Второй контур обеспечивает регулирование и поддержание заданной частоты вращения двигателя, что оказывает влияние на скорость экструдирования нити ABS пластика и его качество.

В рамках научной и опытно-конструкторской работы кафедры ведется разработка лабораторных стендов «Система автоматического управления температурой в помещении». Лабораторные стенды построены на базе программных микропроцессорных регуляторов TPM251 (рис. 5). Лабораторный стенд предназначен для закрепления на практике теоретических знаний студентов специальности 220417 «Автоматические системы управления» среднего специального образования по таким междисциплинарным курсам (МДК) как «Технология эксплуатации электронного оборудования и систем автоматического управления», «Технология монтажа и наладки электронного оборудования и систем автоматического управления».

В настоящее время в рамках научных исследований завершается разработка системы автоматического управления процессом обезвоживания рыбной продукции, которая также реализована на базе оборудования ОВЕН.

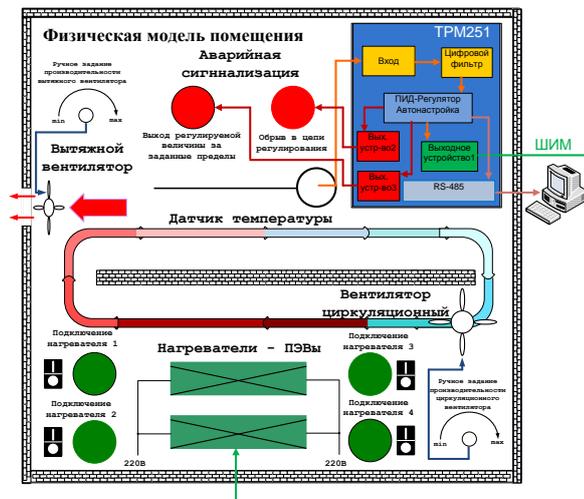


Рисунок 5 – Функциональная схема лабораторного стенда «Система автоматического управления температурой в помещении»

Заключение

За годы использования современное отечественное оборудование автоматизации производственного объединения ОВЕН зарекомендовало себя как эффективное и гибкое средство решения задач автоматического управления технологическими процессами. Применение технических и программных средств автоматизации «ОВЕН» позволило модернизировать лабораторную базу кафедры, а также оснастить исследовательские установки и опытные разработки современным качественным оборудованием с относительно невысокой стоимостью.

Литература

1. В Заполярье прошел семинар, посвященный вопросам импортозамещения // «Мурман» Государственная телерадиокомпания. – Режим доступа: <http://murman.tv/news/12202-v-zapolyare-proshel-seminar-posvyashennyu-voprosam-importozamesheniya.html>

2. Выставки – Приглашаем 10 и 11 февраля 2015 года в Мурманске // ОВЕН – регуляторы, измерители, контроллеры, датчики. – Режим доступа: <http://www.owen.ru/17640527>

3. Технические и программные средства автоматизации «ОВЕН» в дипломном проектировании и научных исследованиях кафедры автоматики и вычислительной техники / А. В. Власов, А. В. Кайченков, А. А. Маслов [и др.] // Наука и образование – 2014 [Электронный ресурс] : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г. / Федер. агентство по рыболовству, Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования «Мурм. гос. техн. ун-т». – С. 67–70.

Ситуационное оперативное управление режимами теплоисточника

Качала Н. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра информационных систем и прикладной математики, e-mail: nmk10@yandex.ru)

Аннотация. Рассматривается решение задачи распределения нагрузки на теплоисточнике между котлами, работающими на общую паровую магистраль. Предлагается осуществлять функции оценки планируемой нагрузки и формирования задания на выработку тепловой энергии, используя методы ситуационного управления на базе нечеткой логики.

Abstract. Considers the distribution of load on the heat source between boilers, working on a common steam line. It is proposed to carry out the functions of the assessment of the proposed load and generate jobs for the production of thermal energy, using the methods of situational control based on fuzzy logic.

Ключевые слова: управление теплоснабжением, теплоисточник, ситуационное управление, нечеткая логика.

Key words: heat supply control, heat source, situational control, fuzzy logic.

Как правило, на теплоисточниках на общую паровую магистраль работают два и более котла. Работа котлов на общий паровой коллектор приводит к взаимному их влиянию по давлению пара в барабанах, оказывает влияние на перераспределение нагрузок между котлами и в конечном итоге сказывается на эффективности работы котельной в целом.

Для теплоисточников характерен неравномерный график нагрузки в течение суток, недели, года. Покрытие неравномерных графиков происходит перераспределением нагрузки между котлами и переводе части паровых котлов в регулировочный режим. При базовом режиме паровой котел работает с постоянной нагрузкой, в регулировочном режиме котел работает на переменной производительности, имеет частые пуски и остановки и пониженную экономичность.

В связи с вышеотмеченными проблемами одной из актуальных задач на сегодняшний день является задача распределения нагрузки между котлами, при котором для заданных значений теплопроизводительности источника обеспечивался бы минимальный расход топлива.

При распределении нагрузки между котлами применяют один из следующих подходов:

– максимизация коэффициента полезного действия теплоисточника (что эквивалентно задаче минимизации расхода топлива);

– загрузка каждого котла пропорционально их номинальной производительности;

– обеспечение равенства относительных приростов расхода топлива по каждому из котлов [1].

Для решения задачи оптимальной загрузки теплоисточника необходимо знать энергетические характеристики котлоагрегатов, которые представляют собой зависимость между количеством подводимого топлива и получаемой теплоты. Алгоритм определения этих характеристик включает следующие этапы:

1. Определяют тепловую производительность Q_i каждого из котлов для различных нагрузочных режимов их работы.

2. Определяют потери теплоты ΔQ_i с учетом КПД котлов и их полезной нагрузки.

3. Определяются нагрузочные характеристики котлоагрегатов в диапазоне от минимально допустимых до максимальных.

4. Зная изменение суммарных потерь теплоты в паровых котлах, определяют их энергетические характеристики, отражающие часовой расход условного топлива по формуле:

$$B_i = 0,0342 \cdot (Q_i + \Delta Q_i).$$

Знание энергетических характеристик котлов, позволяет формировать управляющие решения по распределению нагрузки между котлами.

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

– надежное снабжение потребителя необходимым количеством тепловой энергии с определенными качественными показателями;

– минимизация затрат на выработку и передачу этой тепловой энергии.

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

Вторая – посредством соответствия тепловой нагрузки потребителей ее выработке, то есть при помощи планирования изменения нагрузки и снижения потерь при передаче тепловой энергии.

Существующие проблемы увязки графиков подачи и использования теплоты, нестационарный характер изменения метеоусловий и нагрузки

потребителя, различные тепловые режимы у потребителей, необходимость упреждающего управления отпуска тепла с учетом метеоусловий при ограничениях на энергоресурсы предопределяют интеллектуализацию систем управления теплоснабжением.

В отличие от существующей практики за основу управления объектами в основных эксплуатационных режимах предлагается использование методов ситуационного управления. Система принятия решений реализуется на базе советующих систем с нечеткой логикой в классе «ситуация – стратегия управления – действие» [2, 3].

Для проверки работоспособности предлагаемого подхода с целью формирования заданий по выработке тепловой энергии разработана модель блока оценки ситуации и выполнено моделирование распределения нагрузки между двумя котлами, работающими на единую паровую магистраль в программном пакете Matlab.

Полученные результаты моделирования и экспериментальные данные по формированию заданий показали возможность организации режимов работы котлов теплоисточника в базовом и регулировочном режимах при снижении удельного расхода топлива за счет эксплуатации котлов с оптимальными КПД.

Литература

1. Экономика энергетики / под ред. Н. Д. Рогалева. – М. : Издательство МЭИ, 2005. – 288 с.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления : учебник / под ред. Н. Д. Егупова. – М. : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ» им. Н. Э. Баумана, 2002. – 744 с.
3. Прохоренков, А. М. Реконструкция отопительных котельных на базе информационно-управляющих комплексов / А. М. Прохоренков // Наука – производству. – 2000. – № 2. – С. 51–54.

Методы идентификации сложных систем

Прохоренков А. М.¹, Качала Н. М.², Литун А. В.¹, Овсейчик А. В.¹

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматике и вычислительной техник , e-mail: prohorenkovam@mstu.edu.ru; litun_a@mail.ru; ovseychik@gov-murman.ru)

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра информационных систем и прикладной математики, e-mail: nmk10@yandex.ru)

Аннотация. Дан обзор методов идентификации, применяемых в системах управления технологическими процессами.

Abstract. A review of methods of identification used in the control systems of technological processes.

Ключевые слова: идентификация, модель, сложная система.

Key words: identification, model a complex system.

Проектирование структуры системы управления, формирование стратегии управления, решение задач прогнозирования и т. д. требуют математических моделей объектов управления (процессов). Большинство технологических систем являются сложными и для построения адекватных моделей априорной информации об объекте моделирования недостаточно. Определение структуры модели объекта (системы, процесса) и получение ее параметров по экспериментальным данным составляет суть задачи идентификации.

Известно значительное число зарубежных и отечественных публикаций, посвященных различным аспектам идентификации. Среди них, в первую очередь, можно отметить основополагающие труды П. Эйкхоффа [1], Д. Гроппа [2], Л. Льюнга [3], Н. С. Райбмана [4], Я. З. Цыпкина [5] и др.

Теоретические процедуры идентификации, как правило, основаны на строгих ограничениях и исходных предпосылках. Так большинство методов идентификации ориентированы на линейные стационарные объекты управления, в то время как значительная часть реальных объектов управления таковыми не является. Идентификация нелинейных объектов является весьма актуальной, связанные с ней вопросы рассмотрены, например, в работах [1, 6, 7]. С точки зрения практической реализации вычислительные

процедуры идентификации требуют дальнейшего развития. Вопросы разработки новых методов идентификации, а также многочисленные их приложения, рассмотрены на конференциях по идентификации систем SICPRO [8].

Множество известных методов идентификации можно классифицировать по следующим признакам:

- по способу представления характеристик объекта (во временной области, в частотной области, в спектральной области);
- по методу проведения эксперимента на объекте (активные, пассивные, смешанные);
- по критерию подобия объекта и модели;
- по методу восстановления неизвестных параметров объекта (итерационные, неитерационные);
- по моменту идентификации (оперативные и ретроспективные методы),
- по наличие сравнения математического описания с объектом (разомкнутые, замкнутые).

Анализ источников информации позволил выделить основные направления разработок методов структурной и параметрической идентификации.

Целью структурной идентификации является анализ структуры системы и синтез ее аналитической модели. В качестве примера можно привести предложенный в [9] метод структурной идентификации статических объектов на основе анализа наблюдаемых информационных портретов – динамических структур, заданных в пространстве «вход-выход». Частным случаем информационного портрета является фазовый портрет.

Несмотря на существующее множество алгоритмов и методов идентификации, отсутствуют процедуры регулярного синтеза структуры модели. Такая ситуация обусловлена сложностью и разнообразием объектов управления. Основной подход в задачах структурной идентификации – перебор вариантов из заданного класса моделей.

В параметрических методах предполагается наличие априори заданных аналитических моделей идентифицируемых объектов. В этом случае оператор модели задается с точностью до вектора параметров. Цель идентификации заключается в определении значений вектора параметров, при котором модель наилучшим в определенном смысле образом аппроксимирует оператор объекта на множестве сигналов [1–4].

Алгоритмы параметрической идентификации существенно зависят от форм представления математических моделей. В системах управления,

в том числе и адаптивных, широко используются градиентные алгоритмы, методы наименьших квадратов, стохастической аппроксимации и их модификации. Теоретические предпосылки, положенные в основу перечисленных методов, в эксплуатационных условиях систем управления зачастую не выполняются, что снижает эффективность методов идентификации и качество управления. Это послужило побудительной причиной разработки алгоритмов и методов робастной идентификации, учитывающих условия функционирования объектов управления [10].

Наряду с широко применяемыми статистическими методами оценивания параметров модели, используются методы, реализующие минимаксный, игровой, теоретико-множественный, многозначный, интервальный подходы.

Возможности вычислительной техники обусловили развитие и применение в системах управления интеллектуальных алгоритмов идентификации, таких как нейросетевые методы [11], генетические алгоритмы [12], метод ассоциативного поиска [13].

Важнейшим этапом решения задачи идентификации является оптимизация. Генетический алгоритм хорошо себя зарекомендовал во многих приложениях. Генетический алгоритм можно рассматривать как одну из разновидностей случайного поиска, которая основана на механизмах, напоминающих естественный отбор и размножение. Генетический алгоритм использует вероятностные правила порождения новых точек анализа и детерминированные правила для перехода от одних точек к другим. Для поиска данный алгоритм использует несколько точек поискового пространства одновременно, а не переходит от точки к точке, как это делается в традиционных методах. Это снижает риск попадания в локальный экстремум целевой функции.

В методе ассоциативного поиска вместо аппроксимации реального процесса во времени строится прогнозирующая модель динамического объекта на каждом такте с использованием наборов архивных данных («ассоциаций»), знаний, сформированных на этапе обучения. При разработке алгоритмов ассоциативного поиска широко используются методы нечеткой логики.

Проведенный анализ показал, что ни один из методов идентификации не является универсальным. Выбор метода зависит от цели решения задачи идентификации, степени изученности исследуемого объекта управления, его эксплуатационных особенностей и ряда других причин.

Литература

1. Эйкхофф, П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М. : Мир, 1975. – 686 с.
2. Гроп, Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп. – М. : Мир, 1979. – 304 с.
3. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – М. : Наука, 1991. – 432 с.
4. Райбман, Н. С. Что такое идентификация? / Н. С. Райбман. – М. : Наука, 1970. – 118 с.
5. Цыпкин, Я. З. Основы информационной теории идентификации / Я. З. Цыпкин. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
6. Мирошник, И. В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / И. В. Мирошник, В. О. Никифоров, А. Л. Фрадков. – СПб. : Наука, 2000. – 549 с.
7. Пащенко, Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем. Ч. 2. Идентификация нелинейных систем / Ф. Ф. Пащенко. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 288 с.
8. Труды X Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'15, Москва, 26–29 января 2015 г. [Электронный ресурс]. – М. : Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2015. – 1484 с.
9. Карабутов, Н. Н. Структурная идентификация систем: анализ динамических структур / Н. Н. Карабутов. – М. : МГИУ, 2008. – 160 с.
10. Ершов А. А. Стабильные методы оценивания параметров (обзор) / А. А. Ершов // Автоматика и телемеханика. – 1978. – № 8. – С. 66–100.
11. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / под ред. Н. Д. Егупова. – М. : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ» им. Н. Э. Баумана, 2002. – 744 с.
12. Корнеев, В. В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В. В. Корнеев, А. Ф. Гареев, С. В. Васютин, В. В. Райх. – М. : Изд-во Нолидж, 2001. – 496 с.
13. Бахтадзе, Н. Н. Интеллектуальные алгоритмы идентификации состояния энергообъектов / Н. Н. Бахтадзе, Е. М. Максимов, Н. Е. Максимова // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2011. – № 3. – С. 45–50.

Тестирование радиочастотного устройства для индикации уровня сыпучих материалов в емкостях

Прохоренков А. М.¹, Совлуков А. С.^{1,2}, Терешин В. И.³, Яценко В. В.¹

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики 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)

³(г. Санкт-Петербург, ООО «Техносенсор», e-mail: technosensor@yandex.ru)

Аннотация. Рассматривается радиочастотное устройство для определения уровня сыпучих материалов в емкостях. Излагаются результаты тестирования данного устройства.

Abstract. Radiofrequency (RF) measuring device for detection of level of particulate materials in tanks is considered. Testing results of the device are shown.

Ключевые слова: устройство, чувствительный элемент, радиочастотный, сыпучий материал, уровень, индикация, тестирование, емкость.

Key words: measuring device, sensor, radiofrequency, particulate material, level, testing, tank.

Высокоточную индикацию уровня различных сыпучих материалов (цемента, молотого угля и т. п.) в емкостях необходимо осуществлять во многих отраслях промышленности.

Недостатком известных высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств [1, 2] для определения (индикации) уровня является достаточно сложная конструкция и невысокая точность сигнализации. В известном индикаторе уровня [3] отрезок коаксиальной длинной линии содержит чувствительный элемент в качестве оконечной нагрузки, выполненный в виде внутреннего проводника указанной коаксиальной линии, выступающего за пределы ее длины; он подвержен контакту с материалом в случае индикации его уровня. Информацию о наличии в точке индикации границы раздела веществ несет изменение степени ослабления электромагнитной волны, которое регистрируют на выходе детектора. Такой индикатор предназначен для определения положения границы раздела нефти и воды в резервуаре. Его недостатком является невысокая чувствительность, характеризуемая малым изменением величины информативного параметра (амплитуды напряжения) в точке контроля при ее прохождении границей раздела веществ. Это обусловлено основным влиянием эквивалентной

емкости самого отрезка длинной линии, значительно превышающей емкость чувствительного элемента, на информативный параметр устройства.

Целью работы является тестирование разработанного радиочастотного устройства для индикации уровня сыпучих материалов в емкостях с повышенной чувствительностью [4]. Отрезок длинной линии 1 является высокочастотным резонатором электромагнитных колебаний. Будучи включенным в частотоподающую цепь генератора 3 (рис. 1), являющимся при этом автогенератором, он определяет частоту f его генерации. Эта частота f является информативным параметром устройства: при нахождении поверхности материала в точке контроля происходит резкое изменение значения f . Функционирование данного устройства рассмотрено в [4].

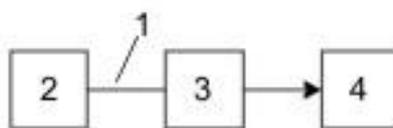


Рисунок 1 – Схема устройства:

1 – отрезок длинной линии; 2 – выступающая часть внутреннего проводника;
3 – автогенератор; 4 – регистратор

Если сыпучий материал является несовершенным диэлектриком (например, увлажненный материал), характеризуемым большим значением тангенса угла диэлектрических потерь, то для увеличения добротности резонатора – отрезка длинной линии 1 – поверхность проводника 2 следует покрыть диэлектрической оболочкой, например, из фторопласта. При этом информативный сигнал (частота f) имеет достаточно большую для регистрации величину.

Применение устройства возможно как при контроле со стороны боковой стенки, так и с верхнего торца емкости. Второй вариант более предпочтителен, так как не связан с нарушением целостности конструкции емкости. Во многих же случаях на практике этот вариант единственно допустим. Он и рассматривается здесь в качестве примера применения устройства для контроля уровня сыпучего материала. При этом в емкости, содержащей сыпучий материал, располагают вертикально отрезок длинной линии 1 устройства. При этом его выступающая часть 2 находится в зоне контроля уровня материала.

На рис. 2 показан график изменения частоты f в зависимости от уровня h сухого и увлажненного сыпучего материала, например, молотой

угольной массы после дробления в шаровой мельнице грубого помола, или влагосодержащей жидкости с переменным влагосодержанием W . Частота f_0 соответствует значению уровня h_0 материала при нахождении чувствительного элемента – выступающей части 2 – в воздухе. Частоты f_2 и f_3 соответствуют уровню h_2 при взаимодействии чувствительного элемента с материалом, имеющим, соответственно, нулевое W_0 и максимальное W_{\max} влагосодержание. Срабатывание индикатора может быть установлено как при непосредственном контакте проводника 2 с материалом, так и при попадании поверхности материала в его электромагнитное поле в зоне бесконтактного срабатывания. Порог срабатывания f_1 при контроле сыпучего материала с переменным или (и) неизвестным влагосодержанием может быть установлен в некоторой точке, которой соответствуют частота $f_1 = (f_0 + f_2)/2$. Ее значение лежит между значениями частот f_0 и f_2 , соответственно, для воздуха и сухого материала. Такой выбор частоты f_1 срабатывания обеспечивает надежную индикацию при наличии в емкости материала с произвольным влагосодержанием: при таком выборе частоты координата индикации уровня находится между значениями h_w (максимальное значение W) и h_1 и изменение этой координаты при изменении W находится в пределах малой допустимой погрешности. Если измеренное значение частоты $f > f_1$, то регистратор выдает сигнал, соответствующий отсутствию материала в контролируемой области. Если же $f \leq f_1$, то поверхность материала находится в данной области.

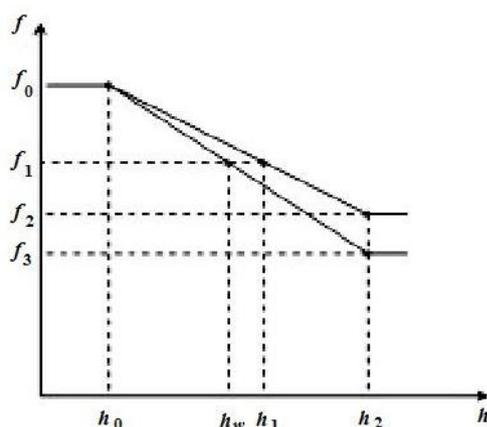


Рисунок 2 – Изменение частоты f автогенератора в зависимости от уровня h сухого и увлажненного сыпучего материала с разным влагосодержанием

Значение W находится реально в пределах 0–25 %. Как следствие, переменное влагосодержание приводит к некоторой погрешности индикации уровня. Чем больше W , тем при меньшем значении уровня происходит

срабатывание устройства. На рис. 2 показано, что при максимальном значении W срабатывание устройства происходит при значении уровня h_w , которое меньше реального значения h_1 . При неизвестном W координата срабатывания (индикации) находится на участке в пределах диапазона между h_1 (при $W = 0$) и h_w (при $W = W_{\max}$). Погрешность $\delta = h_1 - h_w$ регистрации уровня, однако, реально невелика и не превышает допустимого значения. Например, для молотого угля при максимальном влагосодержании 25 % погрешность не превышает 5 мм.

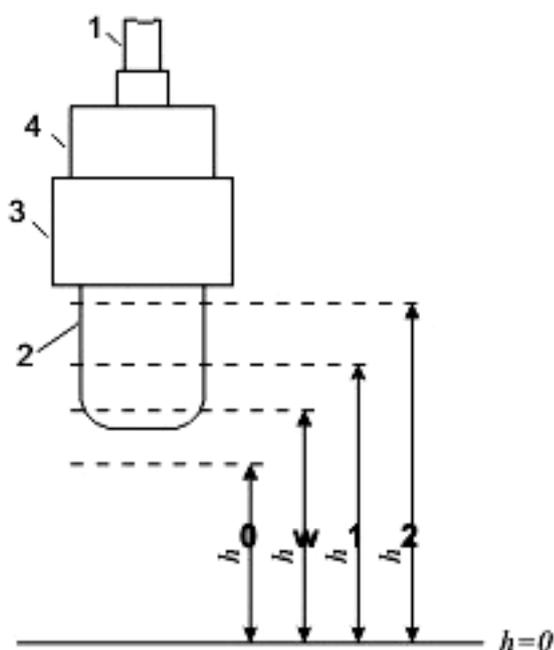


Рисунок 3 – Значения координат, соответствующих частотам на рис. 2, относительно чувствительного элемента:

- 1 – отрезок длиной линии; 2 – выступающая часть внутреннего проводника;
- 3 – заземленный проводник; 4 – металлический кожух

При тестировании устройства для экспериментов использовался сосуд из оргстекла объемом 5 л, в центре которого закреплен датчик. Контролируемый материал насыпается сверху и ссыпается через отверстие (клапан) в нижней части сосуда. Уровень заполнения контролируется с помощью линеек, равномерно расположенных снаружи. При засыпке добиваются равномерного распределения материала, чтобы уровни заполнения по разным линейкам отличались не более, чем на 2 мм.

Засыпка производилась до уровня h_0 (на 10 мм ниже края чувствительного элемента) и до уровня h_2 (на 3 мм ниже верхнего края чувстви-

тельного элемента), а также до промежуточных значений. Для экспериментов использовался молотый уголь сухой и увлажненный. Влажность угля определялась взвешиванием мерного объема (1 литр) угля.

На рис. 3 показано условно положение значений уровня h_0 , h_2 и координат h_w , h_1 , отсчитываемых от дна емкости с координатой $h = 0$, относительно чувствительного элемента 2. Координате h_0 соответствует частота $f_0 = 28,53$ МГц; координате h_2 соответствуют частоты $f_2 = 28,26$ МГц (при $W = 0$) и $f_3 = 28,12$ МГц ($W = W_{\max}$); реально координате h_2 может соответствовать любая частота в диапазоне частот от f_2 до f_3 в зависимости от влажностного содержания между значениями $W = 0$ и W_{\max} . При выбранной частоте $f_1 = 28,40$ МГц срабатывание (индикации) устройства происходит в точке с координатой значений уровня в пределах от h_w ($W = W_{\max}$) до h_1 ($W = 0$).

Важным является обеспечение независимости результатов измерений от температуры окружающей среды (температуры конструкции устройства). С этой целью в состав описанного выше радиочастотного устройства введен датчик температуры гермоввода, располагаемый в металлическом корпусе гермоввода, имеющем теплозащитное покрытие. Этот датчик подключен к одному из входов функционального преобразователя [5]. Если требуется работа устройства в более широком диапазоне температур, проводятся испытания в термокамере в воздухе (без рабочей среды). Температура изменяется от -60 °С до $+85$ °С и фиксируется изменение частоты при изменении температуры. Изменение частоты для каждого значения температуры заносится в табличном виде в память контроллера в функционального преобразователя.

Данное устройство позволяет осуществлять с высокой точностью индикацию уровня различных сыпучих материалов в емкостях. В частности, оно может быть применено для высокоточной индикации уровня молотого угля в бункерах на ТЭЦ, работающих на угольном топливе, в автоматизированных системах управления процессом подачи молотого угля.

Литература

1. Викторов, В. А. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин / В. А. Викторов, Б. В. Лункин, А. С. Совлуков. – М. : Наука, 1978. – 280 с.
2. Викторов, В. А. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов / В. А. Викторов, Б. В. Лункин, А. С. Совлуков. – М. : Наука, 1989. – 208 с.

3. Zanker, K. J. Radio-frequency interface detector / K. J. Zanker // Oil & Gas Journal. – Vol. 82. – No. 5, January 30. – 1984. – P. 150–152.

4. Прохоренков, А. М. Радиочастотное устройство для индикации уровня и положения границы раздела веществ в емкостях / А. М. Прохоренков, А. С. Совлуков, В. И. Терешин // Наука и образование – 2013 : материалы Междунар. научно-техн. конф. – Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – С. 73–77.

5. Прохоренков, А. М. Радиочастотное термнезависимое устройство для индикации уровня и положения границы раздела веществ в емкостях / А. М. Прохоренков, А. С. Совлуков, В. И. Терешин, В. В. Яценко // Наука и образование – 2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – С. 94–99.

Анализ пусковых токов электродвигателя

Ремезовский В. М., Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра электрооборудования судов)

Аннотация. Проведен теоретический и экспериментальный анализ технического состояния электрической машины путем исследования переходных процессов. Показано, что возможно с достаточной степенью точности можно оценить параметры электрического двигателя с помощью экспресс-методики испытаний.

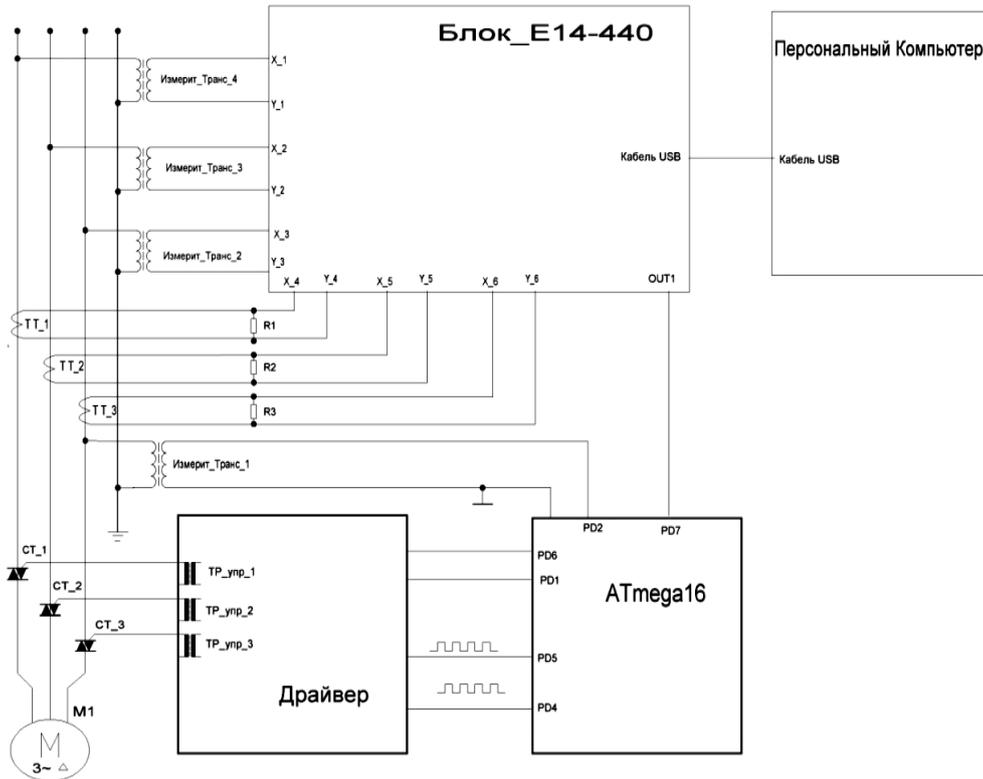
Abstract. It is organized theoretical and experimental analysis of the heat condition equipment and the temperature of the windings of the marine electric machines on base of the remote measurement by means of thermovision inspection. It is shown that possible with sufficient degree of accuracy to produce the calculation of the temperature in volume windings under different load.

Ключевые слова: электрический двигатель, техническое состояние, переходные процессы, экспресс-метод диагностики.

Key words: IR thermography, thermovision diagnostics, electrical motor, temperature winding, technical condition.

Актуальным является разработка метода испытаний асинхронных машин, исключающего потери электроэнергии и применение дорогостоящего оборудования [1], [2]. Сущность метода заключается в экспериментальном определении параметров схемы замещения, посредством измерения мгновенных значений тока, напряжения и мощности.

При известных параметрах схемы замещения характеристики можно рассчитать по круговой диаграмме или аналитическим методом. Особенностью метода испытаний является то, что при проведении опыта короткого замыкания не затормаживается ротор двигателя. Вместо затормаживания ротора, производится безударный пуск с пофазным подключением обмоток (с подавлением электромагнитных переходных процессов) двигателя при пониженном напряжении, равном напряжению опыту короткого замыкания.



Измерительная часть стенда состоит из трех ТТ(частота 10 кГц), трех ТН, ЭВМ, преобразователя, блока устройства связи Е14-440 с объектом. В качестве устройства связи используется модуль Е14-440, в котором выполняется первичная обработка информации (14 разрядный АЦП). Калибровка каналов производилась по приборам класса 0,5. Силовая часть состоит из тиристорного коммутатора (СТ₁, СТ₁, СТ₃), драйвера, МК ATmega16 который управляет тиристорным коммутатором по сигналу от Е14-440. Для сравнения данных произведены испытания двигателя опытом КЗ с затормаживанием ротора и при пуске двигателя при пониженном напряжении. На рис. 1 приведены осциллограммы фазных токов и напряжений при различных условиях испытаний опыта КЗ с затормаживанием ротора (а) и при пониженном напряжении (б). Расчеты производились интегральным методом, на каждой половине периода напряжения, для каждой фазы. В результате анализа полученных осциллограмм и расчетов действующих значений U , I , P сделан вывод, что действующие значения периодического тока I , напряжения U , мощности P , значение $\cos\phi$ в первые 2-3 периода во время пуска при пониженном напряжении полностью совпадают с данными, полученными при заторможенном роторе асинхронного двигателя во время проведения стандартного опыта КЗ.

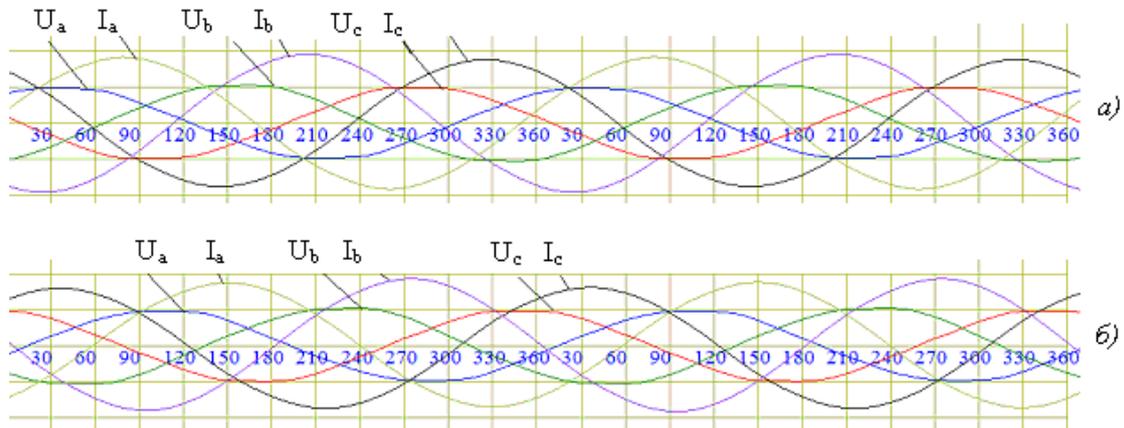


Рисунок 1 – Осциллограммы пусковых токов и напряжения $U_{кв}$

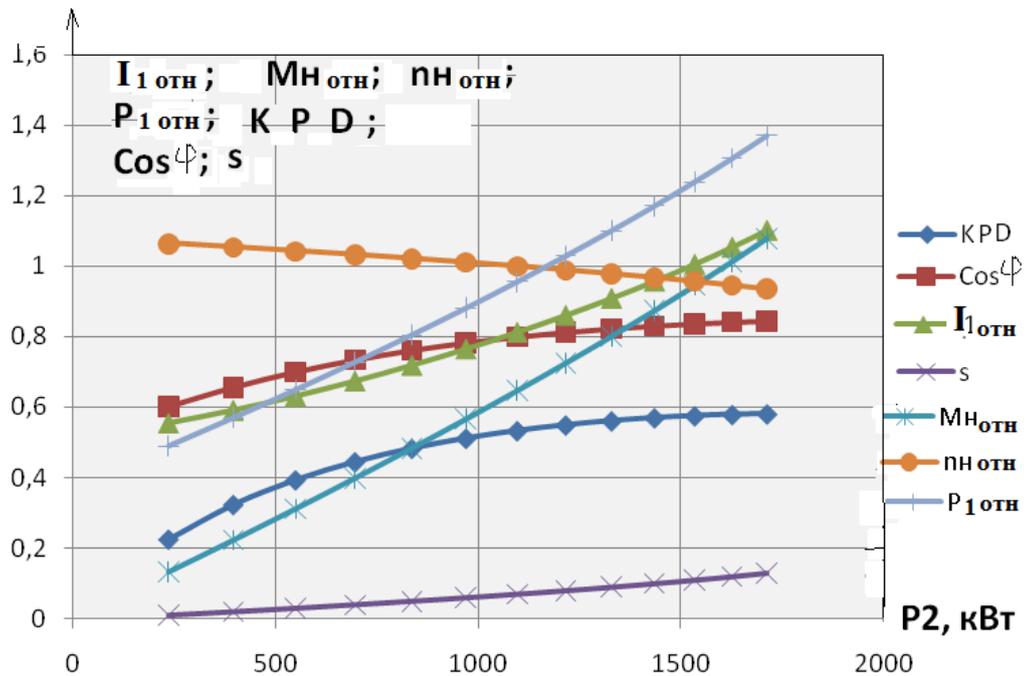


Рисунок 2 – Рабочие характеристики двигателя АОЛ 42-6

На рис. 2 по оси X отложено значение мощности на валу двигателя P_2 , кВт. По вертикальной оси отложены относительные единицы $I_{1отн}$, $M_{н.отн}$, $n_{н}$, $P_{1отн}$, значения K_{PD} (КПД), $\cos\phi$, коэффициент скольжения s .

Выводы

Сравнивая экспериментальные данные, полученные в ходе испытаний, с паспортными данными двигателя, и проанализировав относительную погрешность результатов, можно сделать выводы, что:

– действующие значения I , U , P , $\cos\phi$ для первых 3–5 периодов во время пуска при пониженном напряжении полностью совпадают с дан-

ными I , U , P , $\cos\varphi$ полученными при заторможенном роторе АД во время проведения стандартного опыта КЗ.

– КПД и коэффициент мощности отличаются от паспортных, что, связано с большим сроком эксплуатации.

Литература

1. ГОСТ 53472-2009. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний. – М., 2009.

2. Власов, А. Б. Исследование изоляции судовых электрических машин в процессе эксплуатации и судоремонта / А. Б. Власов // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2008. – Т. 11, № 3. – С. 475–482.

Аппаратный комплекс для исследования режимов обезвоживания рыбы

Селяков И. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке аппаратного комплекса для проведения экспериментов по обезвоживанию рыбы. Описывается структура и возможности установки.

Abstract. The article describes development of hardware system for conducting fish dehydration experiments. The structure and features of the unit are being given.

Ключевые слова: процесс обезвоживания, копчение и вяление рыбы, сушильные и коптильные печи.

Key words: dehydration process, smoked and dried fish, drying and smoking unit.

В рамках совместной научно-исследовательской работы кафедры Автоматизации и вычислительной техники (Автоматизации и вычислительной техники) и Технологий пищевых производств (ТПП) Мурманского государственного технического университета (ФГБОУ ВПО «МГТУ») разработана малогабаритная установка для поиска оптимальных режимов (УПОР-М)[3].

Малогабаритная установка для поиска оптимальных режимов состоит из четырех независимых камер, одна из которых представлена на рис. 1. В нижней части каждой камеры располагается смесительная камера с нагревательным элементом 3, необходимая для подогрева сушильного агента. На верхней стенке каждой камеры располагается рециркуляционный вентилятор 4, предназначенный для нагнетания сушильного агента. К вентилятору 4 подключен рециркуляционный воздуховод 5, который используется для повторного использования уже нагретого сушильного агента. Второй конец рециркуляционного воздуховода заведен в смесительную камеру с нагревательным элементом 3. На рециркуляционном воздуховоде располагается заслонка для подачи свежего воздуха.

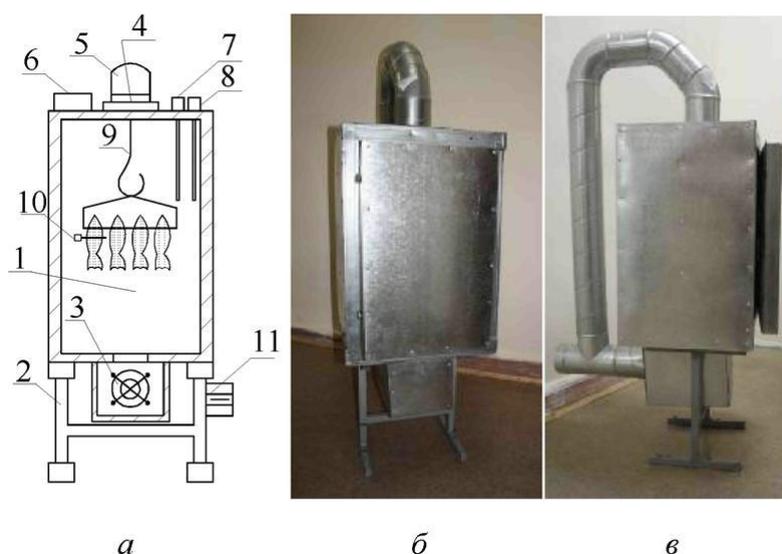


Рисунок 1 – Камера малогабаритной установки для поиска оптимальных режимов (УПОР-М):
a – в разрезе (1 – камера; 2 – опорная рамка; 3 – нагревательный элемент;
 4 – рециркуляционный вентилятор; 5 – рециркуляционный воздуховод;
 6 – вытяжной вентилятор; 7 – датчик температуры в камере; 8 – датчик влажности
 в камере; 9 – датчик веса сырья; 10 – игольчатые датчик температуры внутри сырья;
 11 – счетчик электроэнергии); *б* – вид спереди; *в* – вид сборку

Сушильный агент с избыточной влажностью утилизируется при помощи вытяжного вентилятора 6, который расположен на верхней части камеры. Управление работой камер осуществляется при помощи блока автоматики. Каждая камера снабжена датчиком температуры 7 и датчиком влажности 8, которые необходимы для контроля и управления температурой и влажностью внутри камер. Изменение температуры реализуется при помощи нагревательного элемента, а изменение влажности – посредством вытяжного вентилятора. Для контроля изменения массы рыбы планируется снабдить камеры S-образными датчиками веса 9, которые крепятся к верхней стенке камеры посередине. Для контроля температуры внутри сырья используются игольчатые датчики температуры 10. Эти датчики устанавливаются в сырье перед началом эксперимента. Каждая камера снабжена счетчиком электроэнергии 11 для контроля энергозатрат на технологический процесс.

Управление температурой и влажностью внутри секций УПОР-М осуществляется при помощи универсального восьмиканального микропроцессорного регулятора ОВЕН ТРМ148, установленного в блоке системы автоматического управления.

Структурная схема системы управления одной секцией установки представлена на рис. 2.

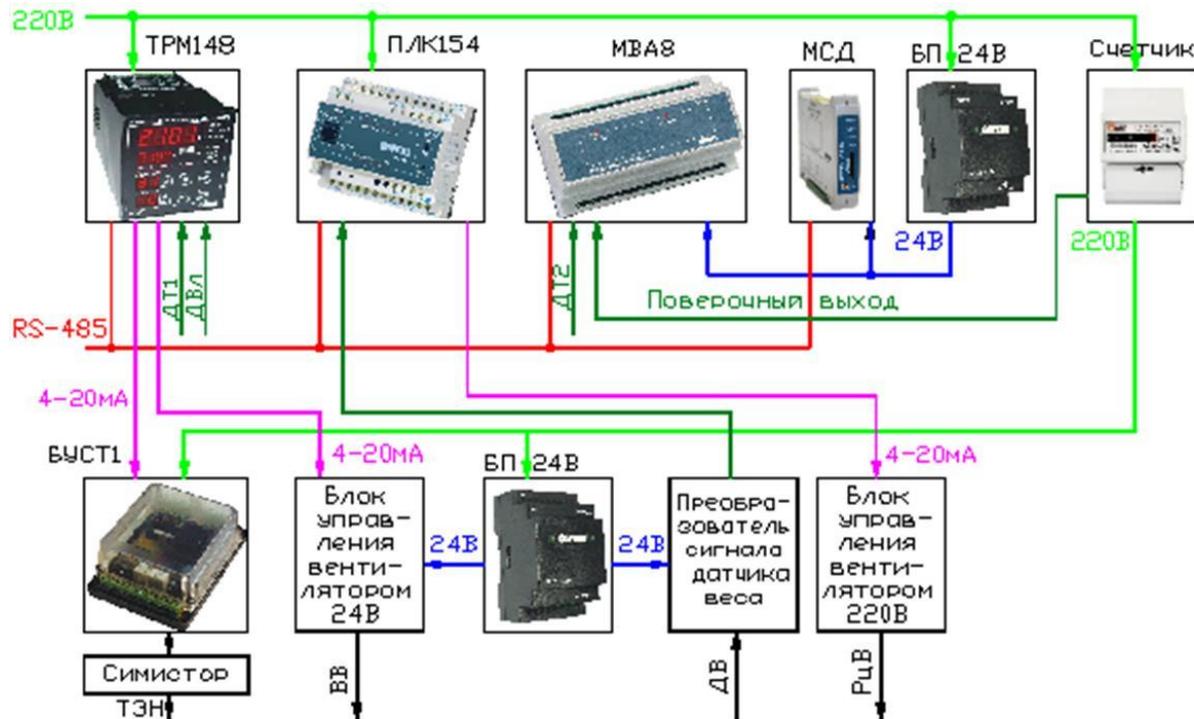


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматического управления одной секцией установки

Сигналы с датчиков температуры и влажности (ДТ1, ДВл) поступают на микропроцессорный регулятор. Нечетные каналы ТРМ148 сконфигурированы на регулирование и индикацию температуры в секциях. В качестве регулирующего органа для управления температурой выступают трубчатые электронагреватели, исполнительными механизмами являются блоки управления симисторами и тиристорами (БУСТ1), к которым подключены симисторы. Четные каналы микропроцессорного регулятора ТРМ148 осуществляют регулирование и индикацию влажности внутри каждой камеры. На выходы этих каналов подключены блоки управления вытяжными вентиляторами ВВ, которые используются для изменения влажности внутри секций. Измерение влажности осуществляется с помощью датчика ДВТ-03М. Программируемый логический контроллер ПЛК154, измеритель регулятор ТРМ148, модуль аналогового ввода МВА8 и модуль сбора данных МСД соединены между собой по интерфейсу RS-485.

Уставки температуры и влажности в микропроцессорный регулятор ТРМ148 приходят по интерфейсу RS-485 с программируемого логического

контроллера ПЛК154 в соответствии с заранее записанной оператором в память контроллера технологической картой. Регулирование частоты вращения рециркуляционного РцВ вентилятора осуществляется в соответствии с технологической картой непосредственно программируемым логическим контроллером (ПЛК154) с помощью блока управления вентилятором на 220 В.

Подсчет количества электроэнергии, затраченной на процесс, осуществляется однофазным счетчиком электроэнергии с дискретным выходом, подключенным к модулю ввода аналоговых сигналов ОВЕН МВА8. ПЛК154 имеет возможность подключения датчиков веса, подключенных к преобразователям сигналов. Таким образом, имеется возможность осуществить непрерывный контроль веса сырья в течение всего технологического процесса. Датчик температуры ДТ2 – это термосопротивление игольчатого типа, подключенное к модулю МВА8, позволяющее контролировать температуру внутри сырья.

Все данные по температуре, влажности, изменению веса, потреблению энергии передаваемые по интерфейсу RS-485 обрабатываются программируемым логическим контроллером, и записываются на карту памяти при помощи модуля сбора данных (МСД), а потом обрабатываются на персональном компьютере.

Выводы:

1. В системе управления УПОР-М применяется многоканальный измеритель регулятор, как в большинстве коптильных и сушильных установок. Разработанная схема позволит модернизировать большинство этих установок при помощи добавления в систему ПЛК или записи в память измерителя-регулятора новой технологической карты.

2. Промышленные блоки для управления вытяжными и рециркуляционными вентиляторами, имеют значительную стоимость и занимают большое количество места в распределительном шкафу, поэтому для данной задачи их рационально изготовить самостоятельно.

3. Готовые решения для измерения массы рыбы имеет значительную стоимость, поэтому предложен вариант создания датчика веса из электронного цифрового безмена.

Литература

1. Ершов, М. А. Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / М. А. Ершов ; Мурман. гос. техн. ун-т. – Мурманск, 2007. – 24 с.

2. Глазунов, Ю. Т. Элементы теории «пунктирного» обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы / Ю. Т. Глазунов, А. М. Ершов, М. А. Ершов, И. Ю. Селяков, В.А. Аминов // Вестник МГТУ. Труды Мурман. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 15–20.

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

Программный комплекс для обработки экспериментальных данных по обезвоживанию рыбы

Селяков И. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке комплекса для обработки экспериментальных данных по обезвоживанию рыбы. Описываются возможности каждой из программ комплекса. Представлен порядок процесса обработки данных.

Abstract. The article describes development of the system for the fish dehydration experimental data processing. Features of every program in the system are being described. The order of data processing is being given.

Ключевые слова: программный комплекс, переменные режимы обезвоживания, обезвоживание рыбы.

Key words: program complex, variable regime of the dehydration, fish dehydration.

Термическая обработка сырья составляет основу многих технологических процессов в пищевой промышленности. К одним из самых распространенных видов термической обработки сырья в рыбной промышленности относятся вяление, сушка и копчение рыбы. В настоящее время востребованы способы обработки сырья при минимальных энергетических и временных затратах, позволяющие снизить себестоимость продукции, повысить эффективность использования оборудования, сократить выбросы вредных веществ в атмосферу. Для создания современных технологий необходимо совершенствование, как процессов, так и самого оборудования [1, 2].

В рамках совместной научно-исследовательской работы кафедры Автоматизации и вычислительной техники (Автоматизации и вычислительной техники) и Технологий пищевых производств (ТПП) Мурманского государственного технического университета (ФГБОУ ВПО «МГТУ») разработана малогабаритная установка для поиска оптимальных режимов (УПОР-М), на которой были проведены экспериментальные исследования по обезвоживанию рыбы при помощи переменных режимов. Основным объектом исследования являлись спинки путассу, по качеству не ниже 1 сорта, отвечающие требованиям действующей нормативной документации. Объекты сушки находились в равных условиях обезвоживания и имели максимально приближенные размерно-массовые характеристики. Образцы, расположен-

ные в первом модуле, подвергались непрерывному обезвоживанию. Во второй, третьей и четвертой секциях обезвоживание проходило с периодической релаксацией полуфабриката. Температура и скорость движения сушильного агента во время фазы непосредственного обезвоживания во всех секциях поддерживалась одинаковой. Скорость движения сушильного агента равнялась 2 м/с в период непосредственного обезвоживания. В период релаксации рециркуляционные вентиляторы и трубчатые электрические нагреватели отключались. В экспериментальных исследованиях на УПОР-М были реализованы переменные режимы с непрерывной начальной фазой в 6 часов, различными начальным и конечным коэффициентом релаксации, различным периодом.

В рамках работы эксперименты были проведены с периодом в 3 часа и различными начальными и конечными коэффициентами релаксации. По экспериментальным данным были получены три полиномиальные зависимости:

- зависимость темпа обезвоживания непрерывного процесса от температуры и влажности внешнего воздуха и удельной поверхности исследуемой рыбы при обезвоживании сырья;

- зависимость темпа обезвоживания при переменных режимах от начального и конечного коэффициента релаксации, температуры и влажности внешнего воздуха и удельной поверхности исследуемой рыбы при обезвоживании сырья;

- зависимость экономии электроэнергии при переменных режимах от начального и конечного коэффициента релаксации, температуры внешнего воздуха.

Для анализа полученных математических зависимостей был разработан комплекс «Оптимизация режимов релаксации в ходе процессов обезвоживания рыбного сырья», состоящий из трех программ:

- Программа построения графиков;
- Программа подсчета экономии электроэнергии;
- Программа поиска оптимума.

При помощи этого комплекса можно подобрать начальный и конечный коэффициент релаксации для переменных режимов обезвоживания рыбы в зависимости от температуры и влажности внешнего воздуха,

удельной поверхности рыбы. На рис. 1 представлен пример зависимостей темпа обезвоживания от конечного коэффициента релаксации, при температуре 16 °С и влажности 40 % внешнего воздуха для рыбы с удельной поверхностью 0,17 м²/кг при начальных коэффициентах релаксации 10 % и 20 %. Прямой линией представлен темп обезвоживания при непрерывном процессе, при этих же условиях. Как видно из графиков, максимальным темпом будет обладать процесс с начальным коэффициентом релаксации 10 %, а конечным 28 %. При применении переменного режима с начальным коэффициентом релаксации 20 %, а конечным 40 %, темп обезвоживания процесса будет равен непрерывному процессу, а экономия электроэнергии при этом будет составлять порядка 20 %.

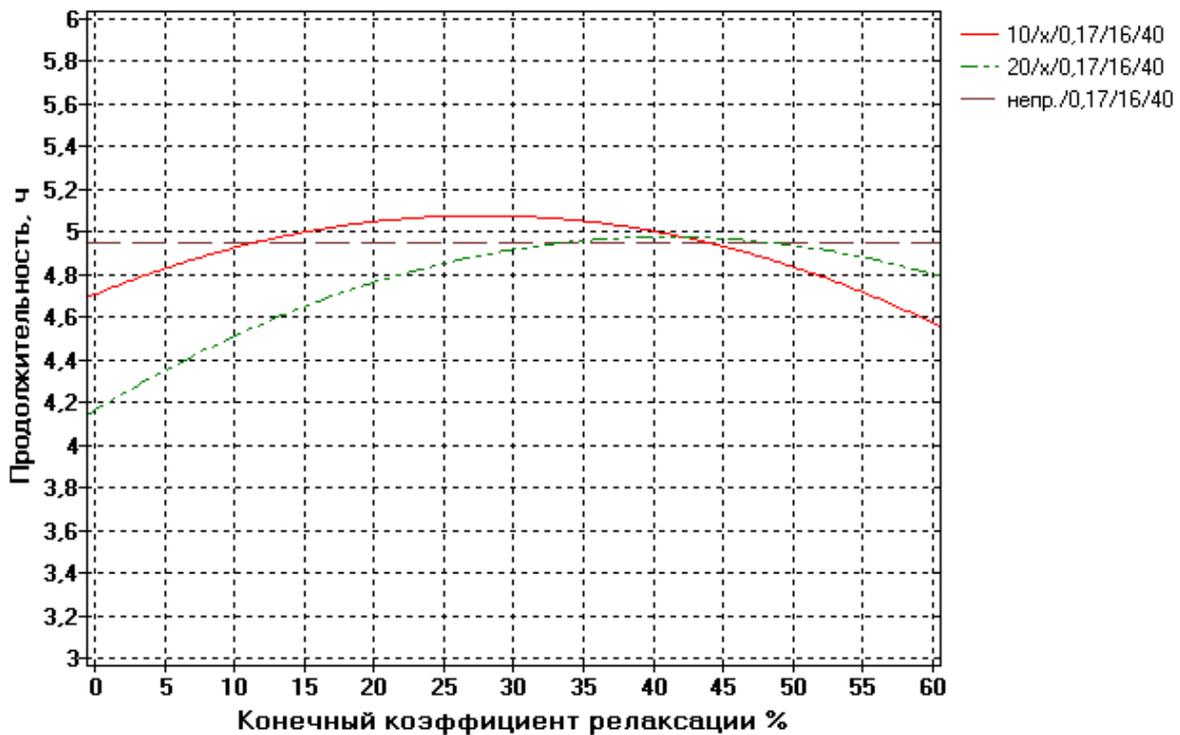


Рисунок 1 – Зависимость продолжительности процесса обезвоживания от конечного коэффициента

Программа для поиска оптимума позволяет подобрать режим, обеспечивающий максимальный темп обезвоживания при заданной удельной поверхности рыбы, температуре и влажности внешнего воздуха. Окно программы представлено на рис. 2.

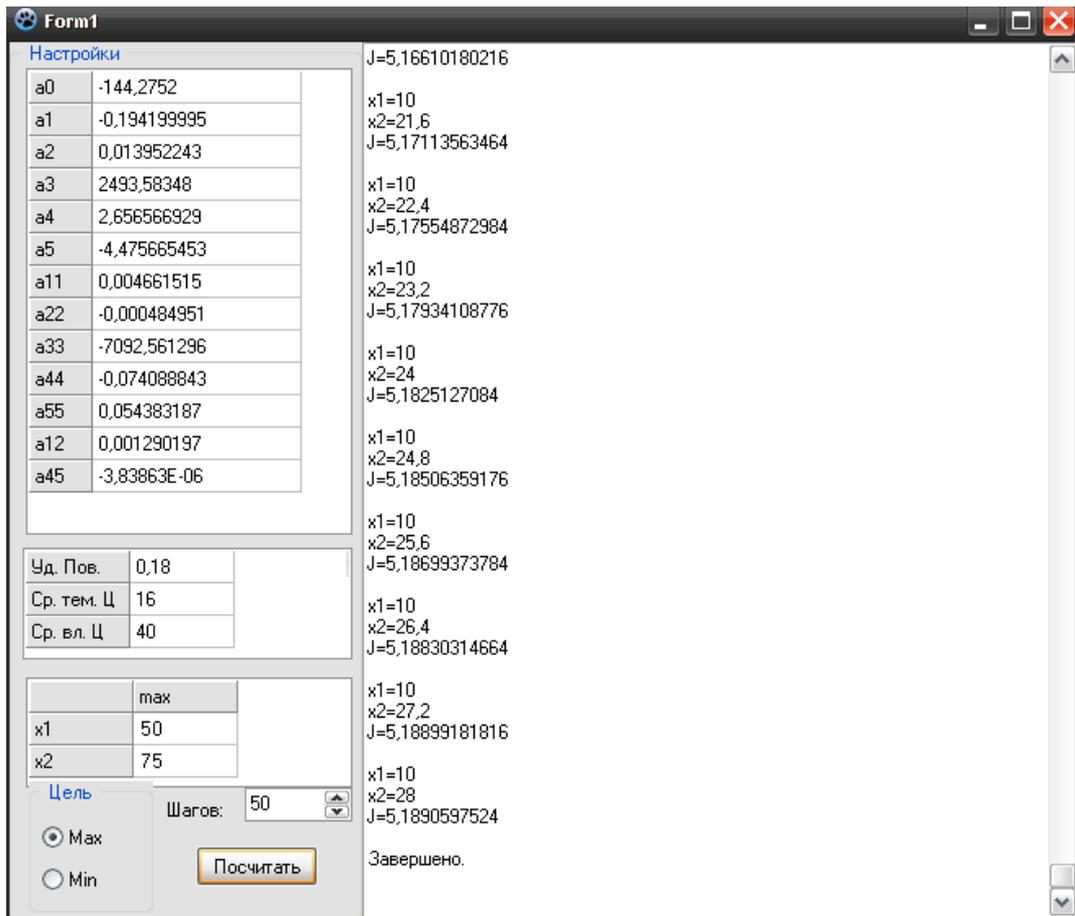


Рисунок 2 – Интерфейс программы для поиска оптимума

Для определения количества сэкономленной электроэнергии при использовании переменного режима в зависимости от температуры внешнего воздуха, начального и конечного коэффициента релаксации можно воспользоваться программой «Расчет экономии электроэнергии». Интерфейс программы представлен на рис. 3.

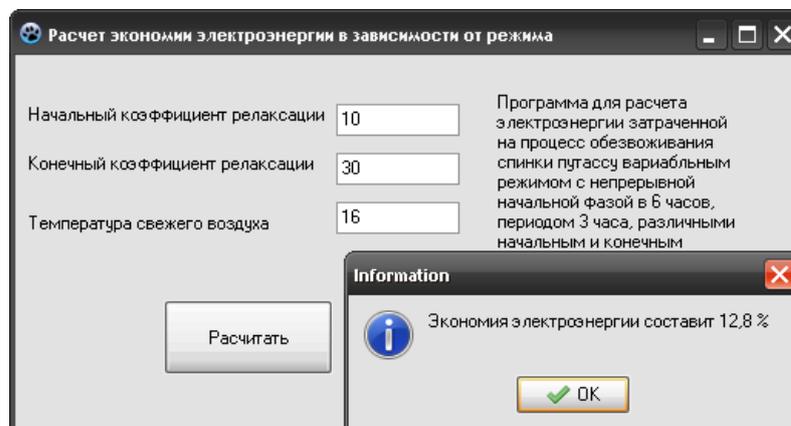


Рисунок 3 – Интерфейс программы для подсчета затраченной электроэнергии

Выводы

Разработанный программный комплекс позволяет сократить временные затраты на поиск оптимального режима;

Работу комплекса легко адаптировать под другой вид сырья, для этого необходимо по экспериментальным данным получить полиномиальные зависимости для этого сырья и изменить коэффициенты в программе;

Комплекс позволит специалисту технологу, работающему на пищевом предприятии, подобрать оптимальный переменный режим, в зависимости от его геометрических размеров сырья, температуры и влажности внешнего воздуха.

Литература

1. Ершов, М. А. Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / М. А. Ершов ; Мурман. гос. техн. ун-т. – Мурманск, 2007. – 24 с.

2. 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 [Электронный ресурс]: междунар. науч. – техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. / ФГБОУ ВПО «МГТУ». Электрон. текст дан. – Мурманск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 933–937. – Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0321201101.

Компьютерное моделирование как перспективное направление оптимизации процесса тепловой стерилизации консервной продукции. Обзор существующих решений

Столянов А. В., Жук А. А., Ерещенко В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. Статья посвящена проблемам моделирования и оптимизации режимов тепловой стерилизации пищевых продуктов с использованием средств вычислительной техники. Рассматриваются два альтернативных программных продукта: «OPT-PROx» (OPTimal PROfile) и «Подбор режима стерилизации консервов» (PRSC).

Abstract. The article is devoted to the simulation and optimization of thermal food sterilization regimes with utilization of computer technologies. Two alternative software solutions «OPT-PROx» (OPTimal PROfile) and PRSC are being considered.

Ключевые слова: тепловая стерилизация, программный продукт, алгоритм адаптивного случайного поиска, оптимизация, адаптивный симплекс.

Key words: thermal sterilization, software solution, adaptive random search algorithm, optimization, adaptive simplex.

Тепловая стерилизация продуктов питания является важнейшей технологией пищевых производств, которая применяется для изготовления и длительного хранения консервной продукции. Поэтому совершенствование процесса стерилизации является приоритетной задачей для специалистов пищевой промышленности. Стоит отметить, что большое количество разнообразных критериев (целей, требований и ограничений), предъявляемых к процессу стерилизации, значительно усложняет создание и расчет режимов термической обработки продуктов.

Современным решением данной проблемы является применение передовых математических методов и моделей процесса стерилизации, а также создание на их основе программного обеспечения с графическим интерфейсом пользователя (GUI). Такой подход позволяет сэкономить материальные, временные и энергетические ресурсы, сократить количество пробных автоклавоварок, необходимых для получения и утверждения режимов стерилизации [1, 2].

На сегодняшний день количество программных продуктов, эффективность которых была доказана при решении реальных задач по тепловой

обработке пищевых продуктов, невелико. Наиболее известные из них – диалоговые программные системы «OPTO-PROx» (OPTimal PROfile) и «Подбор режима стерилизации консервов» (PRSC).

Рассмотрим каждый программный продукт более подробно.

Программный продукт «OPTO-PROx» создан группой Абакарова в интегрированной среде программирования «Borland C++ Builder». Данная программа использует глобальные методы оптимизации и переменные режимы термической обработки для оптимизации процесса термической обработки продуктов.

Программа «OPTO-PROx» содержит две рабочие вкладки. Первая вкладка «Thermal diffusivity estimation» используется для вычисления коэффициента теплопроводности продукта с использованием экспериментальных температурных кривых автоклава и критической точки консервной тары (рис. 1). Вторая вкладка «Thermal processing optimization» ориентирована на решение задач оптимизации процесса пищевой стерилизации с различными целями и ограничениями (рис. 2). Для решения поставленных задач используется алгоритм адаптивного случайного поиска совместно с функциями коррекции и метод конечных разностей вместе с аппроксимацией сплайном третьего порядка [3].

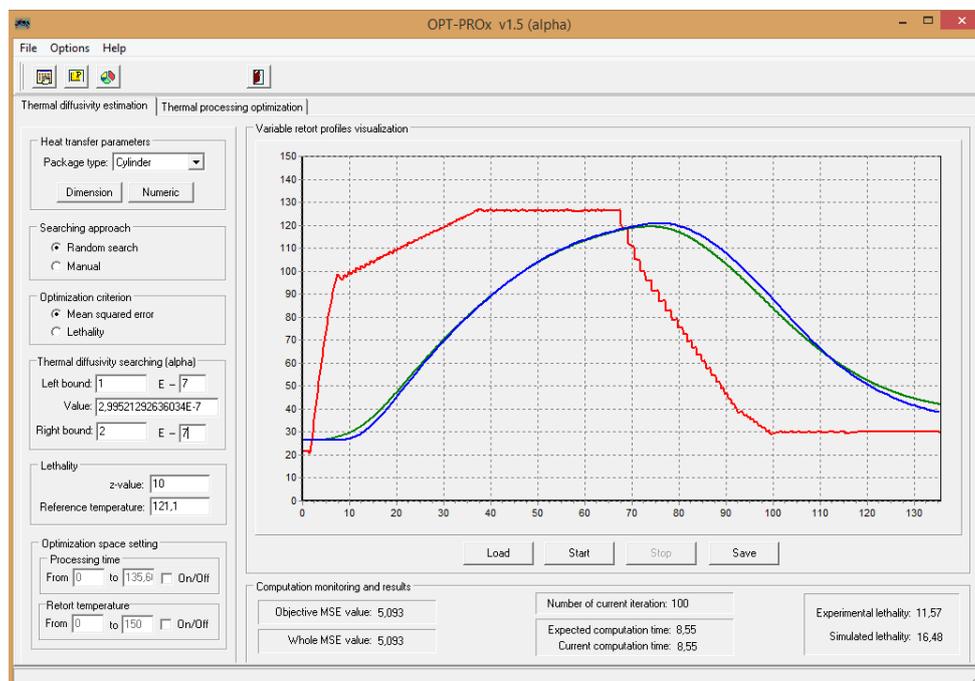


Рисунок 1 – Внешний вид вкладки «Thermal diffusivity estimation»

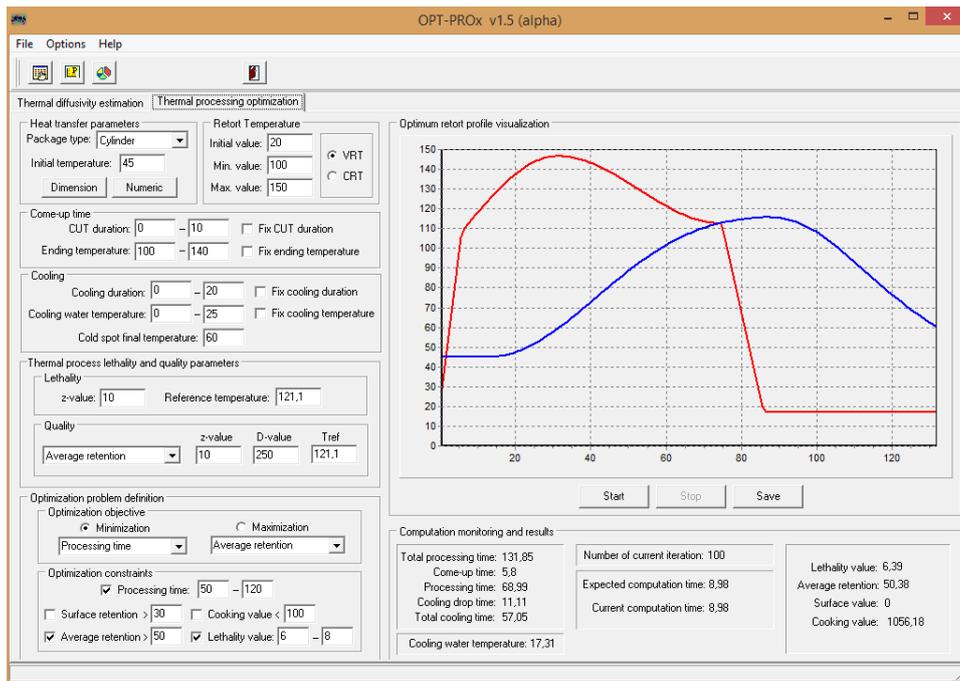


Рисунок 2 – Внешний вид вкладки «Thermal processing optimization»

Программа «OPTO-PROx» позволяет задавать следующие целевые функции: уменьшение до минимума общего времени процесса; уменьшение до минимума затрат на обработку; увеличение до максимума сохранения поверхностного качества продукта; увеличение до максимума сохранения среднеобъемного качества продукта. Также возможно использовать следующие ограничения для оптимизации: поверхностное качество продукта; среднеобъемное качество продукта; затраты на обработку; значение летальности; общее время процесса.

При использовании программного продукта «OPTO-PROx» для решения реальных задач наблюдается значительное уменьшение общего времени процесса обработки и повышение качества конечного продукта по сравнению с традиционным процессом тепловой обработки при постоянной температуре [3].

Все возможности программы «OPTO-PROx» можно изучить более подробно в файле справки, входящем в состав программного продукта.

Программный продукт PRSC разработан сотрудниками кафедры автоматизации и вычислительной техники (Автоматики и вычислительной техники) ФГБОУ ВПО «МГТУ» в интегрированной среде программирования «Lazarus» (рис. 3). Данная программа позволяет подобрать оптимальный режим стерилизации консервов для определенных видов продукции и стерилизационного оборудования [1].

Сначала в программу вводятся параметры модели продукта и автоклава (рис. 4), начальные и конечные условия, вид процесса стерилизации (паровая или водная среда). Далее программа позволяет рассчитать температурную кривую в стерилизационной установке, а также кривые температур в трех областях автоклава: наименее прогреваемой, средней по прогреву и наиболее прогреваемой. Используя полученные данные, для заданного режима стерилизации вычисляются значения фактических летальностей и энергозатраты на процесс [2]. После этого программный продукт PRSC позволяет в автоматическом режиме подобрать оптимальные по заданным критериям (фактической летальности и энергозатратам) параметры режима стерилизации. Оптимизация происходит с помощью алгоритма на основе метода адаптивного симплекса [1, 4].

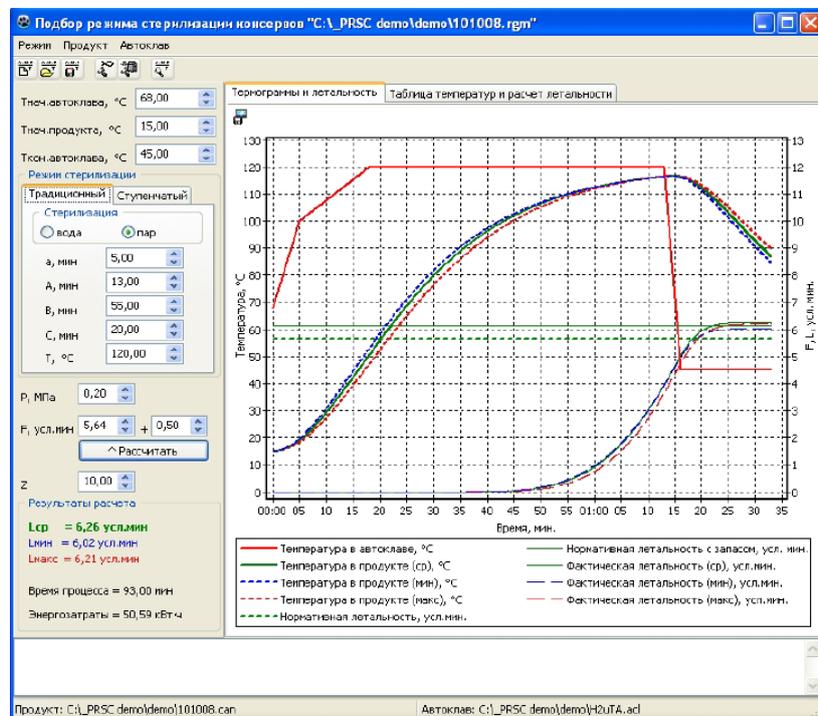


Рисунок 3 – Основное окно программы PRSC

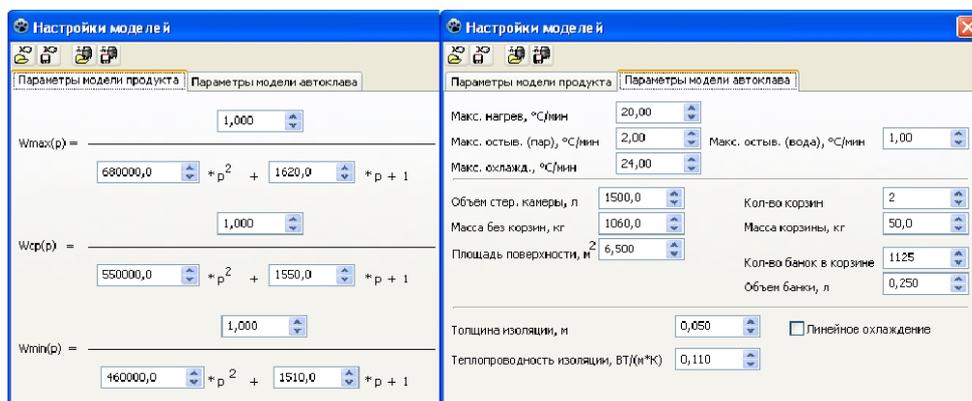


Рисунок 4 – Окно настройки моделей автоклава и продукта

Тестирование программного продукта PRSC с подбором режима для реального процесса стерилизации показало, что значения модели температуры в банке с продуктом и эксперимента отличаются незначительно. При этом данное расхождение практически не оказывает влияния на величину фактического стерилизующего эффекта [1].

Таким образом, программное обеспечение на основе математических моделей процесса является отличным инструментом для прогнозирования и оптимизации режимов тепловой стерилизации [5].

Литература

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

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

3. Abakarov, A. Software packages for food engineering needs / A. Abakarov // 2nd International conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2011), Bali Island, Indonesia, 2011. – Singapore: IACSIT Press, 2011. – Vol. 7. – P. 27–31.

4. Обзор методов многоцелевой оптимизации термической обработки продуктов / А. В. Столянов, А. В. Кайченков, А. А. Маслов и др. // Перспективы развития науки и образования : сб. науч. тр. по мат. Междунар. науч.-практич. конф., Москва, 1 июля 2014 г. – М. : «АР-Консалт», 2014. – Ч. III. – С. 17–22.

5. Vargas P., Zabala D., Lopez de Ramos A. Thermophysical property influence in model accuracy for the sterilization process // Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Applied Mathematics, Dallas, USA, 22–24 March, 2007. – P. 261–265.

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Плавающая приливная электростанция непрерывного действия на базе несамоходного судна

Борисова Л. Ф.¹, Коробко А. Н.²

¹(Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем)

²(г. Мурманск, малое инновационное предприятие «ИНТЭЖ»)

Аннотация. Предложена конструкция плавучей приливной электростанции непрерывного действия на базе несамоходного судна, использующая для производства электрической энергии возобновляемые источники энергии ветра и приливной волны.

Abstract. The floating tidal unceasing action power plant design based on the nonself-propelled vessel has been proposed. The design uses renewable energy wind and tidal waves to produce electrical energy.

Ключевые слова: плавающая приливная электростанция, несамоходное судно, электрическая энергия, возобновляемый источник энергии, энергия приливной волны, энергия ветра.

Key words: floating tidal power plant, nonself-propelled vessel, electrical energy, renewable energy, energy tidal wave, energy wind.

В XXI веке ожидается широкое использование энергии морских приливов, запасы которой могут обеспечить до 12 % современного энергопотребления. В настоящее время понимание того, что запасы органического топлива истощаются и его использование во все возрастающих объемах ведет к загрязнению окружающей среды, стало всеобщим.

Удовлетворение потребности в электроэнергии за счет сжигания органического топлива ведет к уничтожению лесов, парниковому эффекту, ухудшению здоровья людей. В России проблема экологической безопасности приобретает общефедеральный характер.

Приливные электростанции (ПЭС) не загрязняют атмосферу вредными выбросами, не затапливают земель, и не представляют потенциальной опасности для человека в отличие от тепловых, атомных и гидроэлектростанций. В то же время себестоимость их энергии – самая низкая.

Теоретический энергетический потенциал прилива оценивается различными авторами в 2 500–4 000 ГВт, что сопоставимо с технически возможным речным энергетическим потенциалом (4 000 ГВт). Реализация приливной энергии в настоящее время намечается в 139 створах побережья

Мирового океана с ожидаемой выработкой 2 037 ТВт·ч/год, что составляет около 12 % современного энергопотребления мира [1].

В России в результате 70-летних изысканий, определена целесообразность строительства в XXI веке семи ПЭС в створах Баренцева, Белого и Охотского морей: Кислогубская, Северная, Малая Мезенская (Баренцево море), Мезенская (Белое море), Пенжинская (северный и южный створы), Тугурская (Охотское море). В стране работает несколько объектов возобновляемой энергетики, которые могли бы служить технической основой дальнейшего развития отрасли. На Кольском полуострове с 1968 г. действует Кислогубская ПЭС мощностью 1,7 МВт (первоначально 0,4 МВт). Строительство ПЭС и ее опытная эксплуатация позволили определить и отработать основные направления научно-технического прогресса в приливной энергетике.

Капитальные затраты при строительстве ПЭС в значительной степени определяются стоимостью плотины. При сооружении Кислогубской ПЭС впервые в мире использован наплавной метод создания плотины. Секции плотины из железобетонных конструкций изготавливаются на берегу и буксируются к месту установки по морю. Это дает существенную экономию капитальных вложений. Этот метод признан в мире как наиболее эффективный способ при строительстве плотин ПЭС. Наплавная технология строительства ПЭС, апробированная на Кислогубской ПЭС и на защитной дамбе Санкт-Петербурга, позволяет на треть снизить капитальные затраты по сравнению с классическим способом строительства гидротехнических сооружений за перемычками.

Другой параметр, определяющий затраты на строительство ПЭС – это гидротурбинное оборудование. На Кислогубской ПЭС работает ортогональный агрегат. Ось вращения гидротурбины перпендикулярна потоку. Вне зависимости от направления движения воды (прилив или отлив), турбина всегда вращается в одну и ту же сторону. Создание в России ортогонального гидроагрегата и его массовое изготовление дает возможность снижения стоимости оборудования ПЭС.

Исключительное значение для долговечности ПЭС имеют разработанные в России технологии создания практически водонепроницаемых ($W > 14$) и особо высокой морозостойкости ($F > 1\,000$) бетонов. За более чем 40 лет службы в зоне прилива в здании Кислогубской ПЭС в Заполя-

рье в тонкостенной (15 см) конструкции эти бетоны не имеют разрушений, а их прочность повсеместно выше 70 МПа (при проектной 40 МПа). Также уникальное значение имеет опыт полной защиты арматуры и оборудования Кислогубской ПЭС от электрохимической коррозии с помощью катодной системы [2].

Уникальна и апробированная на Кислогубской ПЭС электролизная установка, полностью обеспечившая защиту турбинных водоводов ПЭС от биологического обрастания [3]. Для сравнения на ПЭС «Ля Ранс», крупнейшей в мире промышленной ПЭС во Франции, каждый из 24 агрегатов раз в два года выводится из эксплуатации для очистки поверхностей отсасывающей трубы от обрастателей [1].

Если сопоставить возможный энергопотенциал ПЭС с потенциалом действующих в России электростанций, очевидно, что приливные электростанции даже при их полном развитии не решат всех проблем энергетики. Однако оценка уже выполненных проектов показывает, что в удаленных от центра остродефицитных регионах Севера Европейской части страны и Дальнего Востока только приливные электростанции могут решить актуальные проблемы энергетики и экологии этих регионов. Использование энергии приливов позволяет реализовать ее основное положительное качество – гарантированное постоянство среднемесячного потенциала в сезонном и многолетнем периодах для обеспечения эффективной гармоничной работы с электростанциями различных видов [1].

К недостаткам современных действующих и спроектированных ПЭС относятся:

1. Однобассейновая конструкция, не позволяющая производить энергию в постоянном режиме. Максимум производимой энергии приходится на линейный участок приливной (отливной) воды, когда скорость прилива (отлива) максимальна. Для поддержания нагрузки в сети требуются дополнительные мощности, вырабатываемые, например, гидроаккумулирующей станцией, что усложняет конструкцию ПЭС и увеличивает ее стоимость.

2. Громоздкость и необходимость в подходящей местности для установки ПЭС, что ограничивает возможности по доставке энергии к конечному потребителю.

3. Стационарность размещения, сопряженная с существенными трудностями или невозможностью использования ПЭС в условиях краткосроч-

ных производственных процессов, при необходимости постоянного перемещения, например, при геологоразведочных, промысловых или сезонных работах, а также в труднодоступных береговых местностях.

Для решения указанных проблем предлагается использовать мобильную наплавную ПЭС (МОНПЭС) на базе несамоходного судна (баржи, сухогруза, прочих плавсредств), перемещаемого с помощью буксира к месту временной дислокации.

Корпус судна конструктивно разделяется перегородками на три бассейна: горизонтальный нижний и два вертикальных верхних. Бассейны сообщаются между собой вмонтированными трубами-водоводами с поворотными затворами с ручным управлением. На дне нижнего бассейна в турбинном водоводе устанавливаются два ортогональных турбинных агрегата, работающих на общий генератор. Турбины соединяются с генератором посредством редуктора-дифференциала. Генератор размещается в водонепроницаемом колодце. Турбинные водоводы оснащаются поворотными затворами с ручным управлением. В трубах-водоводах устанавливаются осевые насосы. На верхней палубе судна размещаются ветромеханические насосные устройства, управляющие осевыми насосами.

Судно закрепляется на грунте у береговой линии, имеющей приливно-отливное течение, на уровне приливной воды. Работа МОНПЭС основана на принципе сообщающихся сосудов. Приливная вода через турбины-водоводы поступает внутрь горизонтального и одного из вертикальных бассейнов, приводя во вращение турбины генератора и вырабатывая электроэнергию. Причем, количество вырабатываемой электроэнергии и непрерывность работы ПЭС зависит от высоты перепада уровня приливной воды и скорости прилива. Для повышения КПД необходимо постоянно поддерживать разницу уровней приливной воды снаружи и внутри заполняемого бассейна. Так как уровень приливной воды постепенно выравнивается с уровнем воды, заполняющей бассейн, то разница в этих уровнях поддерживается циклическим наполнением вертикальных бассейнов и посредством откачки воды из горизонтального бассейна с помощью ветромеханических насосных устройств. Таким образом обеспечивается непрерывный режим работы генератора на приливной и отливной воде.

К достоинствам предлагаемого решения относятся мобильность, малые габариты, позволяющие без труда размещаться в труднодоступных береговых

местностях, низкая себестоимость производства энергии, экологичность, возможность гибкого наращивания мощности, непрерывность действия за счет использования двух типов возобновляемых источников энергии – ветра и приливной волны.

Литература

1. Усачев, И. Н. Приливные электростанции (ПЭС) – источник энергии, запаасаемый в водороде / И. Н. Усачев, Ю. Б. Шполянский, Б. Л. Историк [и др.]. – Режим доступа: http://h2forum2008.ru/docs/pdf/abstracts/5_3_21.pdf
2. Бернштейн, Л. Б. Приливные электростанции / Л. Б. Бернштейн, В. Н. Силаков, И. Н. Усачев [и др.]. – М. : Институт Гидропроект, 1994.
3. Марфенин, Н. Н. Влияние приливных электростанций на окружающую среду / Н. Н. Марфенин, О. И. Малютин, И. Н. Усачев [и др.].

Безопасность плавания при эффективной эксплуатации автоматической энергетической установки

Зива И. И., Карташов С. В., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. Рассматривается процесс управления энергетической установкой судна полуавтомата в рамках теории эргатического организма. Предложен алгоритм подпрограммы-модули которого позволяют вычислить общий коэффициент надежности судового специалиста, включенного в состав эргатической системы управления энергетической установкой судна полуавтомата.

Abstract. The article considers us the process of management ship power plant on the ship with semiautomatic machine in the framework of the ergatic body theory. Here is propose an algorithm, subroutine modules of witch can offer us to calculate the overall reliability coefficient of marine specialist (last one is include into ergatic system of management ship power plant on the ship with semiautomatic machine).

Ключевые слова: управление, энергетическая установка, судно полуавтомат, безопасность, эффективность.

Key words: management, ship power plant, ship with semiautomatic machine, safety, efficiency.

Информатизацию и компьютеризацию современного судовождения следует рассматривать как стратегическое направление научно-технического прогресса, на котором будет решаться проблема обеспечения безопасных и эффективных судовых технологических процессов. Для морской транспортной и рыболовной отраслей безопасное плавание с эффективной эксплуатацией эргатических систем управления с переменной структурой так же является одной из основных проблем. Причем снижение аварийности в таких системах предполагает в первую очередь учет особенностей «человеческого элемента» и, в частности, таких психофизических его показателей, как информационная нагрузка. Поэтому проблему безопасного плавания на судах полуавтоматах при эффективном использовании эргатических систем управления энергетическими установками с достаточно сложным тезаурусом следует относить к одному из актуальных направлений в научно-техническом прогрессе, идущем как в морской транспортной и рыболовной отраслях, так и в нефтегазовой индустрии России.

При исследовании проблемы безопасного плавания на судах полуавтоматах при безопасном и эффективном управлении эргатической системой,

включающей энергетическую установку, была составлена модель переходов состояний в этой системе. Кроме того, составлена модель системы обработки и отображений информации о происходящих технических отказах вахтенному помощнику капитана, а так же получены математические выражения для оценки эффективности при автоматическом и ручном вариантах управления энергетической установкой на судне полуавтомате.

Для эргатической системы характерны три состояния которые существенно отличающиеся друг от друга по их влиянию как на безопасность мореплавания, так и эффективность управления технологическим процессом. В качестве таких состояний в были рассмотрены:

- работа в автоматическом режиме, когда вахтенный помощник капитана (ЧЭ) выполняет обязанности контролирующего элемента за состоянием технологического процесса с возможной корректурой (адаптацией) параметров программного продукта управляющего устройства;

- управление системой судовым специалистом в ручном режиме через исполнительный механизм (усилитель);

- отказ всей системы в целом.

Для этих состояний были определены характеристики процесса перехода из состояния в состояние, которые непосредственно связаны с судовыми технологическими показателями эффективности. Характеристики правильности и своевременности действий вахтенного механика при управлении энергетической системой в значительной степени определяется программным продуктом СООД. Поэтому были рассмотрены два варианта программного продукта СООД, при которых возможны как процесс совместной обработки данных и их отображения, так и процесс последовательной обработки данных и их отображения. Такие последовательности в режиме функционирования СООД может существенным образом повлиять на показатели качества управленческого поведения вахтенного судового специалиста, за счет вводимого при параллельном режиме обработки и отображения данных временного резервирования. Для расчета основных характеристик работы СООД с временным резервированием и без него привлекалась дискретно-непрерывная модель функционирования этой системы, составленная на основе теории массового обслуживания. При этом особенно важным в дискретно-непрерывной модели функционирования СООД были технические и организационные предпосылки, направленные на повышение

достоверности текущей информации, которая представляется как вахтенному помощнику капитана, так и вахтенному механику.

Эффективность функционирования эргатической системой управления энергетической установкой судна полуавтомата напрямую зависит от мероприятий направленных на повышение достоверности информации в цепи «СООД – судовой специалист». Для этого была предложена модель структурной идентификации проблемных ситуаций и модель выбора решений для разрешения таких ситуаций при многокритериальном ограничении. Для решения задач по повышению достоверности обработки и отображения данных в СООД о технических отказах были использованы граф технологии обработки данных, индикаторный граф и граф ошибок. При этом обобщенные особенности структуры обработки и отображения данных в СООД были зафиксированы графом технологий. Основными структурными особенностями этого графа является наличие обратных связей при модульности программного и информационного обеспечения СООД. Разработанные графовые модели позволили определить основные характеристики структуры обработки и отображения данных, которые учитывали бы наиболее характерные модели возникновения и взаимодействия ошибок, возникающих в судовых эргатических системах управления энергетической установкой судна полуавтомата, и влияют на достоверность информации в цепи «СООД – судовой специалист».

Для расчета надежности функционирования эргатической системы управления энергетической установкой судна полуавтомата необходимо иметь данные о времени безотказной работы (ВБР) и средних наработках на отказ каждого элемента из такой системы. Сведения о текущей надежности судового специалиста, включенного в состав системы управления энергетической установкой, может содержаться, например, в сформированной информационно-поисковой подсистеме системы управления безопасностью судна или компании.

Расчет факторов надежности судового специалиста можно практически реализовать, например, привлекая для этой цели, предложенный авторами алгоритм. Подпрограммы-модули этого алгоритма позволяют вычислить общий коэффициент надежности судового специалиста, включенного в состав эргатической системы управления энергетической установкой судна полуавтомата и использовать этот коэффициент в практической деятельности систем управления безопасностью компании.

Литература

1. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 212 с.
2. Никитцев, К. В. Непрерывность причинно-следственных связей и ее влияние на характер выбранного решения / К. В. Никитцев, В. В. Шутов, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 6. – С. 75–77.
3. Меньшиков, В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 186 с.
4. Рамков, И. А. Самоконтроль при обработке навигационной информации в структурах безопасного мореплавания / И. А. Рамков, В. И. Меньшиков // Научное обозрение. – 2009. – № 5. – С. 14–16.
5. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. – М. : Мир, 1976. – 435 с.

Безопасность плавания при управлении состояниями технологических угроз

Кулезнев И. А., Попов Ю. А., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. Предложен механизм идентификации технологических угроз и предвидения последствий от угроз, а так же составлен алгоритма управления состоянием этих угроз. Показано, что компенсация влияния на состояние судовой операции «не работающих» решений может быть обеспечена структурным резервированием ЛПР или с помощью необходимого информационного ресурса.

Abstract. The mechanism of identifying technological threats and anticipate the consequences of threats, as well as the algorithm of state management of these threats. It is shown that the compensation effect on the state of the ship's operation «is not working» solutions can be provided by structural redundancy decision maker or by using the required information resource.

Ключевые слова: угрозы, безопасность, технологии, резервирование, информация, ресурс.

Key words: threats, security, technology, redundancy, information, resource.

Практика современной эксплуатации морских судов показывает, что, несмотря на постоянное совершенствование технических средств морского судоходства, обеспечение безопасной эксплуатации судов продолжает оставаться острой проблемой в морской транспортной и рыболовной индустрии, а предупреждение аварийности является злободневной практической задачей. Накоплено достаточно много печального опыта, который показывает, что в качестве постоянной причины, порождающей аварии судов, может выступать сам судоводитель или субъекты, управляющие судовыми технологическими процессами. Поэтому усилия по предупреждению аварийности эксплуатируемых судов помимо прочего должны предусматривать поиск неиспользованных возможностей по снижению доли «человеческого фактора» в ошибках при управлении технологическими угрозами.

Поиск неиспользованных возможностей по снижению доли «человеческого фактора» в ошибках при эксплуатации судна, привел к составлению механизма идентификации технологических угроз и предвидения последствий от этих угроз, а так же разработке алгоритма управления состоянием этих угроз. В качестве исходной базы данных используемых в методике идентификации технологических угроз и контроля элементов менеджмента, при их определении через физические величины, рекомендовано к использованию матрица частот. Причем для составления рабочих формул в мето-

дике идентификации технологических угроз и их контроля было использовано «хорошо» известная идея «порогового» допуска. Идея «порогового» допуска была использована при математическом описании механизма предвидения поведения технологического процесса, идущего на судне с угрозами морфологического характера. В качестве основы для реализации процесса предвидения был предложен к использованию нечеткий сфероид, который позволяет аналитически представлять процесса управления угрозами.

Безопасность судна является сложным свойством, которое включает в себя ряд аспектов, в том числе таких как: навигационная безопасность, техническая безопасность, экологическая безопасность. Переход судна из безопасного в опасное состояние происходит в результате какого-либо опасного события, которое образует опасную ситуацию. Опасная ситуация наступает тогда, когда текущий ущерб будет превышать его допустимое значение. Обратный переход судна из опасного в безопасное состояние осуществляется путем восстановления безопасного состояния. При этом опасная ситуация имеет вероятностный характер и создается при реализации угрозы наступления такой ситуации, когда эффективно реализовать судовую операцию не возможно. Поэтому далее был выполнен анализ факторов способных как повысить уровень эффективности состояния судовой операции, так и факторов снижающих уровень эффективности судовой операции. На основе такого анализа составлена вероятностная модель оценки надежности эффективности судовой операции при возможном не санкционированной замене судового специалиста на его рабочем месте. Кроме того, было предложен показатель, характеризующий близость эффективностей судовой операции при выборе ЛПР (лицом принимающим решения) случайной последовательности работающих и не работающих решений.

Исследования показали, что компенсация влияния на судовую операцию «не работающих» решений может быть обеспечена структурным резервированием ЛПР или с помощью необходимого информационного ресурса. Кроме того, добиться неизменности в эффективности состояния судовой операции можно, если использовать соответствие между текущими факторами надежности судового специалиста и факторами, установленными нормами трудовой деятельности судового специалиста.

Инструменты по идентификации технологических угроз и нейтрализации этих угроз позволяют перейти к проблеме повышения управляемости судовым состоянием безопасности и эффективности за счет оптимизации

информационных связей в судовой организационно-технической системе. Кроме того, важным является формирование состояния «робастности» безопасной и эффективной ключевой операции как к действиям технологических угроз, так и наличию не работающих решений, причем само состояние «робастности» должно зависеть от позитивной полноты описания и планирования судовой безопасной и эффективной ключевой операции. Устойчивое компромиссное состояние, исключаящее свойство двойственности оценок угрозы и полученное за счет введения отношения «близости» между параметрами оценок угрозы способно обеспечить целостность траекторному движению состояния безопасной и эффективной судовой операции и исключить неопределенность в этом траекторном движении. При выполнении наблюдений за навигационным пространством в системе кругового обзора уменьшить вероятности появления коллективных ошибок, вызванных общим фактором, можно за счет как применения принципа функционального разделения обязанностей индивидуумов из состава «человеческого элемента», так и особенностей восприятия информации этими индивидуумами.

Литература

1. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 212 с.

2. Ключко, Д. В. Надежность разрешения проблемных ситуаций при управлении состоянием безопасности судна / Д. В. Ключко, И. А. Рамков, В. И. Меньшиков // Журнал университета водных коммуникаций. – Вып. 111(X1). – 2011. – С. 110–112.

3. Меньшиков, В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 186 с.

4. Смирнов, А. Ж. Апостериорная оценка надежности выбора результатов при разрешении последовательности проблемных навигационных ситуаций / А. Ж. Смирнов, А. А. Сиротюк, В. И. Меньшиков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011.

5. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. – М. : Мир. – Т. 2. – 1976. – 435 с.

Информационное взаимодействие участников перегрузочных процессов в морских портах

Литун А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: litun_a@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены подходы по реализации интеллектуального управления перегрузочными процессами в морском порту, с использованием методов виртуальных технологий.

Abstract: The article considers approaches for the implementation of intelligent control handling processes in the sea port, using the methods of virtual technologies.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, виртуальное предприятие.

Key words: intelligent control, virtual enterprise.

Анализ современного состояния практики управления в технических системах показывает на необходимость создания средств автоматизации, позволяющих в реальном масштабе времени осуществлять оптимальное управление технологическими процессами (ТП). Реализация такого подхода возможна только при наличии интегрированных информационно – управляющих систем (ИУС), обеспечивающих решение широкого круга задач в автоматизированных системах управления (АСУ) ТП. В существующих системах управления отсутствуют компоненты, обеспечивающие решение аналитических (не говоря об интеллектуальных) задач. Это связано с тем, что реализация, например, функций поддержки принятия решений оперативным персоналом АСУ ТП требует от разработчиков этих систем не только знаний своей предметной области, но также и знаний об особенностях технологических процессов и управления ими, т. е. знаний, относящихся к иной предметной области. Рассмотрим возможность реализации методов интеллектуализации для управления перегрузочными процессами в морском порту.

Решение отмеченных выше задач возможно только при создании интеллектуальных систем (ИС) для управления сложными, слабоформализованными системами при использовании методов ВП в различных условиях взаимодействия. Применение методов ВП, необходимо для оперативного поиска технологии нерегулярных промышленных грузопотоков с построением логистической системы доставки грузов от промышленного предприятия (поставщика) к потребителю и снижения трудоемкости получения

технологических решений [2; 3]. Полученная при этом технологическая цепочка (TS_{PT}) с централизованным управлением (U_{VE}) является виртуальным транспортным предприятием – VLP_T (рис. 1).

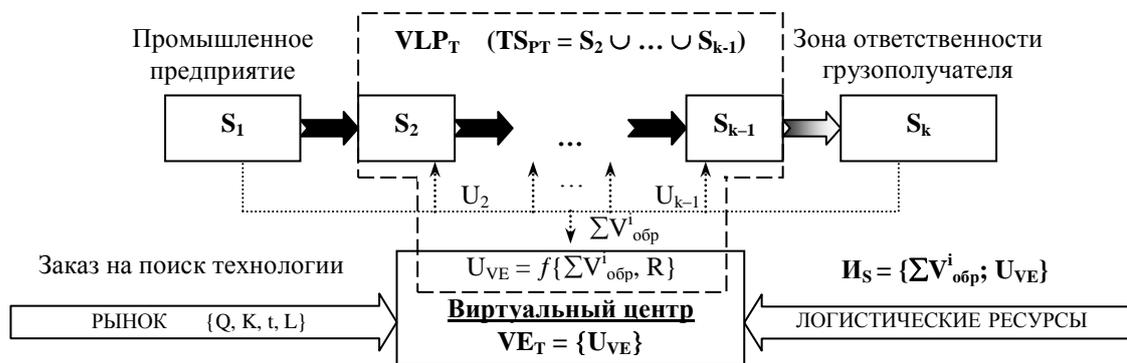


Рисунок 1 – Виртуальное транспортное предприятие

➡ – переходные процессы технологических операций;

S_1 – хранение готовой продукции на складе промпредприятия;

S_2, \dots, S_{k-1} – последовательность операций технологической цепочки доставки грузов от промышленного предприятия к потребителю;

S_k – операция после передачи промышленных грузов покупателю;

Q, K, t, L – соответственно величина, критерий оптимизации, время протекания и географические координаты зарождения и поглощения грузопотока, заданные как исходные данные к поиску технологических решений;

I_S – информационные связи элементов логистической системы с виртуальным центром.

Создание интеллектуальных систем (ИС) новых поколений для управления сложными ТП в различных условиях взаимодействия с внешней средой является одной из актуальных задач практических приложений методов искусственного интеллекта и когнитивного моделирования в целом [1]. Функциональные возможности и интерфейс ИС существенно зависят от возможностей формализованного описания и полноты использования всего многообразия математических методов обработки данных. В связи с этим актуальна задача разработки специального формального аппарата, обеспечивающего единообразное представление моделей, синтезированных посредством различных методов и средств, с целью унификации операций их обработки в вычислительной среде [1; 3]. В настоящее время получены практические результаты исследований, использующих для оперативного решения интеллектуальных задач управления промышленными предприятиями виртуальные методы организации и управления [2;3].

Управление в системе осуществляется при помощи виртуального центра (VE_T), как реакция на обратную связь ($\sum V_{обр}^i$) от элементов технологической цепочки и пунктов зарождения (S_1) и поглощения (S_k) грузопотока и логистические ресурсы (R) [1, 3].

Задача построения логистической системы грузопотока морского порта – LS , управляемой виртуальным центром (U_{VE}), основывается на принципах – π , принадлежащих общим принципам транспортных систем ($\pi \in P$). Соответственно, транспортные процессы нерегулярной грузопереработки – f выбираются из множества существующих транспортных технологий – $F(\pi)$ так, что $f \in F(\pi)$, а для выбранных транспортных процессов были подобраны необходимые транспортные средства \bar{A} из средств A ($\bar{A} \in A$). Для решения поставленной выше задачи необходимо найти значения параметров логистической системы (R_S), зависящих от накладываемых ограничений – D_S , взаимосвязей элементов транспортной сети – I_S и изменяемых во времени критериальных оценок – $K_t(v(t-\delta), \sigma)$ параметров системы. При условии минимизации целевой функции транспортного процесса ($C_{опт}(t+\tau) \rightarrow \min$) и адаптации критерия K_t к возмущающему воздействию во времени t .

Функционирование инфраструктур, входящих в состав морского порта, а также их информационное взаимодействие с поставщиками грузов и грузополучателями, входящими в состав транспортной системы, математически описать невозможно. Это связано со сложным видом алгоритмического описания функционирования оборудования, входящего в состав технологических процессов обработки различных видов грузов, например, апатита, минеральных удобрений, угля, нефтепродуктов, контейнеров, труб, и прочих. Рассмотрим возможность описания процессов, протекающих в цепях поставок транспортных систем, с использованием методов имитационного моделирования, математическим объектом которых являются дискретные динамические системы.

Общее математическое описание деятельности грузовых терминалов генеральных и насыпных грузов может быть записана в виде кортежа, т. е. упорядоченного набора из элементов, называемых компонентами кортежа [3]. Кортеж деятельности грузовых терминалов морского порта ($DGTP$) имеет вид:

$$DGTP = \langle OP, RP, Z, G, MF, PK \rangle ,$$

где OP – множество основных процессов, протекающих в терминале;

RP – множество собственных ресурсов, участвующих в погрузочно-разгрузочных работах;

Z – множество заявок на осуществление погрузочно-разгрузочных работ, поступающих от клиентов порта;

G – множество грузопотоков;

MF – множество метеорологических факторов, влияющих на работу порта;

PK – множество показателей качества логистического обслуживания, на основе которых производится анализ качества функционирования терминала.

Рассмотренные в статье подходы по реализации интеллектуального управления перегрузочными процессами на предприятии в морском порту, с использованием методов виртуальных технологий, позволили разработать структуру виртуального предприятия. Модели деятельности грузовых терминалов по управлению процессами перемещения грузопотока позволяют решать задачи планирования выполнения работ по обработке грузов на терминале.

Литература

1. Алпатов, А. П. Задачи построения полимодельных комплексов сложных и слабоформализованных систем / А. П. Алпатов, Ю. А. Прокопчук, А. М. Прохоренков // Сб. докладов научн. конф. «Информационные технологии в управлении сложными системами» (г. Днепропетровск, 24 июня 2011 г.). – Днепропетровск : Свидлер А. Л., 2011. – С. 122–126.

2. Киркин, А. П. Формализация методов виртуального предприятия направленных на совершенствование технологии нерегулярных грузопотоков / А. П. Киркин, В. И. Киркина // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту : Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2009. – Вип. № 19. – С. 280–283.

3. Прохоренков, А. М. Математическое моделирование управления перегрузочными процессами в морском порту / А. М. Прохоренков, Р. А. Истратов // Мир транспорта. – 2013. – № 1. – С. 20–28.

Оценка вероятности доминирования величины текущего риска над величиной приемлемого риска

Марковский И. Н., Окуличев Д. И., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. Предложен вариант перерасчета апостериорных (допустимых) рисков, закладываемых на этапе планирования операции в предвычисленные текущие риски, которые будут и должны возникать в процессе реализации плана этой судовой операции. Выделены свойства доминирования текущего риска над величиной приемлемого риска, упрощающие процедуры управления состоянием мореплавания и эксплуатацией судна в целом.

Abstract. This article proposes a variant of the allocation of risk laying at the planning stage of the operation in the pre-calculated current risks which will and must occur during the implementation of the plan of this vessel operations. Selected properties of the dominance of the current risk on the value of acceptable risk, simplifies state management navigation and operation of the vessel as a whole.

Ключевые слова: риск, планирование, реализация, операция, судно.

Key words: risk, planning, implementation, operation, ship.

В современных условиях обеспечение безопасного мореплавания ориентировано на использование метода программно-целевого управления. При таком управлении состоянием безопасности мореплавания судов две последовательные фазы алгоритма этого метода: планирование и реализация могут быть связаны морфизмами. Действительно, с одной стороны система планирования и система реализации объединены единством судовой операции, а с другой стороны планирование операции осуществляется в закрытой системе, а реализация – в открытой системе. Поэтому с практической точки зрения особенно важным является анализ возможности перерасчета апостериорных (допустимых) рисков, закладываемых на этапе планирования операции в предвычисленные текущие риски, которые будут и должны возникать в процессе реализации плана этой судовой операции. Иными словами, существует необходимость в оценке вероятности события вида $\omega \geq \omega_0$, где ω – некоторый продолжительно действующий случайный параметр опасности, например, риск, определяющий навигационное состояние судна в фиксированный момент времени при реализации операции ($P(\omega \geq 0) = 1$), а ω_0 – априорно заданная величина приемлемого риска, ко-

торая гарантирует нужный уровень безопасности мореплавания в фазе планирования такой операции. Условие $P(\omega \geq \omega_0)$ отражает возможность доминирования текущего предвычисленного риска над плановым допустимым риском, что естественно будет снижать уровень безопасности мореплавания судна.

Пусть задано множество $\omega \in \Omega$, с ограничениями, которые накладываются на плотности распределения вероятности элементов ω , причем действует как основное ограничение вида

$$f(\omega) \geq 0, \quad \int_0^{\infty} f(\omega) d\omega = 1,$$

так и дополнительные ограничения, заданные так

$$f(\omega) \leq c, \quad f'(\omega) \leq 0, \\ \int_0^{\infty} \omega f(\omega) d\omega = m.$$

В достаточно общем случае ограничения, наложенные на плотность распределения вероятности величин рисков можно записать так:

$$\int_0^{\infty} \varphi_i(\omega) f(\omega) d\omega = m_i, \quad (1)$$

$$\{f(\omega), f'(\omega)\} \subset F, \quad (2)$$

где m_i – заданное число; $\varphi_i(\omega)$ – заданные интегрируемые с весом $f(\omega)$ функции; F – некоторая область возможных значений функций $f(\omega), f'(\omega)$. Тогда задача по оценке вероятности события $\omega \geq \omega_0$ будет состоять в том, чтобы при условиях (1) и (2) найти максимум вероятности

$$P(\omega \geq \omega_0), \quad (3)$$

где ω – некоторое число, и функцию плотности вероятности $f^0(\omega)$, обеспечивающую искомый максимум.

Запишем вероятность (3) в виде следующего функционала:

$$P(\omega \geq \omega_0) = \int_0^{\infty} 1[\omega - \omega_0] f(\omega) d\omega, \quad (4)$$

где $1[\omega - \omega_0]$ – смещенная единичная ступенчатая функция, равная нулю при $\omega < \omega_0$ и равная единице при $\omega \geq \omega_0$.

Таким образом, поставленная задача по оценке вероятности события вида $\omega \geq \omega_0$ может быть сведена к отысканию максимума функционала (4) при выполнении условий (1) и (2). Эта задача может быть сведена к задаче определения максимума для функционала

$$I_\lambda = \int_0^\infty 1 [\omega - \omega_0) f(\omega) d\omega + \sum_{i=1}^l \lambda_i \int \varphi_i(\omega) f(\omega) d\omega =$$

$$= \int_0^\infty \psi(\omega, \lambda) f(\omega) d\omega, \quad (5)$$

при ограничениях (2) и заданных коэффициентах Лагранжа $\lambda_i, i = 1, l$. Кроме того, в принятом функционале функция $\psi(\omega_0, \lambda)$ определяется так

$$\psi(\omega, \lambda) = 1[\omega - \omega_0) + \sum_{i=1}^l \lambda_i \varphi_i(\omega)$$

Максимуму функционала (5) соответствует функция $f^0(\omega, \lambda)$, удовлетворяющая при каждом ω условию

$$\max[\psi(\omega, \lambda) f(\omega)] = \psi(\omega, \lambda) f^0(\omega, \lambda). \quad (6)$$

Условие (6) имеет конечное или бесконечное число решений, если $\psi(\omega, \lambda) \neq 0$, а в особых случаях, когда $\psi(\omega, \lambda) = 0$, уравнение (6) решения не имеет. Определив функцию $f^0(\omega, \lambda)$ и значение λ_0 параметра λ , удовлетворяющего условию (1), можно записать решение поставленной задачи следующим образом:

$$f^0(\omega) = f^0(\omega, \lambda_0), \quad P_0(\omega \geq \omega_0) = \int_0^\infty f^0(\omega) d\omega.$$

Таким образом, процедура предлагаемого метода определения максимума $P(\omega \geq \omega_0)$ и соответствующей этому максимуму функции $f^0(\omega)$ позволит оценить вероятность свойства доминирования текущего риска над величиной приемлемого риска и упростить процедуры управления состоянием мореплаванием и эксплуатацией судна в целом.

Литература

1. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 212 с.

2. Ключко, Д. В. Надежность разрешения проблемных ситуаций при управлении состоянием безопасности судна / Д. В. Ключко, И. А. Рамков, В. И. Меньшиков // Журнал университета водных коммуникаций. – 2011. – Вып. 111(X1). – С. 110–112.

3. Меньшиков, В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 186 с.

4. Смирнов, А. Ж. Апостериорная оценка надежности выбора результатов при разрешении последовательности проблемных навигационных ситуаций / А. Ж. Смирнов, А. А. Сиротюк, В. И. Меньшиков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011.

5. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. Т. 2. – М. : Мир, 1976. – 435 с.

Обзор автоматизированных систем управления рыболовными судами

Соловьев А. А., Шугай С. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра управления судном и промышленного рыболовства)

Аннотация. В работе приведена классификация автоматизированных систем тралового и кошелькового лова рыбных скоплений, дан обзор существующих информационных, информационно-советующих и информационно-управляющих систем тралового и кошелькового лова и перспективы их развития.

Abstract. The paper shows the classification of automated systems trawl and purse seines fish aggregations, a revive of existing information, the information-advisory and management information system trawl and purse seines and prospects of their development.

Ключевые слова: траловый лов, кошельковый лов, автоматизация, рыбные скопления.

Key words: trawling fishing, purse seining, automation, fish aggregations.

1. Классификация автоматизированных систем тралового и кошелькового лова

Все системы автоматизации тралового и кошелькового лова для рыболовных судов в зависимости от назначения и характера решаемых задач можно разделить на три основные группы: информационные, информационно-советующие и информационно-управляющие.

Информационные системы лова предназначены для сбора и обработки информации от рыбопоисковых и навигационных приборов, а также для отображения результатов обработки на специальных дисплеях в виде, удобном для восприятия судоводителями и значительно облегчающие принятие правильного решения при облове.

Информационно-советующие системы лова, кроме сбора и обработки информации от рыбопоисковых и навигационных приборов, а также для отображения результатов обработки на специальных дисплеях предназначены для выработки рекомендаций для судоводителя для успешного облова, выбранного им рыбного скопления.

Информационно-управляющие системы лова, кроме решения всех перечисленных выше задач предназначены для автоматизации процессом управления судном и орудиями лова в соответствии с заданной программой и критериями качества управления.

2. Информационные системы лова

Система кошелькового лова «Sonar Situation Display» фирмы «Simrad» – предназначена для автоматизации процессов обработки информации

от судовых гидроакустических и навигационных приборов и воспроизведение на экране дисплея всей ситуации замата кошелькового невода.

Система имеет три режима работы: относительное движение, истинное движение и истинное движение с автосопровождением косяка. Режим относительного движения – поисковый. Режим истинного движения используется для выхода в точку отдачи кошелькового невода и собственно выполнения замата невода. Режим истинного движения с автосопровождением косяка является основным при маневрировании судна при замате кошелькового невода. Результат оценки вычислительным блоком курса и скорости движения косяка отображается на блоке индикации в виде вектора из центра его плотности. Система обеспечивает возможность записи и воспроизведения всего процесса облова косяка от отдачи буя пятного уреза кошелькового невода до конца замата.

Система тралового лова «Integer Data Display» фирмы «Simrad» предназначена для автоматизации обработки данных и воспроизведения результирующей информации на экране дисплея при разноглубинном траловом лове. Кроме перечисленной выше аппаратуры эта система включает в себя сетной зонд, представляющий собой подводную гидролокационную систему, состоящую из семи эхолотных датчиков контроля над тралом, под ним, в других направлениях поперечного сечения трала, а также датчиков контроля направления линии судно-трал.

Электронный дисплей имеет 4 режима индикации:

- продольный разрез по вертикали вдоль диаметральной плоскости судна;
- вид сверху, на котором воспроизводится положение косяка, трала и судна относительно друг друга;
- поперечный разрез, на котором воспроизводится положение трала относительно судна в плоскости, перпендикулярной диаметральной плоскости судна;
- режим индикации от траловой гидроакустической системы, на котором воспроизводится положение верхней и нижней подбор, форма устья трала, а также наличие рыбы в районе трала.

К информационным системам тралового лова относятся также системы контроля хода трала (СКХТ). Наиболее современными из этих систем являются системы, разработанные фирмой Simrad ITI, FS20/25 и PI32. Система ITI является бескабельной системой, которая определяет геометрию

трала, его горизонтальное и вертикальное раскрытие, расстояние между распорными траловыми досками, отклонение центра устья трала от диаметральной плоскости судна и расстояние до судна. Кроме того, система контролирует заполнение трала рыбой и положение рыбы в устье трала. Система может быть сопряжена с гирокомпасом, лагом, эхолотом, гидролокатором и другим судовым оборудованием регистрации данных. Система FS20/25, дает возможность осуществлять обзор окружающей обстановки вокруг трала. Система PI32 представляет информацию о глубине погружения трала, температуре воды, повреждениях сетной части и объеме улова.

Рассмотренные выше системы только представляют необходимую информацию судоводителя, но не дают никаких рекомендаций и не выполняют самостоятельно никаких элементов управления.

В информационном комплексе тралового лова ИКТЛ, созданном в конце 80-х годов фирмой Furuno по заданию Минрыбхоза СССР эти недостатки частично устранены.

В состав комплекса ИКТЛ входят: блок управления, а также гидроакустический блок, навигационный блок и система датчиков, подсоединенные через последовательно соединенные интерфейсный и вычислительный блоки к блоку индикации и блоку автоматического управления.

Совершенствование информационных комплексов идет по пути создания новых датчиков промысловой информации, повышения точности и наглядности отображения информационной модели промыслово-навигационной обстановки.

К этой группе можно отнести многолучевые гидролокаторы (ГЛ) кругового обзора SR240, SD570, SP270 фирмы Simrad (Норвегия), CSH-20 (Furuno, Япония). Эти гидролокаторы объединяют воедино достоинства однолучевых, секторных и многолучевых ГЛ. Новая конструкция антенны обеспечивает неограниченное электронное управление лучей ГЛ вокруг судна и под ним без искажения диаграммы направленности (ДН) лучей. Помехи от боковых лучей сведены до минимума. Это обеспечивает более эффективное обнаружение одиночных рыб и косяков вблизи дна. Наклон лучей неограничен, что делает ГЛ разносторонним устройством: всенаправленным с наклоном 90 град., секторным в диапазоне 180 град. и многолучевым эхолотом. Непрерывное обновление всей информации на экране позволяет обнаружить самый выгодный косяк. Режим автоматического слежения за целью также гарантирует истинное изображение косяка. Точная информация о скорости и направлении перемещения косяка создает обра-

зец (шаблон) перемещения косяка. Имеется аудио канал и встроенный громкоговоритель. Переменный аудио сектор устраняет необходимость постоянного наблюдения по экрану. Имеется встроенная программа для количественной оценки рыбы в косяке (с учетом 5 видов рыб).

Сочетание программ поиска в горизонтальной и вертикальной плоскостях дают полную картину ситуации вокруг и под судном в ходе тралового лова. Луч в вертикальной плоскости, охватывающий 180 град., может разворачиваться в любом направлении и имеет свои собственные установки для оптимальных косяков и обнаружения дна. В этом случае изображение в вертикальной плоскости может быть ценным дополнением для безопасного и точного позиционирования трала.

Новое поколение гидролокаторов Simrad SP60, SP70, SP90, SH80 одинаково успешно работают, как на малых (150 м), так и на дальних дистанциях (до 8 000 м). Приемопередатчики, работающие в режиме частотной модуляции, имеют специальный фильтр, облегчающий обнаружение рыбы и увеличивающий разрешение на больших диапазонах. Сочетание двух режимов обзора позволяет рассмотреть цель сверху и сбоку одновременно. В этом случае нет необходимости проходить над косяком, чтобы определить его размеры с помощью эхолота. После включения функции стабилизации, вертикальный и горизонтальный луч антенны стабилизируются во время килевой и бортовой качки, что обеспечивает четкое изображение цели независимо от колебаний корпуса судна.

3. Информационно-советующие системы лова

К таким системам относится гидролокатор кругового обзора «Угорь-Р.4», разработанный в НИИ «Бриз» (Россия) при непосредственном участии преподавателей ФГБОУ ВПО «МГТУ».

В гидролокаторе одновременного кругового обзора «Угорь-Р.4» с цветным отображением гидроакустической информации и режимом «рекомендаций» по прицельному облову реализованы новые оригинальные режимы работы:

- режим рекомендаций судоводителю по маневрированию судном (курсом и скоростью) и длиной ваеров при наведении трала на подвижный косяк;

- режим рекомендаций судоводителю по расчету координат точки отдачи невода и маневрированию курсом судна при замете невода и облове подвижного косяка.

В разработанной в последние годы в России автоматизированной системе управления движением рыболовного судна (АСУ ДРС) реализуются новые, а также дополнительные функции управления движением рыболовного судна:

- выполняется расчет дистанции «забега» (трал на борту) при траловом пелагическом лове с учетом координат и вектора скорости косяка;
- определяются безопасный курс судна с тралом при его расхождении с другим судном, а также безопасном маневрировании судна во время лова рыбы при работе в группе судов;
- выполняется построение 3D изображений подводной ситуации лова с одновременным изображением судна, трала, рыбного скопления и донной поверхности;
- система позволяет использовать существующие электронные карты промысловых районов;
- система позволяет выполнять сбор данных и ведение судовой электронной отчетности в виде «Электронного промыслового журнала»;
- система выдает рекомендации судоводителю по прицельному облову рыбных скоплений при траловом и кошельковом лове.

Технический результат достигается тем, что в автоматизированную систему управления движением рыболовного судна, содержащую блок управления, а также гидроакустический блок, навигационный блок и систему датчиков, подсоединенные через последовательно соединенные интерфейсный и вычислительный блоки к блоку индикации, блоку автоматического управления и блоку выдачи рекомендаций, дополнительно введены: блок ввода и коррекции параметров судна и орудий лова, блок решения навигационных задач, блок построения 3D изображений подводной ситуации лова, блок чтения и отображения электронных карт и промысловых планшетов, блок «Электронного промыслового журнала», соединенные с вычислительным блоком и блоком индикации.

4. Информационно-управляющие системы лова

Автоматизированный информационно-управляющий промыслово-навигационный комплекс, кроме решения информационных задач, делает подготовку данных для решения задач управления судном, а также обеспечивает автоматическое или полуавтоматическое наведение разноглубинного

трала на подвижный косяк в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В такие комплексы входят замкнутые подсистемы автоматического регулирования, осуществляющие связь аппаратуры комплекса с органами управления судном и промысловыми механизмами (авторулевым, главной энергетической установкой, винтом регулируемого шага, траловой лебедкой). Примером информационно-управляющей системы тралового лова служат системы «Атлант-1» (Атлант-2), а также система «САТЛ», являющаяся дальнейшим развитием системы «Атлант-2» и разработанная компанией FAS (Fishery Automation Systems, www.fasltd.ru), г. Калининград Россия. Эти системы осуществляют кроме решения информационных задач сбор и обработку промысловой информации, подготовку данных для решения задач управления судном, а также автоматическое или полуавтоматическое наведение разноглубинного трала на подвижный косяк в вертикальной плоскости. В такие комплексы входят замкнутые подсистемы автоматического регулирования, осуществляющие связь аппаратуры комплекса с органами управления судном и промысловыми механизмами (авторулевым, главной энергетической установкой, винтом регулируемого шага, траловой лебедкой).

Система содержит: блок управления, а также гидроакустический блок, навигационный блок и систему датчиков подсоединенные через последовательно соединенные интерфейсный и вычислительный блоки к блоку индикации, блоку выдачи рекомендаций и блоку автоматического управления.

Блок управления системы состыкован с исполнительными устройствами систем управления винтом с регулируемым шагом и ваерными лебедками, и без участия судоводителя и лебедчика обеспечивает:

- автоматический вывод трала на заданную глубину;
- автоматическое вытравливание (выбирание) заданной длины ваеров;
- проводку трала на заданном расстоянии от грунта;
- автоматическое удержание трала на заданной изотерме;
- автоматический облов рыбных скоплений типа «лента»;
- автосопровождение одного рыбного косяка;
- регистрацию данных для ведения промыслового и вахтенного журналов.

Механизм оценки качества преобразования «Достоверная информация – допустимые управления»

Сологубов В. В., Рудкин Ф. В., Пеньковская К. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. Предложен механизм, который позволяет оценить качество преобразования «достоверная информация – допустимые управления» в эргатической системе «судно – орудие лова». Выработаны принципы составления модели восприятия производственной информации, которые могут быть использованы при разработке организационных моделей деятельности судоводителя-промысловика.

Abstract. The article offers option, witch can allows us to assess the quality of the conversion «accurate information – admissible control» into ergatic system «ship – fishing gear». Was developed principles making of the perception model production information, witch can be use in the process organizational models of activity Navigator – fishers specialist.

Ключевые слова: промысел, информация, достоверность, необходимость, достаточность.

Key words: fishery, information, reliability, necessity, sufficiency.

Дальнейшее составление интеллектуальных организационных моделей (организационных проектов) следует связывать с разработкой механизма, который позволял бы оценивать качество преобразования «достоверная информация – допустимые управления» в системе «судно – орудие лова». Для разработки такого механизма рассмотрим судно с орудием лова, как объект, обладающий структурой в виде тройки: $\theta = (I, R, F)$, где I – информационный ресурс, поддерживающий эффективную промысловую деятельность судна, F – непрерывный процесс преобразований информационного ресурса в рамках регламентных правил R в допустимые управления системой «судно – орудие лова». Тогда введенный объект θ позволяет сформулировать общие представления о необходимом процессе обмена информационными и силовыми действиями между промысловиком и системой «судно – орудие лова».

На базе заданной структуры θ реализацию такого процесса можно определить рамками отображения вида

$$\Phi : I \xrightarrow{R(\bullet)} F.$$

Тогда, представляя $R(\bullet)$ как ансамбль достоверно идентифицированных аттракторов, последовательно объединенных в некую «жесткую» программу

действий и задавая управления $\alpha \in A$ можно получить общую траекторию безопасного и эффективного промыслового процесса F . Процесс F с одной стороны отвечает принципу достоверности промысловой информации, а с другой обеспечивает эффективность промысла, привлекая только допустимые управления $\alpha \in A$ в системе «судно – орудие лова».

При разработке правил взаимодействий (информационных и силовых) между системой «судно – орудие лова» и промысловиком, необходимо стремиться к оптимизации этих взаимодействий. Такая оптимизация, учитывая специфику производственной деятельности промысловика (дефицит временного ресурса), скорее всего, должна реализовываться с учетом критерия быстрогодействия. При этом, введение критерия быстрогодействия и использование некоторой «жесткой» программы действий с фиксированными, управлениями α , можно рассматривать как последовательное решение крайних задач, отвечающих принципу Понтрягина.

Пусть в первом приближении «жесткая» программа действий промысловика $R(\bullet)$, представляет собой последовательность элементарных силовых действий $\alpha \in A$ при соответствующем информационном ресурсе, составлена без учета флуктуаций. Тогда задача выбора силового воздействия на систему «судно – орудие лова» при максимальном быстродействии и с учетом достоверного информационного ресурса может быть представлена в виде следующей модели:

$$dq/dt = N(q, \alpha), \quad q \in R, \alpha \in A \subset R. \quad (4)$$

Далее будем считать, что A – компактная область управления, а N – отображение из $R \times A$ в R . Кроме того, для конкретизации модели (4) положим, что отображение N непрерывно на $R \times A$ и удовлетворяет локальному условию Липшица по q с константой, не зависящей от управления α , а также отвечает еще одному требованию вида

$$|N(q, \alpha), q| \leq C (1 + \|q\|^2),$$

распространенному на $R \times A$.

В большинстве случаев система отображения промысловой информации технических средств разрабатывается так, что на множестве допустимых управлений A выбирается подмножество кусочно-непрерывных функций U , зависящих от времени и принимающих значения на этом допустимом множестве. Тогда быстродействие в структурах π и θ можно характеризо-

вать с помощью функции Беллмана, которую для моделей (2) и (4), с учетом всех выше сформулированных условий и требований можно записать так

$$T(q) = \inf \tau(q, U), \quad U \in A, \quad (5)$$

где $\tau(q, U)$ – время, через которое может произойти оптимальное пополнение информационного ресурса и выбор управлений, реализующих производственный процесс, заданный в виде «жесткой» программы.

Рассмотренные выше принципы формирования модели восприятия производственной информации, составленные при условиях дополнительного структурирования пространства действий оператора интеллектуального эргатического элемента, могут быть использованы при разработке организационных моделей деятельности судоводителя. Однако эти принципы предусматривают абсолютную готовность судового специалиста к выполнению своих производственных обязанностей.

Литература

1. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 212 с.

2. Ключко, Д. В. Надежность разрешения проблемных ситуаций при управлении состоянием безопасности судна / Д. В. Ключко, И. А. Рамков, В. И. Меньшиков // Журнал университета водных коммуникаций. – 2011. – Вып. 111(X1). – С. 110–112.

3. Меньшиков, В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 186 с.

4. Смирнов, А. Ж. Апостериорная оценка надежности выбора результатов при разрешении последовательности проблемных навигационных ситуаций / А. Ж. Смирнов, А. А. Сиротюк, В. И. Меньшиков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011.

5. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. Т. 2. – М. : Мир. – 1976. – 435 с.

Анализ показателя эффективности ведения промысла по данным системы дистанционного мониторинга

Спицын В. С., Беднарчик А. А., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. Составлен вектор являющийся разложением приращений эффективности ведения промысла по системе факторов на кривой заданной кривой. Получено, что разложения приращений показателя эффективности, линейно зависящего от факторов, заданного на прямолинейной кривой и не зависящего от выбранной системы координат в случае отсутствия уравнений связи, всегда будут равны.

Abstract. Composed the vector which is the decomposition of the increments of the effectiveness of the fishery system factors on the curve of a given curve. The decomposition of the increments of performance indicator linearly dependent on factors specified in straight-curve and does not depend on the chosen coordinate system in the absence of constitutive relations will always be equal.

Ключевые слова: промысел, приращения, показатель, эффективность, равенство.

Key words: fishery, increment, indicator, efficiency, equal.

Пусть результирующий показатель, определяющий эффективность ведения промысла z , зависит от факторов $x = (x_1, \dots, x_m)$, снимаемых аппаратуры мониторинга промысловой обстановки известным способом, например, так

$$z = f(x_1, \dots, x_m),$$

причем значения факторов изменяются с течением времени на отрезке времени $[t_0, t_1]$, образуя в пространстве R^m известную кусочно-гладкую кривую L . На факторы при их отображении накладываются уравнения связи

$$\Phi(x) = (\Phi(x_1, \dots, x_m)) = 0, k = (1, M). \quad (1)$$

В последнем случае система уравнений связи (1) предполагается непротиворечивой, а кривая L – лежащей на поверхности, определяемой (1). В рамках введенных допущений необходимо построить:

– вектор $\Delta z[x/\Phi, L]$, каждая координата которого может рассматриваться как часть приращения результирующего показателя, обусловленная изменением фактора x_i $i = (1, m)$;

– скаляр $\Delta z[\{\Psi\}/\Phi, L]$, величина которого может рассматриваться как часть приращения результирующего показателя, обусловленная совмест-

ным изменением заданного набора функций $\Psi_j(x)$, от фактора x_i $i = (1, m)$, причем

$$\Psi(x) = (\Psi_j(x_1, \dots, x_m)), j = (1, l).$$

Вектор $\Delta z[x/\Phi, L]$ далее можно называть разложением приращений эффективности ведения промысла по факторам фактора x_i $i = (1, m)$ на кривой L . Тогда появляется возможность сформулировать в некоторой фиксированной системе координат, обладающей «естественными» свойствами ортогональности, обусловленными выбором факторов x_i и единиц их измерения. Это позволит сформулировать основные положения в замкнутом виде с использованием обобщенных обратных матриц, но при этом не исключается инвариантная формулировка.

При анализе рыбопромысловой информации могут встречаться задачи, когда необходимо разложить приращения Δz не в сумму, а в произведение компонентов, обусловленных отдельными факторами (индексный анализ). Задачи индексного анализа могут быть сведены к рассматриваемым задачам за счет введения величин $\Delta \ln z$ вместо Δz , поскольку разложение $\Delta \ln z$ в сумму компонентов равносильно разложению Δz в произведение соответствующих экспонент.

Задачу построения вектора $\Delta z[\cdot]$ или скаляра $\Delta z[\cdot]$ будем называть линейной, если все функции входящие в него линейны

$$z = f(x) = a_0 + a^T x; \quad \Phi(x) = B_0 + B^T x = 0,$$

$$\Psi(x) = C_0 + C^T x,$$

где a_0 – действительное число, $a = (a_1, \dots, a_m)^T$, $B_0 = (B_{10}, \dots, B_{M0})^T$, $C_0 = (C_{10}, \dots, C_{l0})^T$, $x = (x_1, \dots, x_m)^T$, B – матрица размерности $(m \times M)$, C – матрица размерности $(m \times l)$, T – знак транспонирования, $L = \{x(t), t \in [t_0, t_1]\}$ – прямолинейный отрезок.

При изменении фактора вдоль кривой L функция z будет получать приращение равное

$$\Delta z = z(t_1) - z(t_0) = a^T \Delta x = \sum a^T \Delta x^{(i)} = a_1 x_1 + \dots + a_m x_m, \quad (2)$$

где $\Delta x = x(t_1) - x(t_0)$ и $\Delta x^{(i)} = (0, \dots, 0, \Delta x_i, 0, \dots, 0)$.

Выражение (2) может рассматриваться как решение линейной задачи разложения приращения Δz при отсутствии уравнений связи, поскольку

каждое слагаемое зависит только от одного фактора, и каждый фактор получает приращение независимо от остальных. Тогда можно утверждать, что разложение приращения показателя z , линейно зависящего от факторов x , на прямолинейной кривой L и не зависящего от выбранной системы координат для случая отсутствия уравнений связи будет всегда равно:

$$\Delta z[x/0, L] = (a^T \Delta x^{(1)}, \dots, a^T \Delta x^{(m)}) = (a_1 \Delta x_1, \dots, a_m \Delta x_m) = a^T \text{diag}(\Delta x),$$

где $\text{diag}(\Delta x)$ – диагональная матрица с элементами Δx_i , знак 0 означает отсутствие уравнений связи факторов.

Усложним задачу и будем считать, что оценке эффективности ведения промысла, уравнения связи существуют. В этом случае по условию $\Phi(x) = 0$ при $x \in L$ и приращение вектора факторов Δx удовлетворяет условию

$$B^T \Delta x = 0,$$

или другими словами вектор Δx принадлежит ортогональному дополнению L_{0B} к подпространству L_B , порожденному столбцами матрицы B :

$$\Delta x = (E - BB^+) \Delta x, \quad (3)$$

где E – единичная матрица, а B^+ – обращенная обратная матрица.

В этой ситуации изменение даже одного фактора x_i может повлечь за собой изменения всех или некоторых остальных в силу уже имеемых уравнений связи.

Литература

1. Гладышевский, М. А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 212 с.

2. Меньшиков, В. И. Особенности эксплуатации судов компаниями с интегрированной системой менеджмента / В. И. Меньшиков, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская, Д. В. Пеньковский. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014.

3. Меньшиков, В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов ; под общ. ред. В. И. Меньшикова. – Мурманск : Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 186 с.

4. Шор, Н. З. Метод минимизации, использующий операцию растяжения пространства в направлении разности двух последовательных градиентов / Н. З. Шор, Н. Г. Журбенко // Кибернетика. – 1971. – № 3. – С. 57–64.

5. Шор, Н. З. О решении минимаксных задач методом обобщенного градиентного спуска с растяжением пространства / Н. З. Шор, Л. П. Шабашова // Кибернетика. – 1972. – № 1. – С. 43–54.

Моделирование этапа сближения судов борт к борту при швартовке судов с использованием инновационного способа управления судном

Холичев С. Н., Юдин Ю. И., Петров С. О. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовождения)

Аннотация. На основе предложенного авторами запатентованного способа швартовки одного судна к другому в условиях открытого моря, проведен модельный эксперимент первого этапа швартовки, доказавший возможность применения предложенного способа на практике. В работе представлены результаты проведенного эксперимента.

Abstract. Model experiments of the first stage of mooring are conducted on the basis, proposed by the authors of the patented method of mooring of one vessel to another in the open sea conditions, to prove the possibility of application of the proposed method in practice. This article presents the results of experiment.

Ключевые слова. Способ швартовки, автоматизация швартовки, модельный эксперимент.

Keywords. Method of mooring, mooring automation, model experiment.

Введение. Процесс швартовки одного судна к другому в открытом море весьма распространенный вид судовых ключевых операций, сопряженный с риском столкновения швартующихся судов, особенно на этапе сближения судов борт к борту. Поэтому оптимизация процесса операций такого типа всегда была и будет актуальна. В статье предложены результаты модельного эксперимента, проведенного с целью доказать возможность предложенного в первой части работы запатентованного способа швартовки одного судна к другому в условиях открытого моря.

Модельный эксперимент. Стратегией на этапе подхода к месту швартовки является управление танкером по отклонениям от некоторой прямой, названной прицельной линией – ПЛ. Это прямая, смещенная от точки нахождения цели в данный момент, которая имеет направление курса цели, т. е. направление ее ДП. Отклонения носовой и кормовой точек ДП танкера от прицельной линии определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}dn &= -(x_s - x_z) \times \cos(K_z) + (y_s - y_z) \times \sin(K_z) + d_0 + p \times \sin(K_z - K_s), \\dk &= -(x_s - x_z) \times \cos(K_z) + (y_s - y_z) \times \sin(K_z) + d_0 - p \times \sin(K_z - K_s).\end{aligned}$$

Мы используем их для формирования управляющего сигнала системы управления с помощью соотношения

$$\text{sign} = - a_1 \times d_n + a_2 \times d_k,$$

при этом параметры выбраны так: $a_1 = 1.1$ и $a_2 = 0.9$. Выбор этих параметров равными по величине приводит к управлению по направлению (Юдин, Пашенцев, 2013). Далее мы проведем оптимизационный подбор a_1 и a_2 .

Эти формулы дают возможность моделировать движение танкера на втором этапе подхода к месту швартовки. Напомним также, что для работы на этом этапе швартовой операции мы выбрали для судна математическую модель в перемещениях. Она была идентифицирована нами ранее, и используется здесь как единственная для моделирования движения. Чтобы сделать управление по отклонениям близким к реальной ситуации, нам надо получить данные о траектории движения цели. Возьмем в качестве таковой судно, лежащее в дрейфе и перемещающееся под действием внешних факторов. Выберем для этого действие ветра. Проводим моделирование движения дрейфующего судна при скорости ветра 10 м/с с направления 60° , нос судна направлено на 10° , скорость хода 0.1 м/с. Эта скорость хода необходима формально из-за структуры модели в перемещениях. В ней много членов, в которые скорость входит в знаменатель, поэтому она не может быть нулевой. После того, как моделирование дрейфа выполнено, координаты и курс дрейфующего судна запоминаются в трех массивах. При моделировании работы системы управления по отклонениям эти запомненные данные используются как целевые для динамического построения прицельной линии.

И только потом относительно этой линии идет управление по отклонениям. На рис. 1 приведены изменения во времени отклонений носовой и кормовой точек танкера от прицельной линии, угловой скорости поворота и угла дрейфа танкера при управлении по отклонениям. Хорошо видно, что сильные изменения параметров происходят в начальный период движения. Танкер производит разворот, во время которого происходят колебательные изменения параметров. Затем танкер ложится на устойчивый курс с небольшими изменениями кинематических параметров.

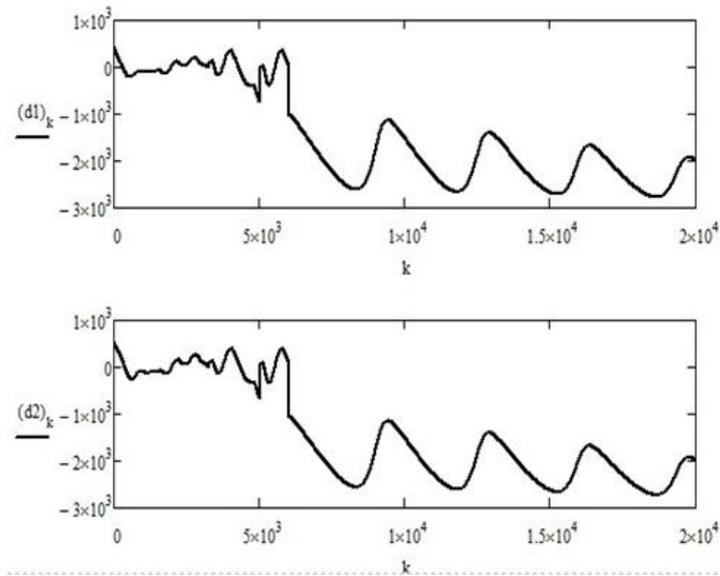


Рисунок 1 – Изменения во времени (сек) отклонений носовой и кормовой точек (м) танкера при управлении по отклонениям

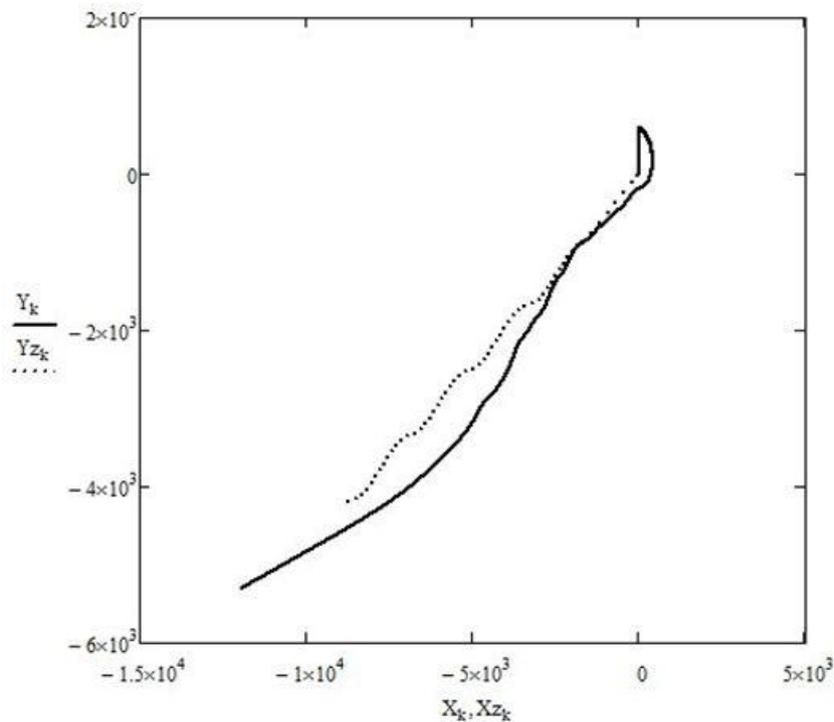


Рисунок 2 – Траектория танкера при управлении по отклонениям

На рис. 2 приведена траектория танкера. Приведены две траектории – самого управляемого танкера (сплошная линии) и дрейфующего объекта швартовки (точечная линия). На траектории танкера хорошо виден начальный маневр с выходом на прицельную линию.

Однако на этом рисунке нет изображения самой прицельной линии. Это понятно, так как прицельная линия меняет каждую секунду свое положение. Это происходит в соответствии с перемещением цели и изменением ее

курса. Но в программе моделирования в среде VB6 запрограммирована возможность проследить за положением этой целевой линии. Это делается с помощью последовательного изображения этой линии, места танкера и одновременно положения танкера относительно сторон света. А далее делается скриншот экрана программы, именно он представлен на рис. 3. Это положение судна на 3 250 сек моделирования. В левой части рисунка показаны две траектории слежения за целью с разными начальными курсами танкера. Синий кружок показывает положение самого танкера, желтая прямая линии является в данный момент прицельной линией. Изображение справа дает положение танкера относительно сторон света, положение пера руля (синий отрезок), направление вектора скорости (оранжевая линия в ЦТ танкера) и целевой линии (желтая прямая выше танкера). Видно, что руль положен на правый борт для выхода на прицельную линию. Через скриншот проглядывает основное окно программы, на котором выводится информация о моделировании. На рис. 4 показан скриншот экрана программы моделирования для другого начального курса танкера в 310° . Выбран другой момент процесса моделирования, поэтому на рис. 5 справа мы видим другое относительное расположение танкера и прицельной линии. Она ниже танкера и его руль положен на левый борт для выхода на эту линию.

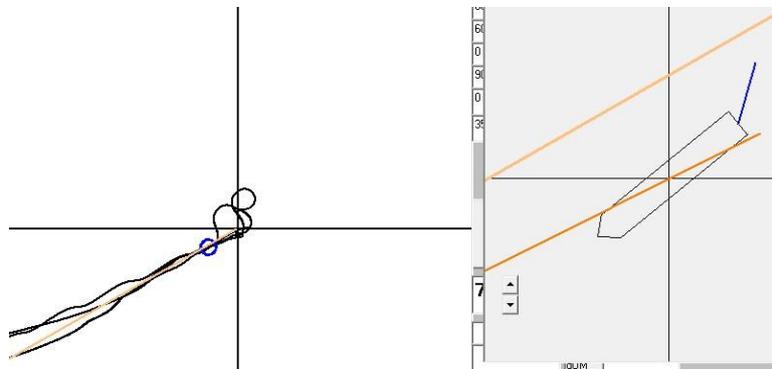


Рисунок 3 – Скриншот экрана программы моделирования в среде VB6

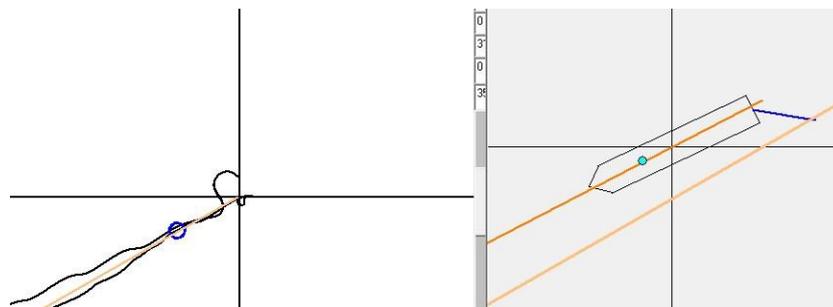


Рисунок 4 – Скриншот экрана программы моделирования в среде VB6 с начальным курсом танкера 310°

Заключение. В статье представлен результат модельного эксперимента, проведенного с целью доказать возможность предложенного в первой части работы запатентованного способа швартовки одного судна к другому в условиях открытого моря. На основании представленных данных, можно с уверенностью сказать, что предложенный авторами способ управления судами при швартовке одного судна к другому на этапе сближения швартовующихся судов борт к борту в условиях открытого моря может быть использован для автоматизации данной операции, что и было доказано в расчетах.

Литература

1. Пашенцев, С. В. Моделирование процесса управляемого движения судна вдоль линии положения / С. В. Пашенцев, Ю. И. Юдин // Вестник МГТУ. Труды Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2013. – Т. 16, № 1. – С. 141–147.
2. Юдин, Ю. И. Способ управления судном при выполнении им швартовочной операции к борту судна стоящего на якоре / Ю. И. Юдин, С. Н. Холмичев, С. О. Петров // Вестник МГТУ. Труды Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2013. – Т. 16, № 1. – С. 187–192.

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

Метод крайних точек решения задачи с фиксированными доплатами

Верещагина С. А., Серeda А.-В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: *svalle@yandex.ru; avis_14@mail.ru*)

Аннотация. В работе описан алгоритм метода крайних точек решения задачи с фиксированными доплатами, относящейся к частично-целочисленным задачам линейного программирования.

Abstract. This paper contains the algorithm of the method of extreme points for the solution of the fixed charge problem relating to the partially-integer linear programming problems.

Ключевые слова: фиксированные доплаты, целочисленные переменные, метод крайних точек.

Key words: fixed charge, integer variables, method of extreme points.

Рассматривается задача с фиксированными доплатами в следующей постановке:

найти числа x_j , $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$ и y_j , $j \in J_0 \subset J$,

$$\text{минимизирующие функцию } z = \sum_{j \in J} c_j x_j + \sum_{j \in J_0} d_j y_j \quad (1)$$

$$\text{при условиях } Ax^T = b, \quad (2)$$

$$x \geq 0, \quad (3)$$

$$y_j = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = 0 \\ 1, & \text{если } x_j > 0 \end{cases}, \quad j \in J_0 \quad (4)$$

где $A = (a_{ij})$ – матрица размерности $m \times n$, $b = (b_i)$ – матрица размерности $m \times 1$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор-строка непрерывных переменных.

Не умаляя общности, вектор x можно представить в виде: $x = (x^0; x^1)$, где $x^0 = (x_1, x_2, \dots, x_s)$, $x^1 = (x_{s+1}, x_{s+2}, \dots, x_n)$, s – количество элементов в множестве индексов J_0 .

Тогда $J_0 = \{j: j = 1, 2, \dots, s\}$, $J_1 = J \setminus J_0 = \{j: j = s + 1, s + 2, \dots, n\}$.

Задача (1)–(4) является частично-целочисленной задачей линейного программирования. Существуют различные подходы к ее решению, использующие, как правило, две основные идеи: построение приближенного решения задачи посредством ее линеаризации и построение точного решения

комбинаторными методами типа ветвей и границ. Так или иначе, проблема разработки эффективного метода решения задачи (1)–(4) не может считаться полностью закрытой.

Метод крайних точек представляет собой модификацию симплекс-метода. Заметим, что если $(x^*; y^*)$ – оптимальное решение задачи (1)–(4), то вектор x^* является крайней точкой множества X – многогранника допустимых решений, определяемого условиями (2)–(3).

Метод начинает работу с решения следующей задачи:

$$\text{минимизировать } z_X = \sum_{j \in J} c_j x_j \quad (5)$$

$$\text{при условиях } Ax^T = b \quad (6)$$

$$x \geq 0. \quad (7)$$

В результате возможны три случая:

(а) задача (5)–(7) не имеет допустимого решения или целевая функция (5) не ограничена на множестве допустимых решений X . Тогда задача (1)–(4) не имеет оптимального решения.

(б) найдено оптимальное решение задачи $x^* = (x^{0*}; x^{1*})$ и z_X^* – соответствующее значение целевой функции (5). Если все компоненты вектора x^{0*} равны нулю, то пара векторов $(x^*; y^*)$, где y^* – нулевой вектор, является оптимальным решением задачи (1)–(4) с оптимальным значением целевой функции $z^* = z_X^*$.

(с) найдено оптимальное решение задачи $x^* = (x^{0*}; x^{1*})$, z_X^* – соответствующее значение целевой функции и x^{0*} – ненулевой вектор.

Введем следующие обозначения:

x^B, x^N – векторы, составленные соответственно из базисных и небазисных компонент вектора x^* ;

J_B, J_N – индексные множества, содержащие индексы соответственно базисных и небазисных компонент вектора x^* , $J = J_B \cup J_N$;

B, N – подматрицы матрицы A , составленные из столбцов матрицы A , соответствующих базисным и небазисным компонентам вектора x^* ;

$c_j^B, j \in J_B$ и $c_j^N, j \in J_N$ – коэффициенты целевой функции (5) при соответственно базисных и небазисных компонентах вектора x^* .

Применительно к базисному решению x^* задача (5)–(7) переписывается в виде:

$$z_X = \sum_{j \in J_B} c_j^B x_j^B + \sum_{j \in J_N} c_j^N x_j^N, \quad B(x^B)^T + N(x^N)^T = b, \quad x^B \geq 0, \quad x^N \geq 0.$$

Как известно, решение x^* получается, если положить $x^N = 0$, а $(x^B)^T = B^{-1}b$, а коэффициенты целевой функции пересчитываются для данного базисного решения по правилу: $\tilde{c}_j^B = 0 \quad \forall j \in J_B$ и $\tilde{c}_j^N = c_j^N - c^B B^{-1}A_j \quad \forall j \in J_N$, где c^B – вектор-строка, компонентами которой являются $c_j^B, j \in J_B$; $A_j, j \in J_N$ – j -й столбец матрицы A .

Пусть решение задачи (5)–(7) привело к случаю (с). Дальнейшая работа метода крайних точек отличается от симплекс-метода лишь в правиле выбора небазисной переменной, предназначенной для ввода в число базисных переменных.

1. Выбрать небазисную переменную, предназначенную для ввода в число базисных переменных по правилу:

1.1. Для всех $j \in J_N$ определить в соответствии с правилами симплекс-метода индекс i^* базисной переменной, которая при вводе переменной x_j в число базисных переменных будет выведена из их числа. Вычислить значение h_j , равное изменению значения z целевой функции (1) при условии, что небазисная переменная x_j будет введена в число базисных переменных, а базисная переменная x_{i^*} – выведена из их числа. При этом:

– если i^* определить не удалось (это возможно только при $\tilde{c}_j \geq 0$), положить $h_j = +\infty$;

– если $x_{i^*} = 0$, положить $h_j = 0$;

– иначе

1) если $J_B \cap J_0 = \emptyset$ и $\tilde{c}_j = 0$, положить $h_j = \begin{cases} d_j, & j \in J_0; \\ 0, & j \in J_1; \end{cases}$

2) если $J_B \cap J_0 = \emptyset$ и $\tilde{c}_j > 0$, положить $h_j = +\infty$;

3) если $J_B \cap J_0 = \emptyset$ и $\tilde{c}_j < 0$, положить $h_j = \begin{cases} x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j, & j \in J_0; \\ x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j}, & j \in J_1; \end{cases}$

4) если $J_B \cap J_0 \neq \emptyset$ и $\tilde{c}_j \geq 0$, тогда

– если в результате стандартной для симплекс-метода операции введения переменной x_j в число базисных переменных и вывода переменной x_{i^*} из числа базисных переменных, ни одна из других базисных переменных не принимает нулевое значение, то считать

$$h_j = \begin{cases} +\infty, & i^* \notin J_0 \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - d_{i^*}, & j \in J_0 \text{ и } i^* \in J_0; \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} - d_{i^*}, & j \in J_1 \text{ и } i^* \in J_0 \end{cases}$$

– если в результате стандартной для симплекс-метода операции введения переменной x_j в число базисных переменных и вывода переменной x_{i^*} из числа базисных переменных, часть других базисных переменных с индексами из непустого подмножества $J_* \subset J$ принимает нулевое значение, то считать

$$h_j = \begin{cases} x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_0 \text{ и } i^* \notin J_0 \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_1 \text{ и } i^* \notin J_0 \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - d_{i^*} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_0 \text{ и } i^* \in J_0; \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} - d_{i^*} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_1 \text{ и } i^* \in J_0 \end{cases};$$

5) если $J_B \cap J_0 \neq \emptyset$ и $\tilde{c}_j < 0$, тогда

– если в результате стандартной для симплекс-метода операции введения переменной x_j в число базисных переменных и вывода переменной x_{i^*} из числа базисных переменных, ни одна из других базисных переменных не принимает нулевое значение, то считать

$$h_j = \begin{cases} x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j, & j \in J_0 \text{ и } i^* \notin J_0 \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - d_{i^*}, & j \in J_0 \text{ и } i^* \in J_0; \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j}, & j \in J_1 \text{ и } i^* \notin J_0; \\ x_{i^*} * \tilde{c}_j / a_{i^*j} - d_{i^*}, & j \in J_1 \text{ и } i^* \in J_0 \end{cases};$$

– если в результате стандартной для симплекс-метода операции введения переменной x_j в число базисных переменных и вывода переменной x_{i^*}

из числа базисных переменных, часть других базисных переменных с индексами из непустого подмножества $J_* \subset J$ принимает нулевое значение, то считать

$$h_j = \begin{cases} x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_0 \text{ и } i^* \notin J_0 \\ x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j} + d_j - d_{i^*} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_0 \text{ и } i^* \in J_0 \\ x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_1 \text{ и } i^* \notin J_0 \\ x_{i^*}^* \tilde{c}_j / a_{i^*j} - d_{i^*} - \sum_{i \in J_* \cap J_0} d_i, & j \in J_1 \text{ и } i^* \in J_0 \end{cases}.$$

1.2. Определить j^* из условия: $h_{j^*} = \min_{j \in J_N} h_j$.

– если $h_{j^*} \geq 0$, то для всех $i \in J_0$ определить значения компонент вектора y^* по правилу:

$$y_i^* = \begin{cases} 0, & i \notin J_B \\ 0, & i \in J_B \text{ и } x_i = 0 \\ 1, & i \in J_B \text{ и } x_i > 0 \end{cases}.$$

$(x^*; y^*)$ – текущее решение задачи (1)–(4) является точкой ее локального экстремума. Процесс поиска локального экстремума завершен.

– если $h_{j^*} < 0$, то перейти на выполнение пункта 2.

2. Пользуясь стандартными операциями симплекс-метода переменную x_{j^*} ввести в число базисных переменных, а соответствующую переменную x_{i^*} вывести из числа базисных переменных.

Откорректировать векторы x^B , x^N , множества J_B , J_N и перейти на выполнение пункта 1.

Литература

1. Cooper L., Drebes C. An approximate solution method for the fixed charge problem // Naval Research Logistics Quarterly, 14, 1967. P. 101–113.
2. Cooper L. The fixed charge problem – I: a new heuristic method // Computers & Mathematics with Applications, 1, 1975. P. 89–95.
3. Gupta A. K., Sharma J. K. An efficient algorithm for solving fixed charge problems // Indian J. pure appl. Math., 14(1), 1983. P. 32–39.

К вопросу о разработке когнитивных интерфейсов средств информационной поддержки управления развитием пространственно-распределенных систем

Вицентий А. В.¹, Шишаев М. Г.¹, Порядин Т. А.²

¹(г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, лаборатория региональных информационных систем, e-mail: alx_2003@mail.ru; shishaev@iimm.ru)

²(г. Апатиты, Кольский филиал ПетрГУ, кафедра информационных систем и технологий, e-mail: poryadinta@gmail.com)

Аннотация. В работе рассматривается понятие когнитивного интерфейса пользователя в системах информационной поддержки управления развитием пространственно-распределенных объектов и систем. Показывается необходимость учета перцептивных возможностей пользователя при разработке эффективных интерфейсов.

Abstract. This paper considers the concept of cognitive user interface in systems of information management support for spatially distributed objects and systems development management. The necessity of taking into account perceptual capabilities in effective user interfaces developing are shown.

Ключевые слова: когнитивный интерфейс, пространственно-распределенные системы, восприятие информации.

Key words: cognitive interface, spatially distributed systems, perception of information.

При решении задач по созданию прикладных интеллектуальных информационных технологий поддержки управления развитием крупными пространственно-организованными биосоциоэкономическими системами помимо традиционных вопросов связанных с получением и обработкой информации встают и вопросы, связанные с обеспечением наиболее эффективного способа представления информации пользователю таких технологий – лицу, принимающему решения (ЛПР).

К сожалению, анализ современных разработок в этой области показывает, что вопросам создания методов и технологий визуального отображения информации таким образом, чтобы она воспринималась конечным потребителем максимально эффективно, уделяется крайне мало внимания. Складывается практика, при которой на всех этапах создания информаци-

онных систем (ИС) основное внимание уделяется их функциональной насыщенности, а проектирование и реализация интерфейсов осуществляются по «остаточному принципу». Такой подход к разработке приводит к негативным последствиям, связанным с тем, что конечный пользователь информационной системы либо вовсе не пользуется заложенными в ИС функциями, либо использует их лишь частично – настолько, насколько это кажется ему удобным. Иначе говоря, пользователь использует функции системы через предоставленные ему разработчиками средства интерфейса настолько, насколько они соответствуют его представлениям об удобстве и логичности их организации. Плохо организованный интерфейс выступает препятствием на пути полноценного использования всего функционала информационной системы.

Эта проблема еще больше обостряется, если речь идет о мультипредметных информационных системах, ориентированных на различные категории пользователей [1], в отличие от специализированных или проблемно-ориентированных ИС, нацеленных на решение некоторого ограниченного спектра взаимосвязанных прикладных задач или же информационную поддержку некоторого единственного сообщества пользователей, определяемого, например, профессиональными интересами. Мультипредметные системы выдвигают специфические требования к качеству их пользовательского интерфейса. Они должны обеспечить удобный интуитивно понятный механизм доступа и интерпретации информации для пользователей разных категорий [2]. Реализацию такого механизма можно осуществить в рамках когнитивного интерфейса – интерфейса, обладающего совокупностью свойств, обеспечивающих его интуитивную понятность и способствующих эффективному пониманию передаваемой информации.

Решение задачи обеспечения разных категорий пользователей удобными, гибкими и эффективными инструментами получения информации средствами единого для всех пользователей системы статического графического интерфейса не представляется возможным. Решением может быть разработка принципов синтеза динамических интерфейсов, учитывающих перцептивные особенности пользователей и их ментальные модели (представления об окружающем мире) [3, 4], взаимодействующих с системой в данный момент. При этом степень когнитивности интерфейса определяется тем, насколько он соответствует ментальным стереотипам пользователя.

При решении задач управления развитием крупных (масштаба региона) пространственно-распределенных систем используются сложные интегрированные систем поддержки принятия решений (СППР). Практически повсеместно в основе таких современных СППР лежат геоинформационные системы (ГИС). С учетом того, что современные ГИС для решения таких задач содержат в своих базах данных огромные объемы информации по различным предметным областям и используют базы знаний в качестве хранилища формализованных знаний, их с полным правом можно называть мультипредметными интеллектуализированными информационными системами или интеллектуальным ГИС (ИГИС).

Ввиду сложности решаемых задач, обусловленной увеличением объемов обрабатываемой информации, необходимостью оперирования в процессе управления пространственно-распределенными системами множеством разнородных и неустойчивых факторов ИГИС должны обеспечивать оперативное формирование картографических изображений с учетом актуального состояния характеристик территории [5, 6]. При этом картографическое изображение должно быстро и правильно читаться пользователем, иными словами визуальные образы сформированного ИГИС геоизображения должны быть верно интерпретированы ЛПР [7, 8]. Для решения этой задачи предлагается технология динамической когнитивной геовизуализации, основанная на использовании формализованных в виде онтологий знаний о предметной области и особенностях визуального восприятия информации (ментально-перцептивных стереотипах) человеком. Ключевым компонентом технологии является специализированная онтология пользовательского представления, описывающая визуальные картографические стереотипы для различных категорий пользователей.

Open Geospatial Consortium в спецификации SLD описывает стандарт представления пространственной информации, которая может быть представлена с помощью 4 видов объектов (точка, линия, полигон, растр), а также и возможные варианты их визуализации через описание на языке xml. В современных ИГИС правила геовизуализации создаются специалистами заранее под каждую задачу. В технологии динамической когнитивной геовизуализации за атрибутирование геоизображения отвечает расширение для GeoServer, которое генерирует файлы стилей xml на основе логического вывода на онтологиях предметной области и пользовательского представления, с учетом характеристики задачи и контекста ситуации.

В процессе интерпретации ситуации, отображаемой геоизображением, нужно оценивать объекты как единое целое в их взаимосвязи. Процесс геовизуализации в ИГИС состоит из следующих этапов:

1) на основе формулировки задачи, пространственной и атрибутивной информации, хранящейся в ИГИС, а также информации из разнородных внешних источников в рамках расчетно-аналитической подсистемы формируются набор картографических слоев, подлежащие визуализации;

2) в ходе логического вывода на онтологиях предметной области и пользовательского представления, с учетом характеристики задачи и контекста ситуации, осуществляется генерализация пространственных данных;

3) на основе полученных данных осуществляется визуальное атрибутирование геоизображения (сопоставление пространственным объектам графических образов – форм и визуальных атрибутов).

Таким образом обеспечивается содержательное соответствие картографического геоизображения специфике решаемой задачи и психологии восприятия информации ЛПР. Использование в рамках технологии формализованных знаний о ментальных стереотипах пользователей в форме онтологии пользовательского представления позволяет оперативно формировать картографические интерфейсы информационных систем, обладающие высоким уровнем когнитивности. В свою очередь, формализованные в виде онтологии знания о предметной области обеспечивают возможность автоматизированного анализа информации, характеризующей ситуацию, поступающей из различных источников. Такие особенности данной технологии предоставляют широкие возможности для построения на ее основе когнитивных интерфейсов средств информационной поддержки управления развитием пространственно-распределенных систем.

Литература

1. Шишаев, М. Г. Формализация задачи построения когнитивных пользовательских интерфейсов мультипредметных информационных ресурсов / М. Г. Шишаев, В. В. Диковицкий, П. А. Ломов // Вестник Кольского Научного Центра. – № 3. – 2011. – С. 62–72.

2. Шишаев, М. Г. Проблема формирования эффективных картографических интерфейсов информационных систем для задач управления терри-

ториями / М. Г. Шишаев, Т. А. Порядин // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. – 2013. – Вып. 4. – С. 69–76.

3. Koffka, K. Principles of Gestalt psychology / K. Koffka. – N.Y., Routledge, 1935. – 720 с.

4. Салвенди, Г. Человеческий фактор / Г. Салвенди. – М : Мир, 1991. – 276 с.

5. Берлянт, А. М. Картография / А. М. Берлянт. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 336 с.

6. Берлянт, А. М. Геоиконика / А. М. Берлянт. – М. : Астрейя, 1996. – 206 с.

7. Миллер, Дж. А. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию / Дж. А. Миллер ; под ред. Д. Ю. Панова, В. П. Зинченко // Инженерная психология. – М., 1964. – 468 с.

8. Ломов, П. А. Преобразование OWL-онтологии для визуализации и использования в качестве основы пользовательского интерфейса / П. А. Ломов, М. Г. Шишаев, В. В. Диковицкий // Онтология проектирования. – Самара : Новая техника. – 2012. – № 3. – С. 49–61.

Моделирование как основной метод оценки эффективности функционирования мобильных самоорганизующихся сетей*

Датьев И. О.¹, Павлов А. А.²

¹(г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования Кольского НЦ РАН, Лаборатория региональных информационных систем, Кольский филиал ПетрГУ, кафедра бизнес-информатики, e-mail: datyev@iimm.ru)

²(г. Апатиты, Институт информатики и математического моделирования Кольского НЦ РАН, Лаборатория региональных информационных систем, e-mail: nuklius1@rambler.ru)

Аннотация. На сегодняшний день, имитационное моделирование является практически единственным средством, позволяющим оценить эффективность алгоритмов, разрабатываемых для мобильных самоорганизующихся сетей. В данной работе представлена модель, созданная в сетевом симуляторе NS-3 для тестирования разработанного протокола маршрутизации мобильных самоорганизующихся сетей, а также рассмотрены особенности предлагаемого протокола.

Abstract. Today simulation is practically the only way to evaluate the effectiveness of algorithms developed for mobile self-organizing networks. This paper presents a model created in the network simulator NS-3 for testing the developed routing protocol for mobile self-organizing networks, as well as describes the features of the proposed protocol.

Ключевые слова: мобильные беспроводные сети, имитационное моделирование, протокол маршрутизации.

Key words: mobile Ad-hoc Networks, simulation, routing protocol.

Введение

MANET (англ. Mobile Ad hoc Network) – беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети, состоящие из мобильных устройств, каждое из которых может передвигаться в любом направлении [1].

Самоорганизующиеся сети MANET обладают следующими преимуществами: возможность передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика; устойчивость к изменениям в инфраструктуре сети; возможность быстрой реконфигурации в условиях неблагоприятной помеховой обстановки; простота и высокая скорость развертывания.

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН «Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация».

Перечисленные выше преимущества определяют следующие положительные особенности MANET [1]:

- возможность организации информационно-коммуникационных сетей без создания наземной инфраструктуры базовых станций на территориях с «очаговым» характером, как заселения, так и ведения хозяйственной деятельности, что на сегодняшний день характерно практически для всей Арктической зоны и многих других районов Российской Федерации;

- быстрота и относительная простота организации (развертывания) информационно-коммуникационной сети;

- возможность использования незадействованного телекоммуникационного и вычислительного ресурса мобильных устройств, находящихся в распоряжении современных пользователей.

К областям применения MANET относятся: сенсорные (телеметрические) сети различного назначения; сети, развертываемые в условиях чрезвычайных ситуаций и природных бедствий при поисковых и спасательных операциях; домашние сети («умный дом»); развлекательные сети (игры со многими игроками, домашние роботы, дроны); сети, создаваемые в удаленных районах, где отсутствует стационарная инфраструктура.

Все это делает мобильные самоорганизующиеся сети одним из перспективных направлений развития информационно-коммуникационных сетей.

Однако необходимо отметить и проблемы, непосредственно следующие из самого определения самоорганизующихся мобильных сетей:

- мобильность узлов ведет к дополнительному повышению динамичности топологии сети, так как к возможности обрыва связи из-за помех или включения/выключения узла добавляется вероятность его перемещения;

- запас источников питания мобильных узлов может быть ограничен, в связи с чем, при проектировании аппаратных средств и протоколов необходимо учитывать еще и энергопотребление (особенно это касается сенсорных [2] сетей).

На сегодняшний день, несмотря на усилия исследователей [3], отсутствует формальная (аналитическая) основа для оценки эффективности решений, предлагаемых в сфере MANET. Кроме того, эксперименты с реальными мобильными устройствами затруднены по причинам сложности организации (требуется большое количество участников), воспроизведения одинаковых условий моделирования для серий экспериментов, а также в связи с большими временными затратами. Поэтому, основным инструментом такой оценки является имитационное моделирование.

Существующие протоколы маршрутизации MANET

Основной проблемой создания самоорганизующихся мобильных сетей является правильное построение маршрута передачи данных от источника до адресата. Беспроводные соединения имеют ограниченный радиус действия, а сами узлы сети постоянно перемещаются в зависимости от нужд владельца. Поэтому доступность узла в некоторый момент времени не может быть гарантирована и построить точную топологию сети практически невозможно. В попытках решения проблемы построения маршрута создано большое количество протоколов маршрутизации для мобильных самоорганизующихся сетей. Традиционно, эти протоколы могут быть разделены на проактивные (табличные или упреждающего вида) и реактивные (реагирующего типа или с запросом по требованию). Отдельной группой являются протоколы т. н. гибридного типа, предусматривающие разделение сети на подсети. Как правило, в каждой из таких подсетей маршрутизация осуществляется проактивным способом. Кроме того, следует выделить протоколы, использующие информацию о местоположении узла [4], Однако большинство исследователей предпочитает решать проблему маршрутизации не прибегая к этому методу по причине повышения вычислительной и энергетической нагрузки на отдельно взятый узел.

Протоколы каждого класса показывают хорошие результаты только при определенных условиях функционирования сети (количество и плотность узлов, характер их перемещения). Однако заранее предсказать топологию сети или характер трафика зачастую не представляется возможным, поэтому необходимо добиваться максимального снижения зависимости эффективности способа рассылки сетевой информации от сценария работы сети.

Разрабатываемый протокол маршрутизации MANET

В настоящее время, коллективом авторов ИИММ КНЦ РАН разрабатывается алгоритм маршрутизации MANET, основанный на использовании векторов расстояний. Данный протокол может быть отнесен к классу реактивных. Общей проблемой подобных протоколов является ухудшение свойств при увеличении количества узлов и динамичности узлов сети. Разрабатываемый протокол призван улучшить коэффициент доставки пакетов данных при большем количестве узлов и увеличении территории развертывания сети. На сегодняшний день, авторы формулируют основное назначение протокола как предоставление возможности развертывать сеть MANET на территории относительно небольшого (площадью около 5 км²)

населенного пункта или аналогичной по площади территории устойчивой хозяйственной активности. Одно из главных предположений, позволяющих улучшить характеристики существующих протоколов, заключается в наличии устойчивых и повторяющихся в течение суток шаблонов движения узлов (людей, обладающих мобильными устройствами). Эти шаблоны обусловлены графиками труда и отдыха, личными предпочтениями, особенностями архитектурной и транспортной инфраструктуры территории и другими факторами.

Поэтому, в качестве одного из компонентов метрики предлагается использовать частоту встречаемости пар узлов в определенные промежутки времени. Суть подхода заключается в следующем. Все узлы сети с определенной периодичностью осуществляют широковещательную рассылку Hello-сообщений, узнавая своих соседей в шаговой доступности. Эти данные обрабатываются и записываются в таблицы маршрутизации узлов, наряду со временем (моментом) доступности узла-соседа. При необходимости передачи данных, узел-источник производит поиск узла назначения в своей таблице маршрутизации. В случае отсутствия соответствующей записи, узел-источник начинает рассылку сообщений-запросов для обнаружения узла-получателя. Если узел-источник за определенное «небольшое» время получает несколько ответов-маршрутов до узла назначения, то будет выбран маршрут с меньшим «расстоянием» (которое вычисляется с помощью предложенной метрики). Предлагаемый подход должен понизить вероятность разрыва маршрута и, соответственно, нагрузку на узлы сети, связанную с поддержанием маршрутов.

Модель MANET в NS-3

На сегодняшний день, тестирование созданных протоколов с целью получения оценок эффективности в различных условиях функционирования сети (количества узлов, плотности узлов и характера их перемещений) обычно проводится с помощью имитационного моделирования [5]. Для получения сравнительной оценки предложенного протокола маршрутизации по отношению к существующим протоколам сетей MANET, авторами создан программный прототип модели в сетевом симуляторе NS-3 [6]. Модель сети представляет собой программное приложение, выполненное на языке программирования C++. К преимуществам использования NS-3 следует отнести наличие общих классов объектов и структуры сетевой модели, программно реализованных в виде различных библиотек, что ускоряет разработку и, отчасти, «унифицирует» созданные модели сетей. Основной набор биб-

лиотек NS-3 содержит классы и соответствующие методы, реализующие поведение существующих протоколов маршрутизации и передачи данных.

Основными задачами, решаемыми в рамках авторской модели являются поиск и поддержание маршрута. Описание этих процессов содержит класс NS3::Routing, который расширен от абстрактного существующего класса NS3::Ipv4L4Protocol. Здесь же реализован механизм широковещательной рассылки с целью определения соседей в определенные моменты времени. Хранение маршрутов – это другой важный компонент моделей в NS-3. Для этого, в модели объявлен класс Ns3::Prot::RouteCache, в котором сохраняются обнаруженные в процессе поиска маршруты. Класс NS3::Prot::NSendBuffer разработан для хранения всех неотправленных пакетов данных. NS3::Prot::RreqTble предназначен для того, чтобы избежать повторяющихся запросов маршрута. NS3::Prot::BuffMaintain используется для хранения пакетов данных при отправке из буфера передачи и ожидающих подтверждения от следующего узла сети. ProtOptionsHeader включает в себя все параметры, необходимые для работы протокола.

Выводы

В итоге, авторами разработан протокол маршрутизации для мобильных самоорганизующихся сетей. Для оценки эффективности предложенного протокола создан прототип модели функционирования MANET в сетевом симуляторе NS-3. Одну из ключевых ролей при создании имитационных моделей самоорганизующихся сетей играет используемая модель перемещения мобильных узлов. В созданной авторами модели реализовано случайное перемещение узлов [7] (наиболее широко используемая модель перемещений). В дальнейшем, планируется реализовать другие модели перемещения узлов и произвести сравнительный анализ характеристик разработанного протокола с существующими протоколами (AODV, OLSR и т. д.) в различных условиях функционирования с целью улучшения параметров разработанного протокола.

Литература

1. MANET. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MANET> (дата обращения: 10.03.2015).
2. Определение сенсорных сетей. – URL: <http://habrahabr.ru/post/95011/> (дата обращения: 10.03.2015).

3. Метод оценки эффективности механизмов управления соединениями в беспроводных самоорганизующихся сетях / А. Г. Кирьянов, А. И. Ляхов, А. А. Сафонов, Е. М. Хоров // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 5. – С. 39–56.

4. Прозоров, Д. В. Протоколы геомаршрутизации самоорганизующихся мобильных сетей / Д. В. Прозоров // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2012. – № 5. – С. 16–19.

5. Wehrle K., Günes M., Gross J. Modeling and Tools for Network Simulation. Springer, 2010. – P. 35–59.

6. NS-3. – URL: <https://www.nsnam.org/> (дата обращения: 10.03.2015).

7. Davies V. Evaluating Mobility Models Within an Ad hoc Network. Master's thesis, Colorado School of Mines, 2000.

Анализ динамики поля значений температуры поверхности моря Ирмингера

Запорожцев И. Ф., Серeda А.-В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: zaporozhtsev.if@gmail.com; avis_14@mail.ru)

Аннотация. В статье представлена информация о прикладном исследовании, которое было выполнено на основе авторской методики анализа и краткосрочного прогноза с использованием структурных и статистических моделей при работе с массивами полей температуры поверхности в акватории моря Ирмингера.

Abstract. Information on applied research based on author's analysis and short-term forecasting methodology used structural and statistical models for datasets of sea surface temperature values field of the Irminger Sea is presented in the article.

Ключевые слова: анализ пространственно-временного распределения физической характеристики, температура поверхности моря, море Ирмингера.

Key words: physical characteristic values spatio-temporal distribution analysis, sea surface temperature, the Irminger Sea.

Анализ изменчивости и краткосрочный прогноз характеристик поверхности океана является актуальной задачей как научных исследований, так и практики. Специалисты различных областей знаний (океанологии, биологии, экологической безопасности) и сфер экономической и производственной (рыболовства, нефтегазовой, транспортно-логистической) деятельности проявляют все больший интерес к данной тематике.

В рамках сотрудничества с НПК «Морская информатика» (г. Мурманск) авторами проведено исследование полей SST (Sea Surface Temperature, температура поверхности моря) моря Ирмингера. Оно использует в качестве математического обеспечения авторскую методику краткосрочного прогноза, а компьютерной технологии – программную реализацию этой методики. В ее основе лежат некоторые структурные и статистические модели многомерных временных рядов, адаптированные к решению прогнозностической задачи для гридированных данных: массивов значений в узлах планарной равномерной сетки. Статья является продолжением цикла работ авторского коллектива, в которых отражены основные элементы методики [1, 2], а также результаты ее апробации на модельных и реальных данных [3, 4]. Данное исследование обусловлено, в частности, возросшим интере-

сом к распределению популяций в акватории окуня-клювача. В период с 24 апреля по 1 мая 2014 г. в Копенгагене (Дания) в штаб-квартире Международного совета по исследованию моря (ИКЕС) прошло ежегодное заседание Северо-Западной Рабочей группы ИКЕС, в котором принимали участие делегации Российской Федерации, Исландии, Германии, Норвегии, Дании, Гренландии и Фарерских островов. В ходе пленарных заседаний на Рабочей группе были выполнены оценки состояния 16 запасов промысловых рыб в исландско-гренландском районе: окуня-клювача, золотистого окуня, трески, пикши, сайды, черного палтуса и сельди. Практически все из рассмотренных на Рабочей группе запасов находятся в пределах 200-мильных зон прибрежных государств. Окунь-клювач пелагиали моря Ирмингера и сопредельных вод в силу своей доступности представляет значительный интерес для российского рыболовства. Известно, что в течение последнего десятилетия наблюдается устойчивое снижение пелагических запасов окуня-клювача (с 2,1 до 0,7 млн т). Современные меры регулирования промысла этих гидробионтов основаны на существенно устаревших, по мнению российских ученых, представляющих «ВНИРО», рекомендациях ИКЕС 2009. Российской делегацией инициирован процесс пересмотра рекомендаций, в которых планируется учесть особенности изменчивости условий внешней среды (в частности, SST) различного временного масштаба для принятия окончательных решений по нормам общего допустимого улова (ОДУ) на ближайшие годы. Очевидно, что прогнозирование SST позволит повысить качество прогнозирования величины ОДУ, а также фактического улова отдельных судов за различные промысловые периоды.



Рисунок 1 – Пример профиля фрагмента временного ряда с выделенным целевым интервалом I

Параметры массива входных данных для исследования: $25,125^{\circ}\text{W}$ – $39,875^{\circ}\text{W}$ и $54,125^{\circ}\text{N}$ – $65,125^{\circ}\text{N}$, сетка (60×45) узлов, шаг составляет $0,25^{\circ}$, суточная дискретность, последняя дата: 14 декабря 2014 года (339 суток), источник – портал NOAA NCDC (<http://www.ncdc.noaa.gov/sst/>). Была поставлена задача тестирования авторской методики анализа и прогноза в формате независимых прогностических экспериментов для отсчетов с 249 по 270 (целевой интервал I , рис. 1) и горизонта прогноза $\tau = 5$.

По итогам кластеризации [1] сформирована система 107 кластеров, границы которых отмечены на рис. 2 вместе со схематичным изображением ветвей Восточно-Гренландского течения и течения Ирмингера.

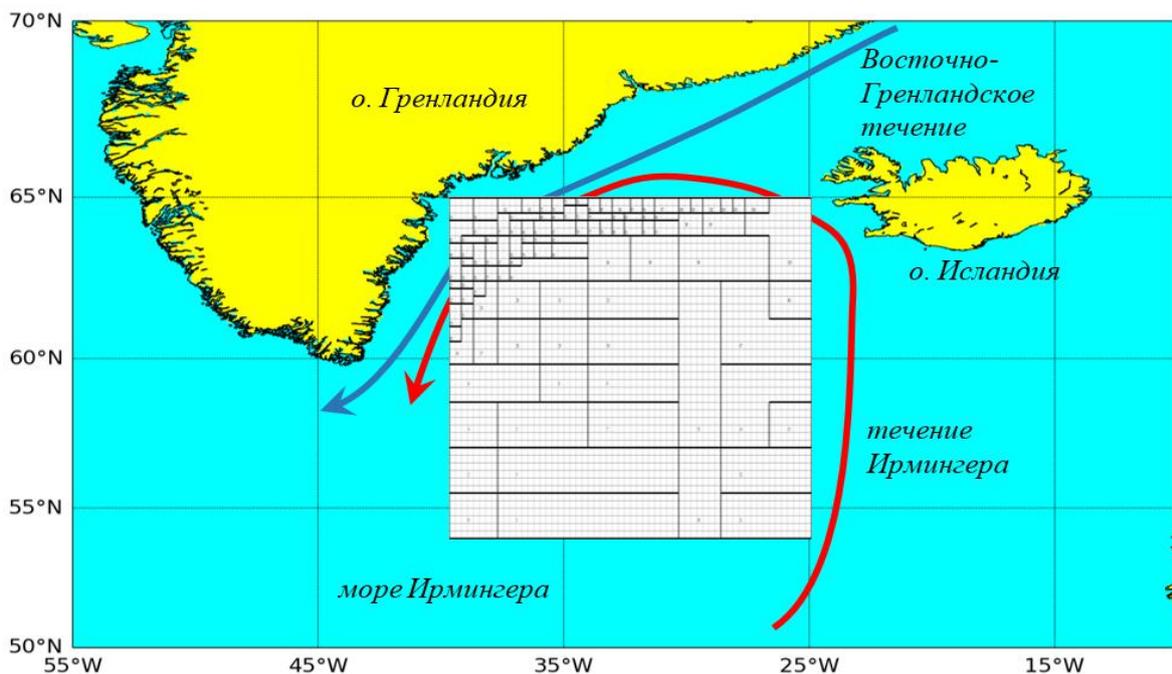


Рисунок 2 – Система кластеров и географические особенности акватории

Кластеры вдоль побережья о. Гренландия содержат существенно меньшее число узлов, чем остальные, а соответствующие временные ряды SST характеризуются повышенной изменчивостью значений. Заметное измельчение кластеров на северо-востоке можно интерпретировать как следствие перемешивания вод холодного Восточно-Гренландского течения и теплого течения Ирмингера, в то время как отсутствие сильной дифференциации у побережья о. Исландия на тех же широтах – циркуляцией только относительно теплых водных масс. Таким образом, результаты кластеризации согласуются с общими океанографическими сведениями.

В результате анализа массива сингулярных чисел и двумерных диаграмм главных компонент, построенных для траекторной матрицы в рамках МССА (многомерного сингулярного спектрального анализа [2]), сделан вывод о невозможности выделения гармоник с постоянной амплитудой и периодом для кластерных временных рядов. Однако МДЭМ (многомерная декомпозиция на эмпирические моды) позволила обнаружить квазипериодические аддитивные составляющие. Наличие осциллирующих компонент с аналогичным поведением также имеет место при МДЭМ для трехлетнего фрагмента ряда наблюдений (2012–2014 гг.). Число мод варьировалось от 4 до 6 для различных кластеров.

Декомпозиция для трехлетнего фрагмента показала, что общей особенностью является незначительное повышение амплитуды колебаний до 1 градуса для июля (во второй эмпирической моде). К шуму можно отнести только первую моду. На рис. 3 представлен пример: построены моды, сдвинутые относительно друг друга на 2 единицы, отсчитывая от 0, а также профиль исходного временного ряда, поднятый на 10 единиц.

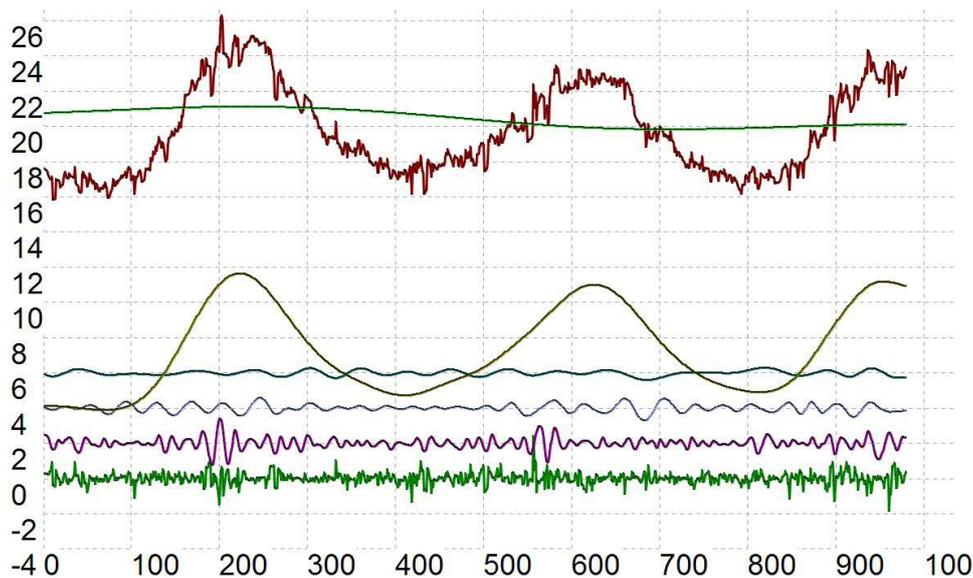


Рисунок 3 – Результат декомпозиции на эмпирические моды

Особенностью северо-восточной области являются существенные колебательные процессы в период январь-июль (до 2 градусов, рис. 4), которые присутствуют для всех мод. В качестве шумовых можно принять как только первую моду, так и первую и вторую. Дальнейшие прогностические эксперименты показали, что в данной ситуации необходимо исключить обе моды.

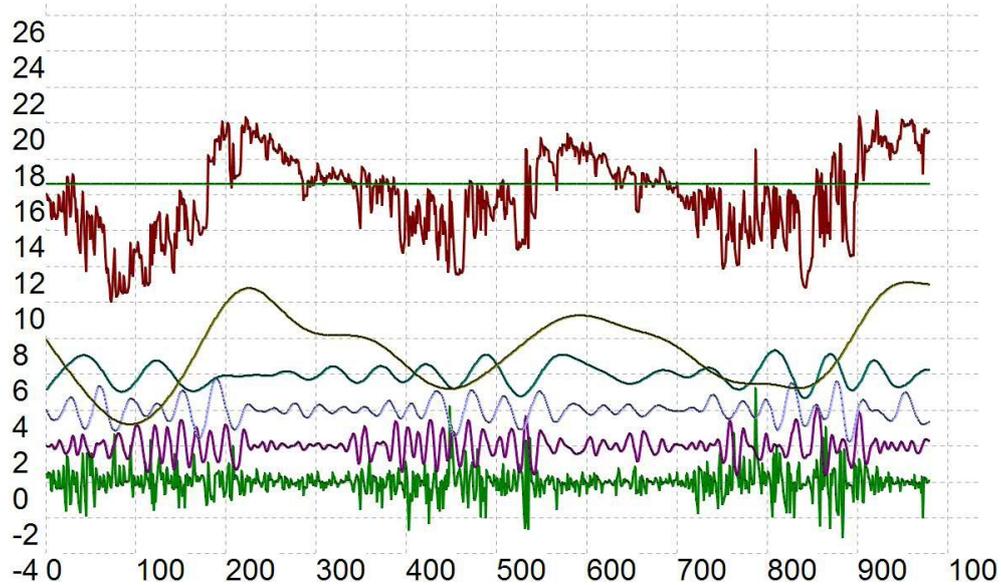


Рисунок 4 – Результат декомпозиции на эмпирические моды

Результаты декомпозиции, построенной как для почти 250-дневного, так и для трехлетнего фрагментов, позволяют выполнить более эффективную предобработку многомерного временного ряда, исключая шумовые составляющие, что приводит к повышению точности краткосрочного прогноза значений физических характеристик.

Литература

1. Запорожцев, И. Ф. Кластеризация узлов планарной регулярной сетки в задаче прогноза временной изменчивости пространственного распределения физических характеристик / И. Ф. Запорожцев, А.-В. И. Серeda // Наука и образование – 2014.– Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – С. 382–385.
2. Запорожцев, И. Ф. Декомпозиция на эмпирические моды в задаче краткосрочного прогнозирования многомерных временных рядов геофизической природы / И. Ф. Запорожцев, А.-В. И. Серeda // Цифровая обработка сигналов. – 2014. – № 2. – С. 34–40.
3. Запорожцев, И. Ф. Прогноз временной изменчивости поля аномалий уровня поверхности моря в районе желоба Святой Анны с помощью нейросетевых методов / И. Ф. Запорожцев // Проблемы Арктического региона : материалы XIII междунар. науч. конф., Мурманск, 14 мая 2013 г. Том II. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2013. – С. 42–44.
4. Запорожцев, И. Ф. Методика краткосрочного прогноза поля аномалий уровня моря в акваториях Арктики / И. Ф. Запорожцев // Проблемы Арктического региона: материалы XIV междунар. науч. конф., Мурманск, 14 мая 2014 г. Том II. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2014. – С. 65–66.

Некоторые задачи управления рыбным промыслом

Николаев А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: nikolayev.alex@ya.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросу управления и организации рыбопромысловой деятельности. Раскрываются проблемы, возникающие при построении оптимального управления рыбопромышленной системой. Выявлена и обоснована необходимость использования математических методов и ЭВМ при планировании деятельности, учитывая особенности технологического процесса промышленного рыболовства.

Ключевые слова: промышленное рыболовство, методы оптимизации управления рыбным промыслом.

Промышленное рыболовство занимает особое место в истории многих государств мира. В настоящее время процессы, протекающие в промышленном рыболовстве, тесно связаны с уровнем экономического роста страны, ее политическим устройством, и напрямую зависят от геополитических амбиций государства. Современный кризис национального промышленного рыболовства возник на основе противоречия замедленного экономического роста, основанного на резком увеличении объемов вылова водных биологических ресурсов (ВБР), и деградации окружающей среды. Россия располагает значительными запасами рыбных ресурсов, выход к морям и океанам дает возможность добывать разнообразную рыбную продукцию, а рыбная промышленность является одной из ведущих подотраслей пищевой промышленности.

Стратегия экономического развития Мурманской области основана на пяти базовых отраслевых комплексах – горнопромышленном, топливно-энергетическом, рыбопромышленном, агропромышленном и транспортно-коммуникационном, занимающих в структуре всего хозяйственного комплекса области по объему производства и услуг более 97 %.

Рыбная промышленность – одна из традиционных отраслей специализации Мурманской области и играет важную роль в социально-экономической специализации Северо-Западного региона. До 1990 г. Мурманская область обеспечивала более 15 % общесоюзного производства пищевой рыбной продукции, в 2006 – около 20 % общероссийского [1].

Северный бассейн обеспечивает около 25 % всего российского объема добычи рыбы, в том числе 90 % трески, пикши и морского окуня, 100 % семги, а также более 40 % тюленя и направляет свою продукцию в евро-

пейскую часть РФ, на Урал и в Западную Сибирь. Рыбопромысловый флот Северного бассейна ведет промысел в экономических зонах России и других стран.

Рыбопромысловый флот предприятий Мурманской области на начало 2015 года насчитывал свыше 300 судов, включая маломерные суда прибрежного флота, а также 13 рыботранспортных судов. В судовой реестр порта Мурманск включено 249 рыбодобывающих судов, в том числе 12 крупных судов, 14 – больших, 125 – средних и 98 – малых.

Управление промышленным рыболовством.

Важнейшие проблемы управления рыболовством в Северном бассейне, как, впрочем, и в других, связаны с оценкой запасов, допустимой интенсивности и селективности лова, совершенствованием правил регулирования рыболовства. Создана отраслевая система мониторинга ВБР, наблюдения и контроля за деятельностью рыболовных судов. В Мурманске работает региональный центр, который осуществляет постоянный автоматический независимый контроль местоположения российских и иностранных судов. Для достижения конкурентоспособности региональным рыбопромышленным предприятиям требуется серьезная техническая модернизация, что сопряжено со значительными капитальными вложениями.

К сожалению, проблемы управления промышленным рыболовством неудовлетворительно решают не только в Мурманской области, но и в других регионах. При этом ошибки, которые допускают при решении, носят основополагающий характер.

Инвестирование рыбной отрасли, совершенствование управления ею имеет цель в первую очередь, повысить эффективность эксплуатации промыслового флота, так как флот представляет собой главную и активную часть основных фондов рыбной промышленности. Однако специфические особенности работы флота создают трудности в эффективном его использовании.

Промысел как производственный процесс имеет свои особенности. Современные промысловые суда – это добывающие и рыбообрабатывающие предприятия, которые перемещаются в процессе промысла к месту расположения водных биоресурсов. При этом взаимное местонахождение судна и промысловых скоплений объекта лова известно лишь приблизительно. Добыча рыбы, более чем любой другой производственный процесс, зависит от внешних, гидрометеорологических и гидробиологических условий работы. Отсюда следует, что промысел осуществляется в недостаточно оп-

ределенных внешних условиях, характеристики которого носят случайный характер.

Эффективность промысла в значительной мере определяется сложившейся промысловой обстановкой, но ее мы изменять пока не умеем, и управлять ее состоянием не можем [2]. Следовательно, центр тяжести в решении возникшей проблемы лежит в оптимизации управления самим промысловым процессом. Но своеобразие промысла как производственного процесса определяет большое количество возможных задач управления этим процессом. Многообразие задач требует разработки различных методов их решения.

Современное промышленное рыболовство представляет собой сложную систему, состоящую из различных взаимосвязанных компонентов [3]:

- сырьевая база рыболовства, является предметом труда в добывающей отрасли;
- технические средства добычи водных биоресурсов (промысловые суда, орудия рыболовства, промысловое вооружение и инвентарь, промысловые механизмы), представляющие собой средства труда;
- технологии промысла как совокупность приемов и способов добычи гидробионтов.

Эффективность и оптимальное функционирование данной системы обеспечивается комплексом организационно-управленческих подходов, основанных на принципах рациональной эксплуатации водных биоресурсов и на системном управлении процессами лова. В этой связи основной задачей науки и практики современного промышленного рыболовства является совершенствование систем управления процессом лова, режимов работы рыбопромысловых судов во взаимосвязи с планированием и организацией рыбопромысловой деятельности, а также оценкой ее экономической эффективности [4].

Рыбопромысловая деятельность как процесс производства имеет свои особенности, мешающие эффективно и оперативно эксплуатировать промысловый флот [5]:

- разбросанность районов промыслов в различных частях бассейна;
- удаленность их друг от друга и портов базирования;
- изменчивость, подвижность и неустойчивость сырьевых ресурсов.

В связи с усложненными условиями промысла и значительным ростом затрат на добычу рыбы и производство продукции в настоящее время требуется особая гибкость и оперативность в решении промысловых

и управленческих задач, которое должно осуществляться на научной основе с целью повышения эффективности эксплуатации ресурсов. Совершенствование управления, применение научных методов позволяет получать значительный экономический и производственный эффект без дополнительных затрат.

Адаптивное управление рыболовным флотом

Проанализировав процесс расстановки рыболовных судов, оценив входные параметры, стохастичность всего производственного процесса, предлагается реализовать оптимальное и гибкое планирование, при соблюдении всех условия путем применения математических методов и электронно-вычислительной техники.

Предпосылки исследований и разработок подобных оптимизационных задач зародились в 1965 г. [6]. Разрабатывались отраслевые автоматизированные информационные системы, автоматизации расчетов графиков работы судов при заданном плане, определение потребностей добывающего флота и многие другие.

В 70-е годы при внедрении полученных решений на производстве выявились существенные проблемы:

- низкий уровень компьютерной компетентности персонала, следовательно, не умение воспользоваться предлагаемым инструментом;
- слабая достоверность входных данных, в частности прогноз о состоянии районов промысла.

Применение ЭВМ на заре своего появления вызвало больше трудностей для специалистов не компьютерного и математического профиля, нежели облегчало выполнение трудоемких работ. А в свою очередь, информация о состоянии районов промысла и запасах биоресурсов зачастую не соответствовала действительности в виду несовершенства систем сбора и обработки информации и организации этих процессов.

К настоящему времени, разработка новых или адаптация уже имеющихся математических моделей с применением ЭВМ для решения поставленной задачи весьма актуальна. Сегодня, руководству рыболовного флота, не имея под рукой эффективного инструмента, приходится управлять системой рыбодобывающих судов пользуясь исключительно опытом прошлых лет, причем не всегда успешным.

При планировании работы рыболовного флота необходимо учитывать ряд факторов, на которые повлиять невозможно: промысловая обстановка в районах, погодные условия и т. п. Сейчас же результаты про-

гнозов точны с погрешностью, которой можно пренебречь при поиске оптимального плана расстановки судов. В то же время полностью игнорировать нельзя.

В сложившихся экономико-хозяйственных отношениях каждое предприятие любой отрасли стремится максимизировать прибыль за счет различных изменений в производстве, например снижения уровня затрат. В случае с промышленным рыболовством, где, как уже оговаривалось, трудно, а зачастую невозможно, влиять на внешние факторы производства, необходимо оптимизировать имеющийся технологический процесс управления флотом. Целью этой оптимизации является минимизация расходов на добычу ВБР, что можно достичь путем рационального распределения производственных мощностей и эффективной реализации вылова.

Таким образом, общая оптимизационная модель планирования работы рыбопромыслового флота сводится к обеспечению решения следующих основных задач: во-первых, освоение предоставленных запасов рыбы в рамках квоты рыбопромышленными предприятиями; во-вторых, сдачу ВБР в установленные порты для последующей их реализации; в-третьих, получение минимума эксплуатационных расходов суммарно по флоту; с учетом прогнозов возможных годовых выловов рыбы, использования рыбодобывающих судов, объема вылова отдельных видов рыбы.

Литература

1. Козин, М. А. Научная концепция управления / М. А. Козин // Рыбное хозяйство. – 1992. – № 1. С. 18–20.
2. Лисенко, С. В. Организация и планирование промышленного рыболовства / С. В. Лисенко. – М. : МОРКНИГА, 2012. – С. 235.
3. Дверник, А. В. Технология и управление промышленным рыболовством / А. В. Дверник. – М. : МОРКНИГА, 2013. – С. 318.
4. Лернер, А. Я. Начала кибернетики / А. Я. Лернер. – М. : Наука, 1967. – С. 400.
5. Андреев, М. Н. Оптимальное управление на промысле / М. Н. Андреев, С. А. Студенецкий. – М. : Пищевая промышленность, 1975. – С. 288.
6. Мельников, В. Н. Совершенствование общей теории промышленного рыболовства / В. Н. Мельников // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2010. – № 1.

Нестационарные возмущения модели конкурирующих видов с логистической поправкой

Мусафиров Э. В. (*г. Гродно, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, кафедра технической механики, e-mail: musafirov@bk.ru*)

Аннотация. Для модели конкурирующих видов с логистической поправкой найдены допустимые (не изменяющие отражающей функции) нестационарные возмущения. Полученные результаты позволяют использовать результаты исследований решений этой хорошо изученной модели для изучения более сложных по своей природе нестационарных возмущенных систем.

Abstract. Admissible (not changing the reflecting function) non-stationary perturbations are discovered for competing species model with a logistic correction. The gained outcomes allow using outcomes of researches of solutions of this well studied model for study of more complicated non-stationary perturbed systems.

Ключевые слова: модель конкурирующих видов, дифференциальное уравнение, отражающая функция, нестационарные возмущение.

Key words: competing species model, differential equation, reflecting function, non-stationary perturbation.

При моделировании процессов происходящих в реальном мире исследователи часто используют системы дифференциальных уравнений. Однако большинство этих систем невозможно проинтегрировать в замкнутом виде. Численные методы решения таких систем на больших временных промежутках не дают удовлетворительного результата. Для исследования свойств решений таких систем можно прибегнуть к качественной теории дифференциальных уравнений.

На качественное поведение семейств решений систем дифференциальных уравнений существенное влияние оказывает существование, количество и расположение периодических решений, а также их устойчивость. В некоторых случаях ответить на эти вопросы позволяет знание отображения Пуанкаре (отображение за период) (см., например, [1]). Это отображение определяется через общее решение системы, однако иногда удается найти явное выражение отображения за период для неинтегрируемых в замкнутом виде систем с помощью отражающей функции (ОФ) (см. [2]).

Рассмотрим систему

$$\dot{x} = X(t, x), \quad t \in \mathbf{R}, x \in \mathbf{R}^n, \quad (1)$$

решения которой однозначно определяются начальными условиями. Пусть ее общее решение в форме Коши имеет вид $x = \phi(t; t_0, x_0)$. Для такой системы (1) определяется (см. [2, с. 62]) ОФ $F(t, x) := \phi(-t; t, x)$, определенная в некоторой области, содержащей гиперплоскость $t = 0$.

Любая непрерывно дифференцируемая функция $F(t, x)$ такая, что $F(-t, F(t, x)) \equiv F(0, x) \equiv x$, является ОФ класса систем вида

$$\dot{x} = -\frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial x}(-t, F(t, x)) \left(\frac{\partial F(t, x)}{\partial t} - 2S(t, x) \right) - S(-t, F(t, x)), \quad (2)$$

где $S(t, x)$ – произвольная вектор-функция, при которой решения системы (2) однозначно определяются начальными условиями. Поэтому все системы вида (1) разбиваются на классы эквивалентности вида (2) так, что каждый класс имеет свою ОФ, называемую *ОФ класса*. Все системы одного класса имеют один и тот же оператор сдвига (см. [1, с. 11]) на любом интервале $(-\alpha; \alpha)$. Поэтому все эквивалентные 2ω -периодические системы имеют одно и то же отображение за период $[-\omega; \omega]$.

Пусть система (1) и система

$$\dot{y} = Y(t, x), \quad t \in \mathbf{P}, y \in \mathbf{P}^n \quad (3)$$

принадлежат одному классу эквивалентности, и пусть одна из этих систем, скажем система (1), является 2ω -периодической. Тогда, если решения $\phi(t; -\omega, x)$ и $\psi(t; -\omega, x)$ систем (1) и (3), соответственно, продолжимы на отрезок $[-\omega, \omega]$, то отображение за период $[-\omega; \omega]$ для системы (1) есть $\phi(\omega; -\omega, x) \equiv F(-\omega, x) \equiv \psi(\omega; -\omega, x)$, хотя система (3) может быть непериодической. Поэтому между 2ω -периодическими решениями системы (1) и решениями краевой задачи $y(-\omega) = y(\omega)$ для системы (3) можно установить взаимно однозначное соответствие.

Таким образом, при изучении существования и устойчивости периодических решений, а также существования решений краевых задач у некоторой дифференциальной системы, эту систему можно заменить эквива-

лентной. Иногда это можно сделать и в том случае, когда ОФ неизвестна, в частности, с помощью следующих утверждений.

Теорема 1 [3]. Пусть вектор-функция $\Delta(t, x)$ является решением дифференциального уравнения в частных производных

$$\frac{\partial \Delta}{\partial t}(t, x) + \frac{\partial \Delta}{\partial x}(t, x)X(t, x) - \frac{\partial X}{\partial x}(t, x)\Delta(t, x) = 0. \quad (4)$$

Тогда возмущенная дифференциальная система $\dot{x} = X(t, x) + \alpha(t)\Delta(t, x)$, $t \in \mathbf{R}$, $x \in D \subset \mathbf{R}^n$, где $\alpha(t)$ – произвольная непрерывная скалярная нечетная функция, эквивалентна дифференциальной системе (1).

Из теоремы 1 вытекает следующее утверждение.

Теорема 2 [4, с. 74]. Любая стационарная система $\dot{x} = X(x)$ эквивалентна нестационарной системе $\dot{x} = (1 + \alpha(t))X(x)$, где $\alpha(t)$ – произвольная непрерывная нечетная скалярная функция.

В исследовании для модели конкурирующих видов с логистической поправкой

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a_1x - a_2xy - a_3x^2, \\ \dot{y} &= -b_1y + b_2xy - b_3y^2; \quad a_i, b_i, x, y \in \mathbf{R} \quad (i = \overline{1,3}) \end{aligned} \quad (5)$$

стояла цель поиска допустимых (не изменяющих ОФ) возмущений вида

$$\Delta = \left(\sum_{i+j=0}^3 k_{ij}x^i y^j \alpha(t), \sum_{i+j=0}^3 l_{ij}x^i y^j \alpha(t) \right)^T, \text{ где } k_{ij}, l_{ij} \in \mathbf{R}, \quad i, j = \overline{0,3}; \quad \alpha(t) - \text{ произ-$$

вольная непрерывная скалярная нечетная функция. В результате исследования получено множество допустимых возмущений, в частности справедливо следующее утверждение.

Теорема 3. При $a_2 = 0$, $b_2 = 0$ система (5) эквивалентна (в смысле совпадения ОФ) системе

$$\begin{aligned} \dot{x} &= x(a_1 - xa_3)(1 + \alpha_1(t) - \alpha_2(t)), \\ \dot{y} &= -y(b_1 + yb_3)(1 + \alpha_1(t) - \alpha_3(t)); \end{aligned}$$

где $\alpha_i(t)$, $i = \overline{1,3}$ – любые скалярные непрерывные нечетные функции.

Доказательство вытекает из теоремы 1 последовательной проверкой тождества (4) для каждого множителя при $\alpha_i(t)$.

Замечание. Обычно динамика процессов моделируется на неотрицательной временной полуоси, поэтому непрерывные функции $\alpha_k(t)$ ($\alpha_k(0) = 0$) можно доопределить нечетным образом на отрицательную полуось.

Полученные результаты позволяют использовать результаты исследований решений хорошо изученной системы (5) для изучения более сложных по своей природе нестационарных возмущенных систем. При этом, в частности, характер устойчивости решений, при $t = t_0$ выходящих из одной и той же точки, всех допустимо возмущенных систем такой же как и у исходной системы.

Литература

1. Красносельский, М. А. Оператор сдвига по траекториям дифференциальных уравнений / М. А. Красносельский. – М. : Наука, 1966. – 332 с.
2. Мироненко, В. И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем / В. И. Мироненко. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2004. – 196 с.
3. Мироненко, В. В. Возмущения дифференциальных систем, не меняющие временных симметрий / В. В. Мироненко // Дифференциальные уравнения. – 2004. – Т. 40, № 10. – С. 1325–1332.
4. Мусафиров, Э. В. Временные симметрии дифференциальных систем / Э. В. Мусафиров. – Пинск : ПолесГУ, 2009. – 191 с.

Метод определения величины не-фактора «неполнота» для систем поддержки принятия решений по комплексной оценке персонала

Прокушев Я. Е. (*г. Белгород, Белгородский университет кооперации, экономики и права, кафедра организации и технологии защиты информации, e-mail: 1985nk@list.ru*)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы учета влияния неполноты информации на результаты работы систем поддержки принятия решений при проведении комплексных исследований свойств личности для оценки сотрудников организации или отбора кандидатов.

Abstract. In article describes questions of taking note of incompleteness of information in the results of work of systems of support of decision-making when carrying out complex researches of properties of the personality for an assessment of the staff of the organization or selection of the candidates.

Ключевые слова: неполнота, не-фактор, управление персоналом, системы поддержки принятия решений.

Key words: incompleteness, not-a-factor, human resource management, systems of support of decision-making.

Современные исследования в области управления персоналом предполагают применение комплексных методик оценки сотрудников организации или кандидатов на вакантные должности. В работах по управлению персоналом они описаны в виде графических моделей, таблиц и поясняющего текста [1, 2].

Однако чтобы автоматизировать использование такой неформализованной информации, необходимо осуществить ее перевод в математическую модель, а затем реализовать в программном продукте.

Одним из важнейших аспектов, который должен учитываться на этапе математической формализации работы социально-экономических систем, является учет и обработка информации о «не-факторах».

Впервые это понятие появилось в середине 80-х годов XX века в работах А. С. Нариньяни, который является одним из основателей теории Н-моделей. Согласно А. С. Нариньяни не-факторы – «это aberrации, возникающие во всякой системезнаний ввиду фундаментального различия между объективной реальностью и ее моделью» [3, 4].

Одним из не-факторов, влияние которого следует учитывать при описании процессов в сложных недетерминированных системах, является неполнота. В данной работе не-фактор неполнота будет рассматриваться с точки зрения отсутствия информации, необходимой для решения задачи. Другой, но также возможной и дополняющей понимание сути термина «неполнота», является следующая его трактовка: «неполнота – это недостаточность моделей для исследования каких-либо подсистем или агрегатов сложного изделия» [5].

Рассматривая неполноту как отсутствие информации об объекте исследования в рамках принятой модели его изучения, следует определить принцип расчета как общего объема информации в модели, так и величины недостающих данных об оцениваемом объекте. Определение значения неполноты во многом будет определяться особенностями исследуемой предметной области. Если анализируемые в модели критерии оказывают равное влияние на возможность наступления события, то неполнота (Inc) может быть определена как соотношение числа неизвестных критериев (Unk_f) к общему (Tot_f) их количеству (1).

$$Inc = \frac{Unk_f}{Tot_f} . \quad (1)$$

Если воздействие критериев различное, то необходимо определение степени их важности. При обработке информации в социально-экономических системах, к которым относятся и система отбора и оценки персонала, одним из возможных и часто используемых методов являются экспертные оценки. Рассмотрим систему оценки персонала, результатом которой (с учетом ряда ограничений) является итоговый балл в виде свертки значений нескольких частных критериев. Пусть система оценки сотрудника позволяет формировать итоговый балл на основе свертки (2):

$$S_{\Sigma} = S_{k1} \times w_{\Sigma k1} + \dots + S_{ki} \times w_{\Sigma ki} + \dots + S_{kn} \times w_{\Sigma kn} , \quad (2)$$

где S_{Σ} – итоговый балл, характеризующий оценку респондента;

S_{ki} – балл, характеризующий оценку респондента по i -му критерию оценки и получаемый на основе оценок, выставленных экспертами с учетом их веса;

$w_{\Sigma ki}$ – итоговый вес критерия оценки k_i согласно мнения всех экспертов. Так же, как и значения самих критериев оценки S_{ki} , их веса $w_{\Sigma ki}$ должны рассчитываться с учетом весов экспертов.

Кроме того, должны выполняться следующие условия [6]:

1. Максимально возможные числовые значения, установленные для лингвистических оценок по разным критериям, которые респондент может получить в процессе оценки, должны быть одинаковы (3).

$$S_{k1} \max = S_{ki} \max = S_{kn} \max . \quad (3)$$

2. Сумма весов критериев в модели оценки $w_{\Sigma ki}$ должна быть равна единице (4).

$$1 = w_{\Sigma k1} + \dots + w_{\Sigma ki} + \dots + w_{\Sigma kn} , \quad (4)$$

Пусть отсутствует информация об j -м критерии оценки. Алгоритм обработки в этом случае выглядит следующим образом. Так как условие (4) не будет выполняться, то необходимо осуществить перерасчет весов, иначе последующие вычисления без S_{kj} будут некорректными. Вес j -го критерия должен быть распределен между остальными критериями пропорционально их первоначальным весам по формуле (5).

$$w_{\Sigma k1}^{new} = w_{\Sigma k1} \times \left(1 + \frac{w_{\Sigma kj}}{1 - w_{\Sigma kj}}\right) , \quad (5)$$

Затем следует выполнить расчет по формуле (2), но для правильного понимания полученного результата вместе с вычисленным значением свертки необходимо указывать и величину неполноты, равную в данном случае весу $w_{\Sigma kj}$ недостающей оценки S_{kj} .

Кроме неполноты могут быть вычислены и другие не-факторы, числовые значения которых следует указать рядом с полученным итогом оценки [7]. Итоги вычислений, приведенные в таком виде, будут обладать значительно большей информативностью для ЛПР, чем просто свертка S_{Σ} значений критериев оценки, что будет способствовать повышению эффективности принятия научно обоснованных решений в области управления персоналом организации.

Литература

1. Яхонтова, Е. С. Стратегическое управление персоналом : учеб. пособие / Е. С. Яхонтова. – М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2013.
2. Прокушев, Я. Е. Математические и инструментальные методы моделирования экономических систем / Я. Е. Прокушев. – Белгород : Издательство БУПК, 2011. – 133 с.

3. Нариньяни, А. С. Недоопределенность в системах представления обработки знаний / А. С. Нариньяни // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1986. – № 5. – С. 3–28.

4. Нариньяни, А. С. НЕ-факторы и инженерия знаний: от наивной формализации к естественной прагматике / А. С. Нариньяни // Сб. науч. тр. конф. «Искусственный интеллект–94» (КИИ–94). – Рыбинск, 1994. – С. 3–18.

5. Валькман Ю. Р., Быков В. С., Рыхальский А. Ю. Моделирование не-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий.

6. Ломазов, В. А. Алгоритмизация поддержки принятия решений при отборе управленческого персонала на основе нечетких модельных представлений и процедур / В. А. Ломазов, Я. Е. Прокушев // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 5(85). – С. 20–27.

7. Душкин, Р. В. Об одном подходе к автоматизированному извлечению, представлению и обработке знаний с НЕ-факторами / Р. В. Душкин, Г. В. Рыбина // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1999. – № 5. – С. 34–44.

Проблема выбора программного обеспечения для разработки электронно-образовательной среды кафедры вуза

Саблина Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра информационных систем и прикладной математики, e-mail: el-sablina@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбора ПО для создания и разработки ЭОС кафедры, в том числе с использованием метода анализа иерархий.

Abstract. The article describes the problem of choice of software tools for the creation and development of electronic educational environment of the department, including using the analytic hierarchy process.

Ключевые слова: электронно-образовательная среда, метод анализа иерархий, модель межпредметных связей, СУБД.

Key words: e-learning environment, electronic educational environment, analytic hierarchy process, model interdisciplinary connections, DBMS.

Разработка электронно-образовательной среды кафедры – необходимость, обусловленная временем. Существование в условиях информационного общества невозможно без использования новых информационных технологий, и образовательный процесс не может остаться в стороне от этих тенденций.

Электронно-образовательная среда (ЭОС) представляет собой совокупность информационных ресурсов, программного и аппаратного обеспечения, а так же средств связи, которые должны быть реализованы на основе новейших информационных технологий. ЭОС кафедры разрабатывается с двумя основными целями:

- 1) повышение качества учебного процесса за счет использования ИТ;
- 2) оптимизация административной и методической работы, благодаря ее автоматизации.

В структуре электронно-образовательной среды кафедры в общем случае можно выделить три взаимосвязанных компонента:

- 1) учебный;
- 2) организационный;
- 3) управленческий.

Конкретная реализация ЭОС основывается на ряде положений, которые обычно носят характер технического задания. Такое техническое задание содержит список функций ЭОС, а так же описывает условия, в которых

она должна будет функционировать [2]. ЭОС кафедры может быть самостоятельной информационной системой или же являться частью ИС вуза, но в обоих этих случаях желательно, чтобы она содержала модуль для реализации модели межпредметных связей.

Модуль для реализации модели межпредметных связей должен позволять:

- 1) наглядно видеть межпредметные связи между дисциплинами;
- 2) разрабатывать основную образовательную программу с учетом требований реализации компетентностного подхода в обучении, опираясь на списки компетенций, в том числе, учитывая пересечения таких списков для разных дисциплин;
- 3) эффективно распределять нагрузку между преподавателями, закрепляя, например, за одним преподавателем дисциплины одного цикла;
- 4) строить оптимальные графики учебного процесса, опираясь на связи между дисциплинами и учитывая логическую последовательность их преподавания;
- 5) определять требования к уровню знаний абитуриентов, достаточных для формирования у них определенных компетенций;
- 6) прогнозировать результаты обучения;
- 7) строить балльно-рейтинговую систему оценки знаний и т. д.

На сегодняшний день практически все предлагаемые программные продукты позволяют создавать электронные учебно-методические материалы, организовывать их хранение и настраивать доступ к ним, а так же дают возможность создавать каталоги внешних ссылок. Но только часть решений позволяют создавать и использовать модель межпредметных связей. Поэтому, если потребуется создать электронно-образовательную среду кафедры, в основу которой будет положена модель межпредметных связей, то, скорее всего, придется разрабатывать собственный программный продукт.

Одной из основных проблем, с которой сталкивается любая кафедра при разработке собственной ЭОС, является проблема финансирования, поэтому все программные средства разработки могут быть выбраны среди бесплатно распространяемого программного обеспечения. На текущий момент выбор подобных продуктов довольно широк, а предоставляемый ими функционал – достаточен для решения поставленной задачи.

Поскольку предполагается, что пользователи ЭОС кафедры должны получать доступ к ресурсам системы в любое удобное для них время, в том

числе, через глобальную сеть Интернет, то потребуется разработка web-приложения, для чего обычно используются скриптовые (сценарные) языки программирования. Одним из самых распространенных скриптовых языков на данный момент является PHP – «процессор гипертекста» (Hypertext Preprocessor).

Разработчикам ЭОС кафедры придется подумать о и web-сервере, который станет принимать http-запросы от клиентов. Наиболее распространенным web-сервером на данный момент является Apache – свободный web-сервер, который является кроссплатформенным программным обеспечением.

Логично предположить, что разрабатываемая информационная система будет включать базу данных, которая позволит создать модель межпредметных связей – такая база данных будет хранить информацию о компетенциях, специальностях, дисциплинах и т. д. Для создания подобной базы данных хорошо подходит реляционная модель. Для поддержания базы данных потребуется соответствующая СУБД. Популярными бесплатными решениями, на которые стоит обратить внимание, сейчас являются такие СУБД, как PostgreSQL, Oracle Database XE, MySQL и MS SQL Server Express.

Выбор программного продукта – это проблема принятия решения, поэтому для его осуществления можно использовать метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским математиком Томасом Саати. МАИ является математическим инструментом системного подхода к сложным проблемам принятия решений, он содержит процедуру синтеза приоритетов, вычисляемых на основе субъективных суждений экспертов [1].

Данный метод широко применяется на практике, и для его поддержки существует ряд программных средств, например, бесплатный программный продукт MPRIORITY 1.0.

В качестве примера рассмотрим выбор реляционной СУБД для создания модели межпредметных связей при разработке ЭОС кафедры Информационных систем и прикладной математики ФГБОУ ВПО «МГТУ» с помощью программы MPRIORITY 1.0.

Сравним четыре распространенных СУБД:

- 1) Microsoft SQL Server Express;
- 2) MySQL;
- 3) PostgreSQL;
- 4) Oracle Database XE.

Первый шаг метода анализа иерархии – построение иерархической структуры. При решении задачи выбора реляционной СУБД мы имеем четыре альтернативы, при этом критериями оценки выбора являются:

- 1) ограничения версии (бесплатные версии некоторых СУБД имеют ряд ограничений);
- 2) многоплатформенность;
- 3) гибкость;
- 4) функциональность;
- 5) требования к программному и аппаратному обеспечению.

Иерархическая структура для решения данной задачи, построенная с помощью MPRIORITY 1.0, приведена на рис. 1.

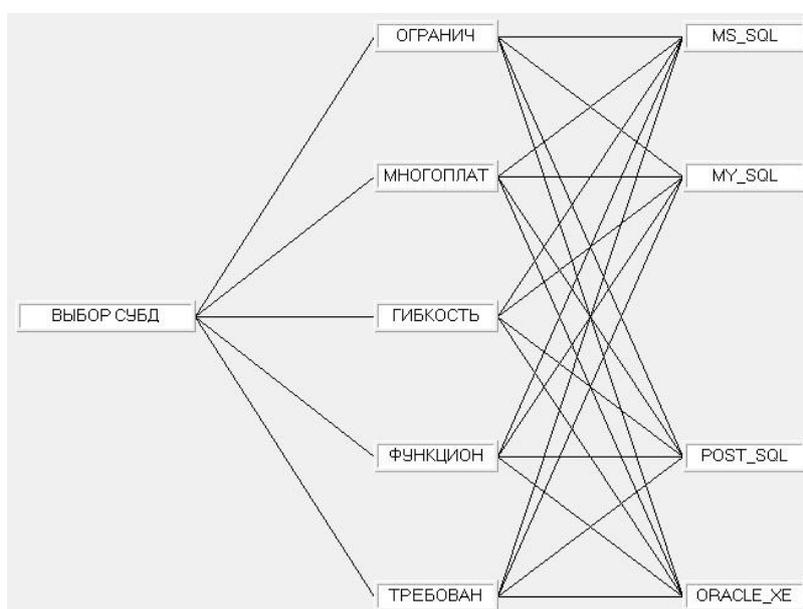


Рисунок 1 – Иерархическая структура для задачи выбора реляционной СУБД, используемой при построении модели межпредметных связей

Следующий шаг метода – попарное сравнение элементов иерархии, результаты которого заносятся в матрицу попарных сравнений. В программе MPRIORITY 1.0 на этом шаге используется шкала субъективных суждений, предложенная автором МАИ.

При применении метода анализа иерархий, требуется, чтобы матрицы попарных сравнений были согласованы, для оценки согласованности используются индекс согласованности и отношение согласованности. После того, как все матрицы попарных сравнений заданы, и удалось достигнуть приемлемого уровня их согласованности, программа MPRIORITY 1.0 математически обрабатывает полученную информацию и выводит итоговый результат.

Результат математической обработки может быть представлен в виде диаграммы и в виде вектора приоритетов (рис. 2).



Рисунок 2 – Результат математической обработки данных при выборе СУБД с использованием МАИ (в программе MPRIORITY 1.0)

Очевидно, что в данном случае, при выборе реляционной СУБД для создания модели межпредметных связей, следует отдать предпочтение программному продукту PostgreSQL.

Литература

1. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
2. Стариченко, Б. Е. О построении информационного обеспечения учебного процесса в вузе / Б. Е. Стариченко // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2012. – № 5. – С. 39–44.

Разработка программы для изучения конструктивных элементов устройства судна на английском языке

Скрябин А. В.¹, Скрыганов С. В.², Дроздов М. А.³

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: skryabinav@mstu.edu.ru)

^{2,3}(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»)

Аннотация. В докладе представлено описание программного средства, представляющего собой визуальный тренажер по конструктивным элементам устройства судна на английском языке.

Abstract. The report presents a description of the software, which is a visual simulator on ship's structural members in English.

Ключевые слова: электронное обучение, компьютерное обучение, информационные технологии.

Key words: e-learning, computer training, information technology.

Одним из способов изучения терминологии является использование визуальных словарей, в которых терминам сопоставляются их визуальные образы в виде изображений. Этот способ изучения иностранных слов заложен в основу программы «Визуальный тренажер устройства судна», которая разработана для использования при подготовке, переподготовке и повышении квалификации рядового плавсостава.

Разработанная на данный момент версия программы позволяет выполнять проверку усвоения конструктивных элементов судна в нескольких режимах, в каждом из которых используется схема судна с помеченными различными номерами частями (рис. 1). Обучаемый может выбирать подходящий для него режим проверки.

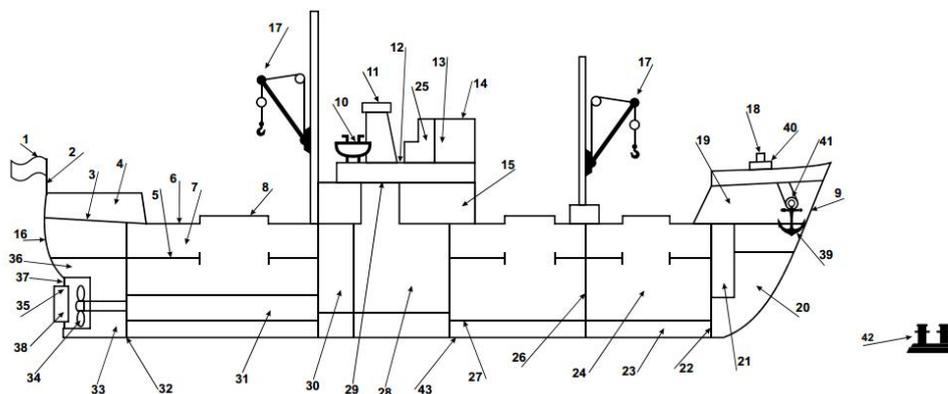


Рисунок 1 – Схема конструктивных элементов судна

В первом режиме работы программа случайным образом подсвечивает на изображении один из конструктивных элементов судна. Пользователю необходимо ввести название этого элемента в специальное поле и нажать кнопку для проверки. Если название было введено верно, то пользователь получает соответствующее сообщение и проверяемый элемент на изображении подсвечивается зеленым цветом. В противном случае пользователь получает сообщение об ошибке и проверяемый элемент подсвечивается красным. Отдельным элементом интерфейса программы является строка для отслеживания прогресса выполнения теста. Пользователь может переключаться между вопросами в произвольном порядке. Тест заканчивается при полном заполнении строки прогресса, т. е. при получении правильных ответов на все задания.

Другой режим работы программы является упрощенным. В нем пользователю предлагается на выбор три варианта ответа из множества всех терминов. Пользователь должен выбрать правильный ответ, соответствующий подсвеченной на изображении области. Сигнализация о результате проверки аналогична предыдущему режиму. Противоположным по принципу работы является режим, когда пользователю необходимо выбрать один из трех подсвеченных на изображении элементов для сопоставления указанному программой термину.

Для работы программы была разработана специальная структура для хранения данных в файле XML. В файле хранятся следующие данные: количество проверяемых терминов, русская версия термина, английская версия термина, координаты области на изображении, которая соответствует термину. На данный момент файл данных создается и редактируется в любом текстовом редакторе. Впоследствии планируется разработать программу для упрощения процесса создания файла данных.

Программа была апробирована при обучении студентов морских специальностей на кафедре иностранных языков ФГБОУ ВПО «МГТУ» и получила положительные отзывы. В дальнейшем планируется улучшить интерфейс программы, добавить функции ведения статистики изучения терминов и предоставления рекомендаций по изучению слов, а также внедрить дополнительные режимы работы.

Использование спектральных преобразований при интерпретации сейсмических данных

Трошин О. В., Серeda А.-В. И. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: ordomalleus@inbox.ru; avis_14@mail.ru*)

Аннотация. Дан обзор применения непрерывного вейвлет-преобразования при структурной интерпретации сейсмических данных. Отмечены и проанализированы особенности полученного после преобразования сейсмического изображения.

Abstract. Review of continuous wavelet transforming for structural interpretation of seismic data. Noted and analyzed the features of result image.

Ключевые слова: вейвлеты, сейсмика, интерпретация, разломы, фильтрация.

Key words: wavelets, seismic, interpretation, faults, filtering.

Сейсморазведочные работы являются наиболее востребованными на любом этапе освоения нефтегазовых месторождений. Интерпретация сейсмических данных является одним из финальных и наиболее ответственных этапов поисково-разведочных работ. Именно поэтому значительная часть новых технологических решений приходится на эту область.

Основной целью интерпретации сейсмических данных является получение информации о распространении каких-либо свойств горных пород в пространстве (распространение хроностратиграфических границ, литология, петрофизические свойства, насыщенность флюидом и пр.). В рамках текущего исследования основной акцент сделан на извлечение из сейсмического материала данных о геометрии отражающих границ.

Сейсмическое изображение, полученное после машинной обработки, содержит остаточный фон неподавленных помех, которые затрудняют его интерпретацию и в частности пикировку отражающих горизонтов. Одним из способов облегчения прослеживания отражающего горизонта является фильтрация разреза, т. к. на частотах близких к доминантной частоте вклад помех в амплитуду регистрируемого сигнала значительно меньше, соответственно, пикировка становится более уверенной. При этом следует понимать, что выбор единичной частоты непоказателен, а значит необходимо выбрать некоторый «пучок» частот.

Для осуществления такой фильтрации необходима локализованная во времени информация о частотном составе сигнала. Традиционный метод Фурье-преобразования в коротком окне имеет в этом плане существенные недостатки, связанные с проблемами выбора оптимальной оконной функции и ее параметров [1]. Осуществление непрерывного вейвлет-преобразования позволяет некоторым образом решить эту проблему и получить необходимую информацию. Выбор вейвлет-функции для проведения преобразования зависит от характера данных. Так, для фильтрации сейсмических сигналов лучше использовать гладкие функции, схожие с самим сигналом [2]. На рис.1 представлено разложение одной трассы сейсмического разреза в базис Хаара. Понятно, что преобразование нескольких трасс сформирует куб данных. Выбрав одну из плоскостей такого куба по направлению одинакового масштаба вейвлета, получим набор уже отфильтрованных данных. Для демонстрации влияния выбора вейвлет-функции продемонстрированы результаты фильтрации вейвлетами Haar10 и MHat2 (рис. 2). На рис. 3 приведен участок сейсмического профиля до и после фильтрации. Можно видеть, что доминантные частоты обеих функций близки, однако результаты фильтрации сильно отличаются, из-за различия свойств вейвлетов (количество нулевых моментов, гладкость и пр.).

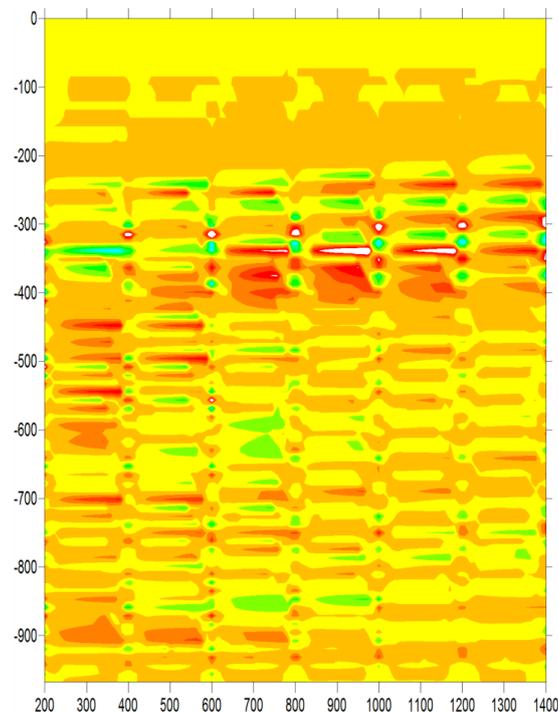
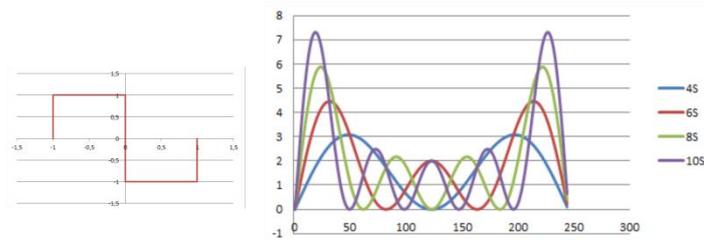
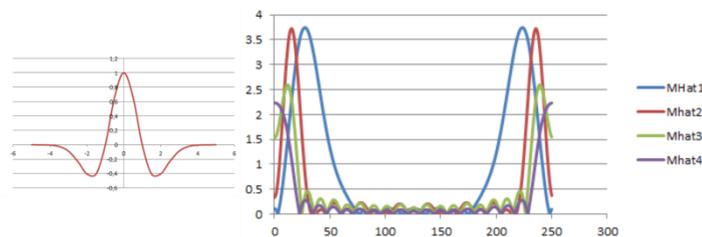


Рисунок 1 – Разложение сейсмической трассы в базис Хаара

Полученное отфильтрованное изображение позволяет не только провести пикировку отражающих горизонтов, но и отметить линии нарушений сплошности геологической среды, которые были практически незаметны на изначальном изображении (рис. 4). Предположительно, линии геологических разломов видны более отчетливо на низких частотах в силу дифракции высокочастотных волн на неоднородностях, расположенных по плоскости разломов [3]. Заметим, что качество прослеживаемости предполагаемых линий геологических разломов различно и зависит от времени по разрезу: базис Хаара дает лучшее разрешение на малых временах, а базис вейвлета MНat – на больших. Это связано, по всей видимости, с наличием в спектре вейвлета Haar10 побочного максимума в области более высоких частот. Их наличие в верхней части разреза вполне ожидаемо, однако по мере распространения вниз по разрезу, высокие частоты резко затухают и на больших временах практически не присутствуют. Отсюда следует, что для достижения наилучшего результата при проведении анализа сейсмического изображения рекомендуется проводить переменную по времени фильтрацию. В отдельных случаях (например, сложного геологического строения) может так же понадобиться фильтрация переменная в пространстве. Кроме того, видно, что отдельные элементы, которые проявились после фильтрации вейвлетом Хаара, являются более четкими и резкими, что, видимо, связано с негладкостью функции базиса.

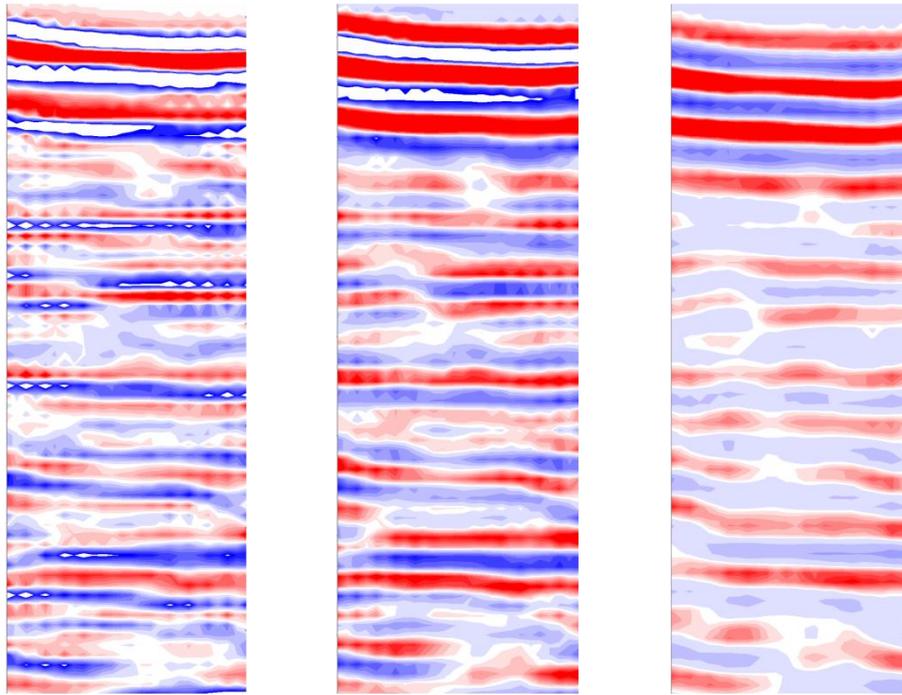


а) вейвлет-функция Хаара и её амплитудный спектр



б) вейвлет-функция MНat и её амплитудный спектр

Рисунок 2 – Вейвлет функции и их амплитудные спектры



а) участок сейсмического разреза б) участок сейсмического разреза после свёртки с вейвлетом Haar10 в) участок сейсмического разреза после свёртки с вейвлетом MHat2

Рисунок 3 – Участки временных разрезов после фильтрации на основе непрерывного вейвлет-преобразования

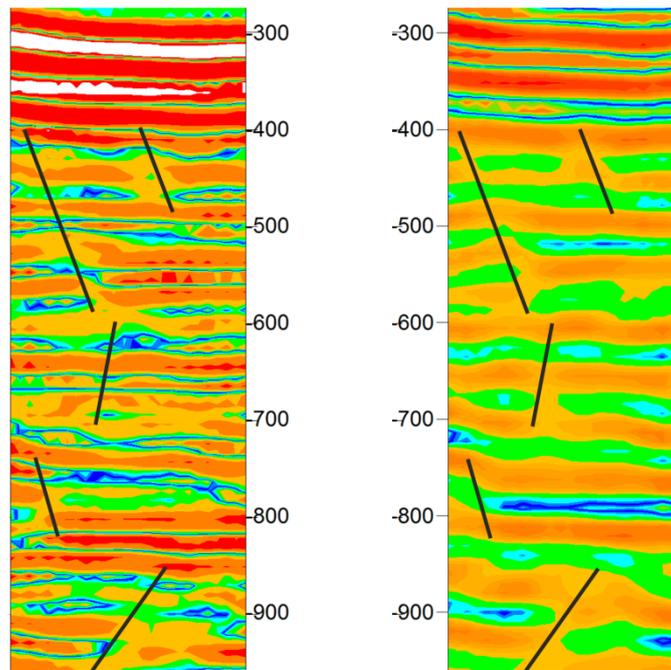
По результатам данного исследования, можно сделать следующие выводы:

– Непрерывное вейвлет-преобразование позволяет эффективно проанализировать данные и получить информацию о локализации частотных параметров сигнала во времени.

– Фильтрация на основе вейвлет-преобразования позволяет быстро и эффективно выделить интересующие особенности изображения, исключив возможность фазовых искажений.

– Затруднительным является прямое сопоставление результатов традиционной фильтрации на основе Фурье-преобразования и фильтрации на основе вейвлет-преобразования, так как вейвлеты не содержат информации о частоте в явном виде (только о масштабе).

– Значительной проблемой при необходимости сохранения абсолютных значений сигнала в выбранных диапазонах частот является сложность масштабирования вейвлет-функции (переход на другое значение масштаба).



а) участок сейсмического разреза после свёртки с вейвлетом Haar10

б) участок сейсмического разреза после свёртки с вейвлетом MHat2

Рисунок 4 – Выделение разломов по временным разрезам после фильтрации на основе непрерывного вейвлет-преобразования

Подводя итог, можно сказать, что спектральные преобразования при грамотном использовании и понимании природы и особенностей данных являются мощным исследовательским инструментом в различных отраслях знаний. Они позволяют сконцентрировать внимание специалиста на отдельных особенностях данных или же, наоборот, исключить их из рассмотрения.

Литература

1. Lewalle, J. Введение в анализ данных с применением непрерывного вейвлет-преобразования / J. Lewalle ; перевод В. Г. Грибунин, АВТЭКС, Санкт-Петербург.

2. Мандрикова, О. В. Критерии выбора базисной вейвлет-функции в задачах аппроксимации и выделения локальных особенностей сложных временных рядов / О. В. Мандрикова, Ю. А. Полозов. – М. : Новые технологии, 2012.

3. Чеверда, В. А. Отделение рассеяния/дифракции от регулярного отражения в сейсмических данных / В. А. Чеверда, С. В. Гольдин, В. И. Костин, Д. А. Неклюдов // Геология и геофизика. – Новосибирск. – 2003.

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ИНЖЕНЕРА НОВОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ**

Проблемы и противоречия в преподавании математики в современной школе

Гавриленко Л. М., Шишкина Е. П. (МБОУ г. Мурманска гимназия № 2, e-mail: gimn2_mat@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается ряд проблем, с которыми сталкивается школьный учитель математики.

Abstract. The article discusses a number of problems faced by a school teacher of mathematics.

Ключевые слова: процесс обучения, учебные программы, профильное обучение, уровень математической подготовки школьников, проблемы.

Key words: learning process, training programs, specialized education, the level of mathematical preparation of students, problems.

Проблема математической подготовки школьников, заметно ослабевшей в последние годы, сегодня остра как никогда. В Концепции современного математического образования в России говорится, что математическое образование «должно обеспечивать необходимое стране число выпускников, математическая подготовка которых достаточна для продолжения образования в различных направлениях и для практической деятельности. На сколько готовы выпускники школ к достижению целей, поставленных перед ними стандартами высшего математического образования? И с какими трудностями и проблемами приходится сталкиваться школьным учителям в преподавании математики?

Первая проблема – это недостаток времени, сокращение учебных часов, отведенных на изучение математики без изменения объема изучаемого материала. Основанием для этого послужила в свое время общая тенденция гуманитаризации образования. Безусловно, идея гуманитаризации актуальна для современного общества. Гуманитаризация предполагает усиление взаимосвязи естественно-математического образования с гуманитарным, т. е. более понятным, близким ребенку; усиление практического и прикладного аспектов в преподавании математики. К сожалению, в очередной период реформирования гуманитаризация трактовалась узко – как увеличение удельного веса в учебном плане гуманитарных дисциплин. И было время, когда на изучение математики отводилось 3 ч в неделю.

Сокращение учебных часов не повлияло на сокращение изучаемого материала, а наоборот, были введены элементы теории вероятностей и ста-

тики, на изучение которых отводилось время в объеме 45 ч в основной школе и 20–25 ч в старшей школе.

В связи с сокращением учебных часов при необходимости выдать полностью весь программный материал пришлось сократить время, отводимое на повторение. Как известно, успешное обучение невозможно без правильно организованного повторения ранее изученного, поскольку в математике каждый шаг вперед основывается на ранее полученных знаниях. Еще учитель-новатор Шаталов В. Ф., приняв 8 класс и обнаружив пробелы в знаниях учащихся, несколько месяцев повторял ранее изученный материал, пока не добился прочных знаний у учащихся. Это позволило ему в дальнейшем двигаться быстрыми темпами при высоком качестве. До 1955 года во всех программах по математике на повторение в начале учебного года отводилось 32 ч. Сейчас, чтобы успеть изучить весь материал приходится начинать изучать темы практически с 1 сентября, включая на уроках задания на повторения. А в конце учебного года учителя сталкиваются с проблемой ранних отъездов детей, особенно это касается 5-6 классов, в которых изучаются арифметические задачи и закладываются вычислительные навыки.

Вторая проблема – несоответствие учебных программ и действующих учебников. Работая в классах разной направленности, с различной математической подготовкой, учителю приходится использовать ни один, а несколько учебников и учебных пособий, чтобы не только выдать программный материал, но и успешно подготовить к экзаменам. Школы работают по разным УМК, возникает проблема у учащихся с переходом из одного учебного учреждения в другое. Ни один из существующих учебников не ориентирован на самостоятельное изучение ребенком пропущенных тем.

В рамках проводимых в российском образовании реформ было введено профильное обучение на старшей ступени школы. Общеобразовательные учреждения, исходя из своих возможностей и образовательных запросов обучающихся и их родителей, самостоятельно формируют профили обучения (определенный набор предметов, изучаемых на базовом и профильном уровнях).

Однако с введением ЕГЭ ситуация оказалось противоречивой. Ведь ЕГЭ – значит, единый экзамен для всех. Выпускники гуманитарных и математических классов сдавали экзамен по одним и тем же текстам. При этом сравнивались результаты экзаменов, не обращая внимания на направ-

ленность. Хотя, когда ЕГЭ проводили как эксперимент, у него было много плюсов. Разработчики КИМов ориентировались на программу 10–11 классов. Так первые тесты ЕГЭ содержали 30 заданий разного уровня сложности: уровень А – задания обязательного уровня по материалам курса АНА 10–11 классов с выбором ответа. Уровень В также по курсу АНА 10–11, а также различных разделов курса алгебры и геометрии основной и средней школы. Уровень С – 4 задания повышенного и высокого уровня сложности (3 алгебраических и 1 геометрическое). Причем задания были более интересны по методам решения. Часто содержали «изюминку». За выполнение работы выставлялись 2 оценки: аттестационная отметка за усвоение курса АНА 10–11 классов по 5-балльной шкале, тестовый балл по 100-балльной шкале. Невыполнение геометрических заданий не влияло на аттестационную отметку. После того, как убрали школьную отметку за экзамен, установили минимальный порог, одиннадцатиклассники, которым не требовались результаты ЕГЭ по математике при поступлении в ВУЗы и которые не планировали получать высшее матобразование, не растрачивали свои силы на решение всех заданий ЕГЭ, особенно части С. Их можно понять: ведь больше времени и сил можно теперь потратить на подготовку к ЕГЭ по другим предметам. А установление минимального порога в 20–27 баллов, дало старшекласснику уверенность в возможности сдать экзамен, не изучая математику в старшей школе.

За 10 лет существования ЕГЭ содержание и структура КИМов не менялась. Убрали часть А с выбором ответа, добавили содержание курса математики основной школы, увеличили количество более сложных задач, включили в содержание практико-ориентированные задания. При этом время выполнения работы сократили на 5 мин. Таким образом, увеличился объем учебного материала, необходимого повторить при подготовке к итоговой аттестации. Здесь необходимо учесть, что действующие учебники не содержат или содержат в недостаточном количестве подобных заданий. Можно только позавидовать учителям русского языка, ведь изучение программы по русскому языку заканчивается в 9 классе, а в 10–11 идет повторение.

Существующие задания ЕГЭ превратили процесс обучения в процесс натаскивания. Выпускники стремятся решать только те типы задач, которые представлены в демоверсии или в открытом банке задач. К сожалению, и обучение в старших классах все больше сводится к подготовке в ЕГЭ, а не к изучению математики, как науки [2, с. 11].

Существует противоречие между программой среднего образования и требованиями, предъявляемыми выпускнику, изучающему математику на базовом уровне. Например, в разделе «Алгебра» темы «Основное логарифмическое тождество», «Понятие об определенном интеграле как площади криволинейной трапеции», «Отношение объемов подобных тел» подлежат изучению, но не включены в требования к уровню подготовки выпускников. Однако в КИМах встречаются задания на применение по данным темам.

Несоответствие требований к уровню подготовки выпускников, обозначенных программой, требованиям проведения ЕГЭ. Так согласно требованиям к выпускнику в результате изучения математики ученик должен использовать приобретенные знания и навыки в практической деятельности и повседневной жизни для решения несложных практических расчетных задач, расчетов по формулам, в том числе с использованием при необходимости справочных материалов, калькулятора, компьютера. На экзамене, как мы знаем, запрещается использовать калькулятор и справочные материалы в 11 классе. Хотя отдельные задачи ЕГЭ отнимают много времени на экзамене в связи со сложными вычислениями. И старательные ученики, потратившие массу времени на выполнения заданий части В, порой не успевают решить более сложные задачи, а ведь их решение еще нужно оформить. Таким образом, редкий выпускник дойдет до заданий типа С5 и С6. Считаем, что включение этих заданий в ЕГЭ (единый экзамен!) нецелесообразно. Для того чтобы выявить математически одаренных учеников, способных решать подобные задачи, есть различные олимпиады, в том числе, проводимые ВУЗами страны. Есть хороший конкурс-тестирование «Кенгуру-выпускникам».

Пропагандируемый сегодня гуманистический подход в образовании, безусловно, требует, чтобы ЕГЭ был различим для тех, кто связывает свою будущую судьбу со специальностью, требующей серьезной математической подготовки, и для тех, кто избирает иной путь в жизни. И в этом году решили осуществить данный подход: выпускники школ будут сдавать ЕГЭ, выбирая уровень: базовый или профильный. Содержание КИМов базового уровня на 80 % соответствуют материалам курса математики основной школы. Это еще больше усилило существующие противоречия между обучением математики в старших классах и содержанием ЕГЭ. Если вернуться к программе базового уровня, на изучение материала курса АНА и геометрии

выделено 280 ч, содержание которого войдет в проверяемые знания, умения и навыки на 10–20 %. Позиция авторов ЕГЭ ясна: нужны «утешительные» задачи, благодаря которым любой выпускник может получить минимальное количество баллов за ЕГЭ, подтверждающее «освоение основных общеобразовательных программ среднего (полного) общего образования». При этом у учащихся появляется сознание того, что учить математику в 10–11 классах необязательно. Это расхолаживает сегодняшних учащихся и несколько не повышает их ответственность за результаты своей учебной деятельности [2, с. 12].

Учителя – подневольные люди. Кроме прохождения программы, мы должны еще угнаться за модой – самим научиться и хотя бы кого-то из учащихся научить решать новомодные задачи, которые появляются в экзаменационных материалах [1, с. 12]. Так в этом году в профильном экзамене появилась сложная текстовая задача на проценты, можно сказать, экономическая задача. Впервые учащиеся знакомятся с процентами в 5 классе (по планированию 5 уроков). Далее в 6 классе в теме «Пропорция» и «Нахождение процента от величины, величины по ее проценту» (задач порядка 10–15). И в 9 класса вводится понятие сложных процентов на примере 4–5 задач в теме «Геометрическая прогрессия». Таким образом, возникает необходимость выделить время на повторение несложных процентных расчетов и ознакомить учащихся с решением экономических задач. Но учителя за долгое время проведения экспериментов в школе научились приспособливаться и используют дополнительные часы, элективы, факультативные занятия.

И еще несколько слов о содержании. Стремление показать учащимся, где на практике они будут использовать знания по математике, привело к появлению в ЕГЭ практико-ориентированных задач. В том числе, задач по теории вероятностей. Так ли она необходима, что ради нее пришлось даже удалить тригонометрию из курса алгебры 9 класса, усложнив тем самым ее дальнейшее изучение? Между тем количество специалистов в различных областях науки и техники, которым необходимо знание теории вероятностей, едва ли составляет 1 %. А в итоге школьники могут решать только простейшие стандартные задачи. Более сложные задания вызывают затруднения даже у учителей. Кроме того, у нынешних школьников очень слабые знания по геометрии. Для изучения такого серьезного предмета двух часов в неделю недостаточно [3, с. 8–9].

После объединения двух школьных дисциплин: алгебры и геометрии в один школьный предмет – математику в школьном образовании произошло снижение роли геометрии и как следствие качество геометрического образования школьников. Наличие устного экзамена по геометрии в прошлом заставляло учить школьников не только теоретические факты: определения, теоремы, но и доказывать и выводить утверждения. В настоящее время из-за нехватки времени и стремления больше решать тренировочные задания ЕГЭ и ОГЭ, большинство учителей не тратят время на вывод формул и доказательство теорем. Это привело к тому, что в основной школе появились значительные пробелы в знаниях школьников. Что говорить об 11-классниках, которые просто не любят геометрию, так как не знают и не понимают многих геометрических фактов. Объединение алгебры и геометрии в один предмет предполагало построение курса математики в форме последовательности тематических блоков с чередованием материала по алгебре, анализу, геометрии. На наш взгляд, лучше вернуться к старой системе преподавания: 3 ч алгебры в неделю, 2 ч геометрии. И выделять время на уроках для доказательства теорем и решения задач на доказательства. Являясь экспертами региональной комиссии по проверке ОГЭ и ЕГЭ, можем сказать, что задачи на доказательство школьники решают хуже, чем задачи на вычисления.

Но, не смотря на существующие проблемы и противоречия в школьном математическом образовании, мы стараемся научить математике, обучать математикой и воспитывать математикой.

Литература

1. Карпова, Г. Почему я не учу математике / Г. Карпова // Математика. – 2010. – № 17. – С. 11–12.
2. Чернова, А. О ЕГЭ и не только / А. Чернова // Математика. – 2010. – № 23. – С. 11–12.
3. Акимова, З. В. На ЕГЭ как на эшафот: почему выпускников так пугает экзамен по математике / З. В. Акимова // Математика в школе. – 2014. – № 5. – С. 7–10.

Формирование навыков самостоятельной деятельности учащихся профильных классов при обучении математике

Микова О. В. (г. Мурманск, МБОУ г. Мурманска гимназия № 2, e-mail: ol.mikova@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые способы формирования навыков самостоятельной деятельности при работе с планиметрическими и стереометрическими задачами на уроках математики. Предлагается подборка материалов по обучению решению многшаговых задач с неоднозначным ответом на взаимное расположение геометрических фигур.

Abstract. In article discusses some of the ways formation skills independent activity when working with geometry tasks on lessons Mathematics. A selection of training materials on learning decision tasks with an ambiguous answer to the arrangement of the geometric shapes.

Ключевые слова: формирование, навыки, самостоятельная деятельность, задача, геометрия.

Key words: formation, skills, independent activity, task, geometry.

Для успешного продолжения образования, развития, получения востребованных специальностей современным школьникам необходимо овладеть навыками самостоятельной деятельности, которая является основой вузовского образования, так как она формирует готовность к самообразованию, к возможности образования в течение всей жизни, повышению квалификации, получению образования по другому профилю, дополнительной профессии.

Проблемам самостоятельной деятельности учащихся во время обучения уделяли много внимания, как российские, так и зарубежные педагоги, методисты, психологи, физиологи, начиная со времен становления педагогики как науки. Выдающийся отечественный психолог Лев Семенович Выготский (1896–1934) утверждал, что знания усваиваются только в ходе собственной работы обучаемого с этими знаниями [1]. Поэтому успех учебной деятельности во многом зависит от самостоятельной работы учащегося.

Формирование навыков самостоятельной учебной деятельности необходимо начинать в школе как можно раньше, так как многие учащиеся испытывают значительные затруднения при изучении математики и, следовательно, учатся ниже своих возможностей и способностей, именно из-за

отсутствия таких навыков (не умеют, не приучены, не хотят, не знают способов самостоятельного приобретения необходимых знаний и умений).

Роль учителя математики состоит в том, чтобы максимально используя особенности предмета, так организовать учебно-познавательную деятельность ребенка, рационально распланировать и направлять его самостоятельную работу, чтобы обеспечить формирование необходимых математических знаний, умений и навыков.

Одним из способов формирования навыков самостоятельной деятельности учащихся является специально организованная работа с математическими задачами.

При решении многошаговых геометрических задач можно показать учащимся цепочку умозаключений приводящих к решению сложной задачи при помощи нескольких более простых задач, каждая из которых включает в себя элементы предыдущих. Это так называемые задачи-матрешки [2]. Задачи-матрешки состоят из комплекса взаимосвязанных задач. «Много задач вместе иногда решить легче, чем всего одну из них, если это большое число задач хорошо согласовано, а одна задача сама по себе изолирована» [3, с. 69].

Первые задачи – одношаговые, в которых нужно непосредственно применить теорему или формулу. Они лежат в основе более сложных задач, в которых требуются дополнительные построения или составление несложных уравнений с искомыми величинами. Далее идут задачи повышенной сложности, решение которых включает в себя рассмотрение разных случаев, дополнительные построения, составление и решение уравнений с неизвестными величинами.

Пример 1.

Задача № 1. В параллелограмме $ABCD$ известны стороны $AB = a$, $BC = b$, $\angle BAD = \alpha$. Найдите диагональ BD .

Задача № 2. Дан параллелограмм $ABCD$, где O_1 и O – центры окружностей, описанных около треугольников BCD и DAB . Докажите, что отрезок OO_1 перпендикулярен диагонали BD .

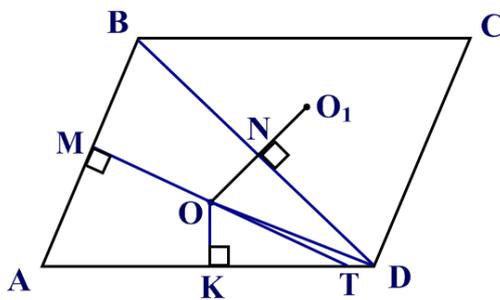
Задача № 3. Дан параллелограмм $ABCD$. O_1 и O – центры окружностей, описанных около треугольников BCD и DAB . Докажите равенство треугольников BOD и BO_1D .

Задача № 4. Дан параллелограмм $ABCD$. O и O_1 – центры окружностей, описанных около треугольников BCD и DAB . Докажите, что $ON = NO_1$ и $NB = ND$, где N – точка пересечения BD и OO_1 .

Задача № 5. В параллелограмме $ABCD$ известны стороны $AB = a$, $BC = b$, $\angle BAD = \alpha$. O – центр окружности, описанной около треугольника DAB . Через точку O к стороне AB проведен перпендикуляр, который пересекает сторону AD в точке T . Найдите длину отрезков AT и MT .

Задача № 6. В параллелограмме $ABCD$ известны стороны $AB = a$, $BC = b$, $\angle BAD = \alpha$. O – центр окружности, описанной около треугольника DAB . Найдите длину отрезков OD и OK , где $OK \perp AD$.

Задача № 7. В параллелограмме $ABCD$ известны стороны $AB = a$, $BC = b$, $\angle BAD = \alpha$. Найдите расстояние между центрами окружностей, описанных около треугольников BDC и DAB [4, с. 60].



Решение: $BD = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$

$$BN = \frac{1}{2}BD = \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}}{2}$$

$$ON = O_1N; \quad MT = \frac{a \operatorname{tg} \alpha}{2};$$

$$AT = \frac{a}{2 \cos \alpha}; \quad OK = \frac{a - b \cos \alpha}{2 \sin \alpha};$$

$$OD^2 = \frac{a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2}{4 \sin \alpha \sin \alpha}$$

Треугольник OND – прямоугольный, $ON^2 = OD^2 - ND^2$

$$\begin{aligned} ON^2 &= \frac{a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2}{4 \sin \alpha \sin \alpha} - \frac{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}{4} = \\ &= \frac{(a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2)(1 - \sin \alpha \sin \alpha)}{4 \sin \alpha \sin \alpha} = \\ &= \frac{(a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2)(\cos \alpha \cos \alpha)}{4 \sin \alpha \sin \alpha} = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{4} (a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2) \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\begin{aligned} OO_1 = 2ON &= 2 \frac{1}{2} \sqrt{a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2} \cdot \sqrt{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \alpha} = \\ &= \sqrt{a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2} \cdot |\operatorname{ctg} \alpha| \end{aligned}$$

Ответ: $\sqrt{a^2 - 2ab \cos \alpha + b^2} \cdot |\operatorname{ctg} \alpha|$.

Многие учащиеся выпускных классов не могут сразу увидеть ход решения планиметрической многошаговой задачи, выделить внутреннюю связь ее условий и частные особенности. Поэтому целесообразно разделить такую задачу на небольшие части, каждая из которых представляет собой

один шаг, небольшую часть решения. Подготовительные задачи позволяют повторить теоретический материал, необходимый для решения сложной задачи, показать метод решения, они служат руководством к действию, когда ребенок не знает, в каком направлении начинать работу над основной задачей. Далее гораздо проще решить сложную задачу, так как ее решение состоит из решения более простых. «В наибольшей степени формированию гибких умений способствует решение сравнительно сложных задач. Их решение, в конечном счете, сводится к решению элементарных задач.

Узловым моментом в процессе сведения сложной задачи к элементарным является выделение «ключевой» подзадачи. Формированию умения выделять нужную подзадачу способствует как самостоятельное составление задачи учащимися, так и обсуждение уже найденного ими решения (при этом внимание акцентируется на основных трудностях и методах их преодоления в ходе поиска решения данной задачи)» [5, с. 40].

Пример 2. Подготовительные задачи № 1–4.

Задача № 1. Дан равнобедренный треугольник с основанием 8 и высотой, проведенной к основанию, равной 3. Найдите радиус вписанной окружности.

Задача № 2. Дан равнобедренный треугольник ABC . $AC = 32$, $AB = 20$. Найдите длину отрезка OA , где O – центр вписанной окружности.

Из прямоугольного треугольника AON по теореме Пифагора

Задача № 3. К окружности с центром в точке O из точки P проведены две касательные, где K и E – точки касания. PT – биссектриса угла, смежного с $\angle KPE$. Найдите величину угла OPT .

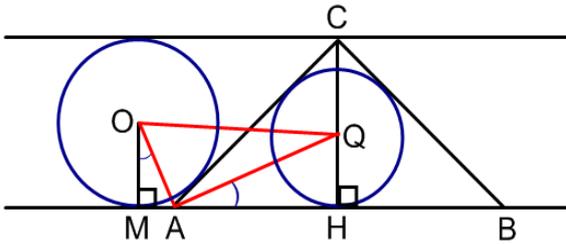
Задача № 4. $AC = 8$, $CB = 4$, $DE = 6$. Найдите длину CE .

Задача № 5. Расстояние между параллельными прямыми равно 6. На одной из них лежит вершина C , на другой – основание AB равнобедренного треугольника ABC . Известно, что $AB = 16$. Найдите расстояние между центрами окружностей, одна из которых вписана в треугольник ABC , а вторая касается данных параллельных прямых и боковой стороны треугольника ABC (МИОО, математика, контрольная работа, 11 класс, 24 декабря 2011, вариант 3).

Решение: Пусть CH – высота треугольника, r – радиус окружности, вписанной в треугольник ABC , Q – центр этой окружности. $AH = 8$, то $AC = 10$. Следовательно, полупериметр треугольника ABC равен $p = 18$, а его площадь $S = 48$. Поэтому $r = \frac{S}{p} = \frac{8}{3}$. Из прямоугольного треугольника AHQ по теореме Пифагора $AQ = \frac{8}{3}\sqrt{10}$.

I случай.

Пусть окружность с центром O касается данных параллельных



прямых и боковой стороны AC равнобедренного треугольника ABC , причем прямой AB – в точке M , и не имеет общих точек с боковой стороной BC . Радиус этой окружности равен 3.

Центр окружности, вписанной в угол, лежит на его биссектрисе, поэтому AO – биссектриса угла MAC . Тогда

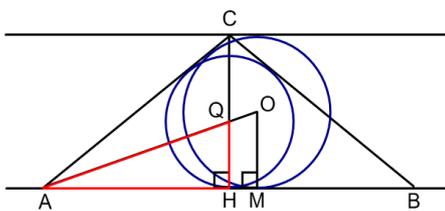
$$\angle OAQ = \frac{1}{2} \angle MAC + \frac{1}{2} \angle CAH = 90^\circ.$$

$\angle MOA = \angle QAH$, как углы с взаимно перпендикулярными сторонами. Следовательно, прямоугольные треугольники MAO и AHQ подобны (по двум углам). Тогда $\frac{OA}{AQ} = \frac{OM}{AH}$, откуда $\frac{OA}{\frac{8}{3}\sqrt{10}} = \frac{3}{8}$. Следовательно, $OA = \sqrt{10}$.

Из прямоугольного треугольника OAQ находим, что $OQ = \sqrt{AQ^2 + OA^2} = \sqrt{\frac{640}{9} + 10} = \frac{\sqrt{730}}{3}$.

II случай.

Пусть окружность с центром O касается параллельных прямых и боковой стороны AC равнобедренного треугольника ABC , причем прямой AB – в точке M , и пересекает боковую сторону BC .



Тогда точки O и Q лежат на биссектрисе угла BAC . Треугольник AOM подобен треугольнику AQH с коэффициентом $\frac{OM}{QH} = 3 : \frac{8}{3} = \frac{9}{3}$, поэтому

$$OA = \frac{9}{8} AQ = \frac{9}{8} \cdot \frac{8}{3} \sqrt{10} = 3\sqrt{10}.$$

Следовательно, $OQ = AO - AQ = 3\sqrt{10} - \frac{8}{3}\sqrt{10} = \frac{\sqrt{10}}{3}$.

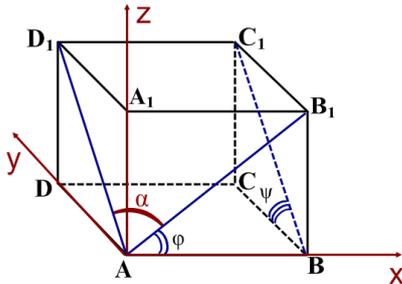
Ответ: $\frac{\sqrt{730}}{3}$ или $\frac{\sqrt{10}}{3}$.

Каждый учитель, работающий в выпускных классах, сталкивается с проблемой повышения эффективности подготовки учащихся к ЕГЭ. При этом ему приходится ориентироваться на разный уровень знаний и умений

учащихся и часто возникает необходимость организовать самостоятельную работу некоторых учащихся без обращения к помощи учителя в течение какого-то промежутка времени или в отсутствии учителя.

Одним из возможных способов организации такой деятельности является использование обучающих заданий для индивидуальной работы учащихся.

Пример 3.



Непересекающиеся диагонали двух смежных боковых граней прямоугольного параллелепипеда образуют с плоскостью его основания углы φ и ψ . Найти угол между этими диагоналями.

Объясните, почему угол между прямыми AB_1 и BC_1 равен углу между прямыми AB_1 и AD_1 .

Пусть длина ребра AA_1 равна 1. Из треугольника ABB_1 найдите длину отрезков AB и AB_1 .

Из треугольника ADD_1 найдите длину отрезков AD и AD_1 .

Определите координаты точек A, B_1, D_1 .

Найдите координаты векторов $\overrightarrow{AB_1}$ и $\overrightarrow{AD_1}$.

Найдите косинус угла между прямыми AB_1 и AD_1 .

Найдите угол между прямыми AB_1 и AD_1 .

Концепция модернизации современного российского образования определяет цели образования на современном этапе. Особо подчеркивается необходимость ориентации образования не только на усвоение обучающимися некоторого объема теоретических знаний, но и на умение применять данные знания на практике, развитие его познавательных и созидательных способностей, готовность к дальнейшему продолжению образования, к самообразованию. Общеобразовательная школа должна формировать целостную систему универсальных знаний, умений, навыков и способов деятельности, которая в дальнейшем будет способствовать успешной «социализации в обществе и активной адаптации на рынке труда». Достигнуть выполнения данных целей невозможно без формирования навыков самостоятельной деятельности учащихся, поэтому в общеобразовательной школе «обучающиеся должны научиться самостоятельно ставить цели и определять пути их достижения,

использовать приобретенный опыт деятельности в реальной жизни, за рамками учебного процесса» [6, с. 12]. В этом случае обучающиеся не только смогут достичь уровня функциональной грамотности, в том числе и в математическом направлении, но и будут иметь возможность осознанно выбрать направление дальнейшего профессионального образования и быть успешными в профессиональной деятельности, а также при необходимости получить дополнительную профессию.

Литература

1. Выготский, Л. С. Психология развития человека / Л. С. Выготский. – М. : Смысл : Эксмо, 2003. – 1136 с. – (Библиотека всемирной психологии).
2. Кушнир, И. А. Задачи-матрешки / И. А. Кушнир // Квант. – 1984. – № 3. – С. 33.
3. Пойа, Д. Математика и правдоподобные рассуждения / Д. Пойа. – М. : Наука, 1975.
4. Самое полное издание типовых вариантов заданий ЕГЭ: 2012: Математика / авт.-сост. И. Р. Высотский, Д. Д. Гушин, П. И. Захаров и др. ; под ред. А. Л. Семенова, И. В. Яценко. – М. : АСТ : Астрель, 2011.
5. Тимощук, М. Е. О формировании навыков и умений учащихся при решении задач первых разделов стереометрии / М. Е. Тимощук // Математика в школе. – 1983. – № 6. – С. 39–41.
6. Сборник нормативных документов. Математика / сост. Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев. – 2-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2008. – 128 с.

Применение нечеткой логики в компьютерном моделировании

Луковкин С. Б. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: kendato@rambler.ru)

Abstract. In modern technical systems the elements of management working on the basis of laws of the fuzzy logic are often used. Therefore students of technical specialities should know the basic results from area of fuzzy sets and the fuzzy logic. Here the problems connected with practice of teaching of the fuzzy logic for students of technical specialities are discussed.

Становление теории нечетких множеств (fuzzy sets) и нечеткой логики (fuzzy logic) началось в середине 60-х годов XX века. Оно связано с выходом в свет статей по нечеткой логике Лотфи Заде [1]. Дальнейшие работы Лотфи Заде и его последователей заложили основу новой теории и создали предпосылки для внедрения методов нечеткого управления в инженерную практику. Особенно успешно внедрение идей нечеткой логики в практику производства было реализовано в Японии. Началом практического применения теории нечетких множеств можно считать 1975 г., когда Мамдани и Ассилиан построили первый нечеткий контроллер для управления простым паровым двигателем. В 1982 Холмблад и Остергад разработали первый промышленный нечеткий контроллер, который был внедрен в управление процессом обжига цемента на заводе в Дании. В 1987 г. на Второй международной конференции был продемонстрирован фаззи-контроллер. Этот контроллер использовался для управления скоростью движения электропоезда. Идеи нечеткой логики нашли свое применение и при построении экспертных систем.

Первые успехи применения устройств, основанных на нечетких лингвистических правилах «Если – то», вызвали рост интереса к теории нечетких множеств среди математиков и инженеров. Бартоломеем Коско была доказана теорема о нечеткой аппроксимации (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике. Это означает, что с помощью естественно-языковых высказываний-правил «Если – то», с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств, можно сколько угодно точно отразить произвольную взаимосвязь «входы-выход» без использования аппарата дифференциального и инте-

грального исчислений, традиционно применяемого в управлении и задачах идентификации.

С уверенностью можно утверждать, что изложение идей нечеткой логики и их практического применения является актуальной задачей в процессе обучения студентов различных технических специальностей. Однако, в настоящее время найти какие-либо сведения по этой теме в современных учебниках для студентов ВУЗов невозможно. Отсутствуют как лекционные курсы по данной области знаний, так и практические упражнения или сборники задач. Следует отметить, что в Интернете можно найти отдельные публикации по теории нечетких множеств, есть русский перевод книг Л. Заде, есть информация о конференциях по нечеткой логике, которые проводятся как в России, так и зарубежом. Но весь этот контент не рассчитан на его применение в учебном процессе и не устраняет методических проблем, возникающих при построении лекционного курса и практических занятий при изучении основ нечеткой логики. Обсудим некоторые из этих проблем.

При изучении основ нечеткой логики студенты осваивают ряд новых понятий. Основными среди них являются понятие нечеткого множества и функции принадлежности, вводятся понятия нечеткой переменной и лингвистической переменной, нечеткой импликации, переход от классической двузначной логики к многозначной нечеткой логике.

Понятие нечеткого множества вводится как развитие классического определения Кантора. Поэтому важно, чтобы студенты владели понятиями классической теории множеств, знали все основные алгебраические и логические операции над множествами и умели определять «четкие» множества с помощью характеристической функции. Важным моментом является понятие универсального множества. Используя понятие характеристической функции можно «плавно» перейти к понятию нечеткого множества, в основе которого лежит понятие функции принадлежности.

Однако, далеко не все студенты в достаточной мере изучали классическую теорию множеств в рамках школьной программы, а некоторые и вовсе не знакомы с ней. Поэтому следует начинать изложение теории нечетких множеств с краткого повторения основ теории Кантора. По моему глубокому убеждению, изучение курса математики студентами МГТУ должно начинаться с изложения основ классической теории множеств, математической логики и хотя бы с краткого изложения понятия действительного числа, а не с изучения алгебры матриц, как это принято сейчас.

Характеристическая функция $h(x)$ «четкого» множества A принимает значение 1 на тех элементах x универсального множества U , которые принадлежат множеству A , и равна 0 для тех x , которые не принадлежат U , т. е. множество значений $h(x)$ – это $\{0; 1\}$.

Нечеткое множество A определяется с помощью **функции принадлежности** $m(x)$, которая принимает значения из некоторого упорядоченного множества, обычно это отрезок $[0; 1]$, т. е. для любого x из универсального множества U определена функция $m(x)$, которая задает степень принадлежности элемента x множеству A : $0 \leq m(x) \leq 1$. Дискретные нечеткие множества задаются перечислением упорядоченных пар $\{m(x) / x\}$. Переход от классического множества к нечеткому множеству можно сравнить с переходом от целых чисел к дробным: степень принадлежности элемента x к нечеткому множеству A можно определить любым числом из отрезка $[0; 1]$. Здесь полезно вспомнить классические парадоксы «Куча» и «Лысый». Функция принадлежности произвольно задается тем, кто определяет нечеткое множество. В математическом пакете MatLab [3] есть большой набор функций принадлежности: треугольные, трапецеидальные, гауссовы, сигмоидные и т. п. На практике следует построить графики этих функций. Есть возможность задания собственных (пользовательских) функций принадлежности.

Для нечетких множеств определены логические и алгебраические операции, аналогичные операциям для классических «четких» множеств. Это операции включения, равенства, дополнения, объединения, пересечения, разности, суммы и произведения множеств. Многие свойства «четких» множеств переносятся на нечеткие множества. При этом есть существенные отличия: пересечение A и его дополнения не есть пустое множество; объединение A и его дополнения не совпадает с универсальным множеством. Для алгебраических операций не выполняются законы идемпотентности и дистрибутивности. Специфические свойства нечетких множеств можно изображать графическим способом.

Следующие важные понятия – **нечеткая переменная, лингвистическая переменная, нечеткая логика**. Логика – наука о формах и законах правильного мышления, или наука о способах доказательств и опровержений. Основателем логики считается Аристотель, живший в IV веке до н. э. Он впервые создал учение о логической дедукции, основанное на рассуж-

дении в форме силлогизмов. Полученные Аристотелем результаты просуществовали практически в неизменном виде на протяжении почти двадцати столетий. Логическую теорию Аристотеля иногда называют формальной логикой. Идеи «математизации» логики были выдвинуты еще в XVII веке Лейбницем и нашли свое развитие и воплощение в работах Д. Буля во второй половине XIX века. Высказывания в математической логике Буля по-прежнему принимают только два значения: истина и ложь; выполняется закон исключенного третьего (*Tercium non datum*). Но уже в 1920 впервые в истории появилась многозначная (трехзначная) логика, разработанная Яном Лукасевичем. В трехзначной логике истинность высказывания может принимать три значения: истина (*T*), ложь (*F*) и неопределенно (*U*).

Нечеткая переменная – это тройка $\langle s, X, A \rangle$, где *s* – имя нечеткой переменной, *X* – универсальное множество (область определения *s*), *A* – нечеткое множество с функцией принадлежности *m(x)*. *A* задает ограничения для *s*. Понятие нечеткой переменной лучше разбирать на примере нечетких чисел, которые являются частным случаем нечеткой переменной. Определим «нечеткую пятерку» как нечеткое множество с функцией принадлежности $m(s) = 1/(1 + (s - 5)^2)$. Ясно, что функция принадлежности может быть и другой. Нечеткие числа можно складывать, умножать. Более сложным является понятие лингвистической переменной. Неформальное определение лингвистической переменной: это переменная, которая может принимать значения фраз естественного языка. Например, л.п. «температура воздуха» может принимать значения «холодная», «прохладная», «жаркая» и т. п. Сами фразы – имена нечетких переменных, которые описываются нечеткими множествами. После разбора нескольких примеров можно переходить к формальному определению лингвистической переменной.

Лингвистической переменной, см. [2, 4] называется пятерка $\{x, T(x), X, G, M\}$, где *x* – имя переменной; *T(x)* – множество имен лингвистических значений переменной *x*, каждое из которых является нечетким множеством на множестве *X*; *G* есть синтаксическое правило для образования имен значений *x*; *M* есть семантическое правило, позволяющее превратить каждое новое значение л.п. *x* в нечеткую переменную (сформировать соответствующее нечеткое множество). Пример лингвистической переменной: *x* – «возраст человека»; *T(x)* – значения «молодой», «зрелый», «старый»; *X* – целые числа от 1 до 110 лет; *G* – «очень», «не очень»; *M* – математическое

правило, определяющее вид функции принадлежности для каждого значения из множества T . Теперь будет понятно определение нечеткой логики. Нечеткая логика это обобщение традиционной аристотелевой логики на случай, когда истинность рассматривается как лингвистическая переменная, принимающая значения типа: «очень истинно», «более-менее истинно», «не очень ложно» и т. п. Указанные лингвистические значения представляются нечеткими множествами.

Для успешного освоения практических навыков использования идей нечеткой логики при решении задач управления и создания экспертных систем следует разобрать и освоить типовые задачи, которые решаются средствами пакета MatLab [5]. Например, алгоритм нечеткого вывода лучше всего осваивать именно на практических задачах, и только после этого рассматривать его формальное описание. Среди таких задач можно рекомендовать задачу нечеткой аппроксимации и задачу построения простой экспертной системы. На практике удобнее всего познакомить студентов с алгоритмами Мамдани и Сугэно, а затем на лекции разобрать их формальное описание. Со студентами автоматчиками следует рассмотреть модельную задачу построения нечеткого регулятора и сравнить с системой, использующей традиционный метод управления для решения задачи максимального быстродействия при наличии ограничений на управляющий сигнал.

Литература

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 162 с.
2. Круглов, В. В. Интеллектуальные информационные системы / В. В. Круглов, М. И. Дли. – М. : Физматлит, 2002. – 256 с.
3. Дьяконов, В. Математические пакеты расширения MATLAB / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с.
4. Штовба, С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Сообщество пользователей Matlab и Simulink / С. Д. Штовба. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>, свободный. – Заглавие с экрана.
5. Луковкин С. Б. Элементы нечеткой логики в компьютерном моделировании : методические указания по дисциплине «Компьютерное моде-

лирование» для студентов технических специальностей очной формы обучения. – Мурманск : МГТУ, 2010.

Матричный метод решения систем линейных алгебраических уравнений в инженерных задачах

Никонов О. А.¹, Воробейчикова Е. С.²

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail: oleg.nikonov@rambler.ru)

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: elenavorobeichikova@mail.ru)

В жизни современного общества инженерная деятельность играет возрастающую роль. Современное общество осознает необходимость глубоких преобразований во всех сферах экономики и общественной жизни России, техническом оснащении производства, внедрении новых прогрессивных технологий, достижении высшего уровня производительности труда, увеличении выпуска высокоэффективного оборудования, обуславливает необходимость подготовки специалистов, способных эффективно решать эти задачи.

К компонентам, составляющим деятельность инженера можно отнести:

- фактические знания (естественные и технические науки, инженерная технология, науки об обществе и человеке);
- квалификацию (измерение, моделирование, математические знания, способы отображения, постановка экспертизы);
- собственную точку зрения (объективность, творческая неудовлетворенность, чувство долга и ответственности).

Перечисленные выше компоненты, очевидно, не могут быть реализованы только в рамках высшего образования. Однако, в рамках компетенций ФГОС третьего поколения, становится возможным и необходимым внедрение таких педагогических технологий, которые могут реализовать комплекс педагогических условий, обеспечивающих эффективное формирование личностных качеств будущих инженеров: обучение в рамках лично-ориентированной среды; усиление межпредметных связей в плане прикладной направленности процесса преподавания математики; включение студентов в исследовательскую деятельность, направленную на овладение выпускниками умениями самостоятельно ставить и решать профессионально-творческие задачи.

Реализация комплекса таких мер становится возможной на базе преподавания математических дисциплин, поскольку качество математической

$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$ – вектор-столбец из неизвестных x_j

$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$ – вектор-столбец из свободных членов b_i

Произведение матриц $A \cdot X$ определено, так как матрице A столбцов столько же, сколько строк в матрице X .

Умножив обе части уравнения $A \cdot X = B$ слева на матрицу A^{-1} , получим

$$X = A^{-1} \cdot B.$$

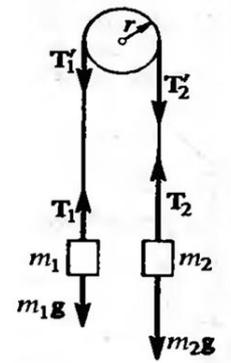
Задача 1. Через блок в виде диска, имеющего массу $m = 80$ г, перекинута тонкая гибкая нить, к концам которой подвешены грузы массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г. С каким ускорением будут двигаться грузы и каковы силы натяжения нити, если их предоставить самим себе?

Решение. Применим к решению задачи основные законы поступательного и вращательного движения. На каждый из движущихся грузов действуют две силы: сила тяжести $m\mathbf{g}$, направленная вниз, и сила \mathbf{T} натяжения нити, направленная вверх. Так как вектор ускорения \mathbf{a} груза m_1 направлен вверх, то $T_1 > m_1g$. Равнодействующая этих сил вызывает равноускоренное движение и по второму закону Ньютона

$$T_1 = m_1g + m_1 a.$$

Вектор ускорения \mathbf{a} груза m_2 направлен вниз, следовательно, $T_2 < m_2g$.

$$T_2 = m_2g - m_2 a$$



Литература

1. Арюкова, О. А. Использование математического аппарата в обучении физике студентов высших технических школ / О. А. Арюкова. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – С. 556–557.

2. Баракин, В. В. Метод размерностей и экстремальные задачи по физике / В. В. Баракин, А. Н. Веселков // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – № 2.

3. Кинелев, В. Г. Фундаментализация университетского образования / В. Г. Кинелев // Высшее образование в России. – 1994. – № 3.

4. Носков, М. В. Качество математического образования инженера: традиции и инновации / М. В. Носков, В. А. Шерстнева // Высшее образование в России. – 1999. – № 2.

5. Осташков, В. Н. Роль исследовательских задач в обучении математике будущих инженеров / В. Н. Осташков // Ярославский педагогический вестник. – 2011. – № 1.

О реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики в технических ВУЗах

Ромахова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: olgaromahova@gmail.com)

Аннотация. В статье рассмотрены способы реализации принципа профессиональной направленности при изложении курса математики в технических ВУЗах, проанализирован опыт налаживания межпредметных связей при подготовке будущих инженеров.

Abstract. The article describes some techniques implementing the principle of professional orientation of teaching mathematics in the technical universities, analyzes the experience of establishing interdisciplinary connections in the training of future engineers.

Ключевые слова: принцип профессиональной направленности, межпредметные связи, преподавание математики.

Key words: the principle of professional orientation, the teaching of mathematics, interdisciplinary communication.

Одной из задач, стоящих перед российским высшим образованием, является задача обеспечения подготовки высококвалифицированного инженера, готового решать разнотипные задачи (исследование, моделирование, проектирование и др.). Это значит, что инженер должен владеть определенной широтой знаний, как в своей предметной области, так и в смежных областях, иметь хорошую математическую подготовку, использовать ее при решении профессиональных задач

Внедряемые в настоящее время ФГОС предусматривают освоение студентами комплексных общекультурных и профессиональных компетенций на основе межпредметных связей. Поэтому преподаватель при чтении своего курса должен опираться на материал ранее пройденных дисциплин, что позволяет, с одной стороны, обеспечить лучшее закрепление этого материала, а с другой – дает возможность студенту лучше понимать и усваивать содержание текущего курса.

Необходимым условием для установления межпредметных связей является реализация принципа профессиональной направленности при изложении общенаучных дисциплин. Применительно к курсу математики можно говорить о прикладном подходе к изложению курса.

В рамках реализации прикладного подхода при изложении курса математики преподавателями кафедры Высшей математики и программного обеспечения ЭВМ проводится работа по составлению банка прикладных

задач и его внедрению [1]. Так, для специальности «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» чтение темы «Матричное исчисление и решение систем линейных уравнений» заканчивается прикладным занятием «Составление и решение системы линейных уравнений для нахождения токов в ветвях электрической цепи с использованием законов Кирхгофа»; тема «Комплексные числа» – прикладным занятием «Изображение синусоидальных функций комплексными числами. Обоснование символического метода расчета параметров электрической цепи переменного тока»; раздел «Операционное исчисление» – решением операционным методом дифференциального уравнения, составленного для конкретной схемы замещения. Для специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» большое внимание уделяется составлению дифференциальных уравнений, описывающих законы движения материальных точек под действием указанных сил и др.

Опыт подготовки и проведения таких занятий позволяет сделать следующие выводы:

1. Использование прикладных задач при изложении курса математики, несомненно, мотивирует курсантов и студентов к более осмысленному его изучению. Решая на математике задачи, которые впоследствии будут ставиться на специальных дисциплинах, студент точно знает, что этот раздел математики необходим ему для успешного дальнейшего обучения.

2. Подготовка к такого рода занятиям требует колоссальной работы преподавателя математики, связанной с изучением материала другой дисциплины. При этом преподаватель математики вынужден заниматься объяснением материала, знания которого не проверено никакими экзаменаторами. А должен ли он в условиях ограниченного времени дублировать преподавателей специальных дисциплин?

Возникающее противоречие между безусловной пользой от использования прикладных задач для мотивации обучения математике и сомнительной целесообразностью изучения преподавателем материала других дисциплин в разных ВУЗах решают по-разному. Например, в Томском университете систем управления и радиоэлектроники проводится эксперимент: курс высшей математики направлению «Электроника и наноэлектроника» читается преподавателями кафедры промышленной электроники [2]. Но такой выход имеет очевидный минус: преподаватели специальной кафедры, имея техническое образование, не смогут изложить курс математики

достаточно емко и логически стройно с точки зрения математической науки; произойдет утрата общекультурной ценности математического образования.

Неплохое решение предложено Груздевой М. Л. в работе [3]: автором разработан комплекс виртуальных демонстраций и лабораторных работ, реализующих межпредметные связи курсов высшая математика и физика (в части разделов «Механика» и «Колебания и волны»), который позволяет на примере решения физических задач глубже раскрыть понятия и сущность темы «Дифференциальные уравнения» курса высшей математики, акцентировав внимание обучаемого на дифференциальных уравнениях, как математических моделях реальных физических явлений.

Еще одно решение изложено в статье [4]: предложена методика формирования межпредметных связей, которая заключается в использовании комплекта взаимосвязанных (посредством организации гипертекстовых ссылок) электронных учебно-методических материалов по каждой дисциплине, включенной в учебные планы различных направлений подготовки. Предлагаемый комплект формирует учебно-методический комплекс нового типа, который предлагается называть интегральным электронным учебным комплексом.

В статье [5] авторы рассказывают об опыте создания мультимедийной обучающей системе (МОС) по математике для студентов электроэнергетических специальностей для организации самостоятельной работы студентов по разделу «Ряды Фурье. Интеграл Фурье». Описанная МОС содержит в своей структуре, кроме всего прочего, блок профессиональных задач, который был разработан совместно с преподавателями специальных дисциплин. В этот блок включены задания по разложению несинусоидальных ЭДС реальных источников энергии: генератора пилообразного напряжения, генератора прямоугольных импульсов и др. Полученные ряды Фурье несинусоидальных источников ЭДС используются студентами при выполнении расчетно-графического задания по курсу ТОЭ (раздел «Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях») и курсовой работы по дисциплине «Нелинейные и импульсные САУ».

Изложение курса математики должно подчиняться принципу рационального сочетания прикладного и развивающего (общекультурного) содержания математической подготовки. Некоторые авторы [6] в этом видят сам принцип профессиональной направленности: именно он регулирует

в образовании соотношение общего и специфического, определяет взаимодействие профессионального и целостного развития личности. Реализация требований профессиональной направленности предполагает обязательное взаимодействие преподавателей математики и специальных дисциплин. Для полноценного математического образования нужно строить математические курсы с учетом требований этих дисциплин, а при изложении специальных инженерных курсов важно всесторонне использовать уже накопленные студентами математические знания.

Из всего вышесказанного следует, что только серьезная совместная работа математических, общетехнических и специальных кафедр сможет обеспечить должный уровень освоения студентами комплексных общекультурных и профессиональных компетенций. Опыт объединения усилий есть уже во многих вузах, однако он практически не обобщается. Пример взаимодействия преподавателей математики и специальной дисциплины уже имеется на кафедре Высшей математики и программного обеспечения ЭВМ при работе со специальностью «Информатика и вычислительная техника» [7], но это работа преподавателей одной кафедры. Будем надеяться, что вскоре этот опыт будет перенят и выйдет за пределы одной кафедры, вовлекая в работу и преподавателей специальных дисциплин. Стоит также отметить, что необходимым условием такого взаимодействия является тщательное согласование рабочих программ при обязательном приведении учебных планов к окончательному, неизменному варианту. Для планирования совместной работы по подготовке и проведению междисциплинарного занятия преподаватели должны точно знать, сколько семестров и сколько часов их дисциплин запланировано для данной специальности, и это количество должно оставаться неизменным.

Современному инженеру необходимы хорошая математическая культура, гибкий ум, понимание междисциплинарных связей. В понятиях и концепциях фундаментальных наук студент должен видеть, прежде всего, целостную картину мира. Это означает, что знания должны приобретаться не разрозненными частями, а в единой системе – комплексно [8]. Именно в соответствии с этим необходимо откорректировать преподавание фундаментальных наук в ВУЗе в направлении более широкого использования комплексных обучающих систем, в том числе с применением компьютерных технологий, совместно разработанных преподавателями математических и специальных кафедр.

Литература

1. Ромахова, О. А. Прикладная направленность преподавания курса математики для специальности «эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» / О. А. Ромахова // Наука и образование – 2013 [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–11 марта 2013 г.

2. Михальченко, С. Г. Проблемы математической подготовки студентов технических вузов на примере направления «Электроника и наноэлектроника» / С. Г. Михальченко // Вестник ТГПУ. – 2014. – № 3(144). – С. 91–96.

3. Груздева, М. Л. Реализация межпредметных связей курсов высшей математики и физики инженерного вуза средствами компьютерных технологий [Электронный ресурс] : автореф. дис. / М. Л. Груздева // Библиотека авторефератов и диссертаций по педагогике. – URL: <http://nauka-pedagogika.com/viewer/16811/a?#?page=1>.

4. Котляров, И. Д. Инструмент формирования межпредметных связей / И. Д. Котляров // Высшее образование в России. – 2012. – № 8–9. – С. 131–135.

5. Семенова, Н. Г. Мультимедийная обучающая система по математике как средство формирования профессиональной направленности обучения студентов электроэнергетических специальностей / Н. Г. Семенова, И. П. Томина // Вестник ОГУ. – 2010. – № 9(115). – С. 203–208.

6. Князева, О. Г. Профессионально ориентированная математическая подготовка студентов технического вуза / О. Г. Князева // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2012. – № 8. – С. 120–123.

7. Кацуба, В. С. Интегрированные учебные задания по дисциплинам «Программирование на языке высокого уровня» и «Математический анализ» для бакалавров направления «ИВТ» / В. С. Кацуба, А. В. Скрябин // Наука и образование – 2010 [Электронный ресурс] : материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященная 60-летию ФГБОУ ВПО «МГТУ», 5–9 апреля 2010 г., Мурманск.

8. Хохлова, Л. И. Некоторые особенности преподавания естественных наук будущим инженерам / Л. И. Хохлова // Наука и образование – 2014 [Электронный ресурс] : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г.

Формирование инженера в современных условиях

Стрельбина Н. Г. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: ngdenisova@mail.ru)

Аннотация. В статье описано современное состояние профессиональной подготовки инженеров в российских технических университетах. Внимание уделяется инженерной педагогике как вспомогательному средству формирования инженера в современных условиях. В статье анализируются особенности обсуждения состояния и проблем развития инженерного образования в стране.

Abstract. The article describes the current state of engineering education in Russian technical universities. The attention is paid to engineering pedagogy as an additional tool in the formation of the engineer in modern conditions. The article analyzes the characteristics of the discussion status and challenges regarding of engineering education development in the country.

Ключевые слова: инженерная педагогика, Центр инженерной педагогики, компетентностный подход.

Key words: engineering pedagogy, Center of Engineering Pedagogy, competence approach.

Процессы, происходящие в экономике России, требуют подготовки инженера, способного осуществлять профессионально-творческую деятельность в условиях конкурентной среды. Социальный заказ общества выражен в повышении качества подготовки инженеров с целью эффективного осуществления ими профессиональной деятельности в условиях конкуренции.

Процесс подготовки специалистов к профессиональной деятельности в техническом вузе следует организовывать с учетом постоянно меняющихся задач инженерной деятельности и условий ее осуществления. Под подготовкой к профессиональной деятельности понимается система профессионального обучения, обеспечивающая формирование и развитие профессионально-творческого потенциала будущего инженера. Эта система предполагает овладение студентами профессиональной квалификацией в отношении объектов и видов профессиональной деятельности; освоение современной методологии инженерного творчества; формирование системного мышления студентов; развитие их личностных качеств, позволяющих эффективно осуществлять процесс профессионально-творческой деятельности и добиваться конкурентоспособных результатов этой деятельности.

Вопросам подготовки инженера к профессионально-творческой деятельности, формирования его профессионального творческого потенциала посвящены исследования многих ученых. Проблема подготовки инженера

к профессионально-творческой деятельности в условиях конкурентной среды рынка технических инноваций является достаточно актуальной.

В 1995 г. на базе МАДИ (Московского государственного автомобильно-дорожного института) был создан Российский мониторинговый комитет международного общества по инженерной педагогике – РМК IGIP. Он стал первым в стране Центром инженерной педагогике, созданным для достижения следующих целей:

- совершенствование системы переподготовки и повышения квалификации преподавателей инженерных вузов;
- интеграция российской высшей инженерной школы с европейской системой поддержки квалификации преподавателей технических университетов и инженерных вузов [1].

Так в России появилась инженерная педагогика. «Предметом инженерной педагогике является все, что направлено на улучшение обучения техническим дисциплинам, и все виды деятельности преподавателя, касающиеся целей, содержания и форм обучения» [2]. Это определение основателя IGIP А. Мелецинека сохраняет свое значение и в наши дни. Профессионально-ориентированное содержание инженерной педагогике – это прерогатива ее инженерного компонента, а методология учебной деятельности, технологии обучения, методы воспитания, самообучения и самовоспитания относятся к области ее педагогического компонента.

«РМК IGIP приступил к решению принципиально важных для развития инженерного образования стратегических, тактических и оперативных задач. В их числе:

- 1) постоянное взаимодействие с Международным мониторинговым комитетом IGIP;
- 2) управление процессом формирования отечественной сети центров инженерной педагогике;
- 3) организационная, информационная и консультативная поддержка ЦИП, необходимая для обеспечения психолого-педагогической подготовки и повышения квалификации преподавателей технических вузов;
- 4) координация процессов взаимодействия центров, расположенных в разных регионах страны; формирование международного регистра преподавателей технических вузов России [3]».

В МАДИ сформировался комплекс подразделений, совместно занимающихся развитием инженерной педагогике. В его состав входят Центр

инженерной педагогики, а также кафедра инженерной педагогики и Центр инноваций в инженерном образовании. Основными направлениями учебной деятельности являются подготовка студентов в области методологии инженерной деятельности и развитие инженерного творчества. Научные интересы коллектива связаны с вопросами теории и практики профессионально-педагогической подготовки преподавателей, с реализацией междисциплинарных инженерно-технических проектов (в том числе студенческих), с разработкой педагогических технологий развития творческих способностей в процессе личностно-ориентированного обучения, организацией самостоятельной работы студентов.

«В настоящее время инженерная педагогика как область исследования и практической деятельности является отраслью профессиональной педагогики, предметом которой является целостная педагогическая система подготовки будущих инженеров и повышения квалификации преподавателей инженерных дисциплин. Таким образом, инженерная педагогика охватывает как организацию учебного процесса в техническом вузе (в широком смысле слова), так и исследование и реализацию принципов, методов, процедур учебного процесса в деятельности преподавателя (в узком смысле)» [1].

В настоящее время активно обсуждаются такие аспекты, как компетентностный подход; уровневая организация инженерного образования; инновационная экономика как вызов инженерному образованию; специфика подготовки инженеров в национальных исследовательских центрах и для оборонной промышленности [4].

Компетентностный подход содержит в себе много плюсов, так как позволяет создавать самые различные модели инженера. Но, по мнению некоторых авторов, трактовки компетенций в ныне действующих ФГОС вообще ошибочны и неправомерны, что обрекает высшее образование на низкое качество [4].

Инженерных сфер много, поэтому уровни их развития и степень проблемности существенно отличаются. Различия в уровнях экономического и технологического развития российских территорий порождают проблемы инженерного образования, которые носят наиболее острый характер и требуют незамедлительного решения. Анализируя инженерное образование, необходимо от «глобального видения ситуации» и поиска «универсальных методов» их решения переходить к детальному анализу ситуации в каждой сфере инженерии, т. е. к методу «*case study*» [4].

Также не очевидно, станет ли благом двухуровневая подготовка для инженерного дела в России. Опасения такого плана высказывают многие отечественные специалисты. Возможно, лучше было бы оставить за вузом право и возможность определять совместно с работодателями «формулу» и «траекторию» подготовки инженера – по двухуровневой модели или в формате специалитета [4].

В связи с развитием технологий эффективные знания теперь вырабатываются не только на основе предметно-теоретического познания, но и в рамках технологических процессов, что получило название «второй тип» производства знания [4].

Что касается межвузовской кооперации, то она, будучи системно организована, могла бы позволить хотя бы частично решить самую острую проблему инженерного образования в новой России – проблему нехватки ресурсной базы (техники, технологий, кадров) современного уровня для производственно-практической подготовки инженера [4].

Литература

1. Приходько, В. М. Инженерная педагогика – основа профессиональной подготовки инженеров и научно-педагогических кадров / В. М. Приходько, З. С. Сазонова // Высшее образование в России. – 2014. – № 4. – С. 6–12.

2. Мелецинк, А. Инженерная педагогика / А. Мелецинк. – М. : МАДИ (ТУ), 1998. – 185 с.

3. Приходько, В. М. О деятельности Российского мониторингового комитета IGIP / В. М. Приходько, Л. Г. Петрова, А. Н. Соловьев, Е. И. Макаренко // Высшее образование в России. – 2011. – № 12. – С. 39–47.

4. Тхагапсоев, Х. Г. Проблемы инженерного образования в современной России: методология анализа и пути решения / Х. Г. Тхагапсоев, М. М. Яхутлов // Высшее образование в России. – 2014. – № 8/9. – С. 27–36.

Формирование системных принципов исследования в рамках математического образования инженера

Хохлова Л. И.¹, Луковкин С. Б.²

¹(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: xoxlovaluda@rambler.ru),

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: kendato@rambler.ru)

Аннотация. Сущность изменений, в подготовке инженера XXI века, основывается на междисциплинарном взаимодействии, с учетом ориентации обучения на практику. Умение комплексного применения знаний, их синтеза, переноса идей и методов из одной науки в другую лежит в основе творческой активности как требования к любой деятельности специалиста в современных условиях. Вооружение такими умениями будущего инженера – актуальная задача университетов, диктуемая тенденциями интеграции в науку и практике и решаемая с помощью междисциплинарных связей.

Abstract. The essence of the changes in the engineering of the XXI century, based on the interdisciplinary cooperation, taking into account the orientation of learning by doing. Ability to apply knowledge of complex, synthesis, transfer of ideas and methods from one science to another is the basis of creative activity as a requirement for any professional activity in modern conditions. Armed with these skills future engineer – urgent task of universities, dictated by trends in the integration of science and practice and solved with the help of interdisciplinary connections.

Ключевые слова. Интеграция, междисциплинарность, системность, инженер, математическое образование.

Keywords. Integration, interdisciplinary, systematic, engineering, mathematics education.

Инженеру XXI века необходимо обладать все большей трудоспособностью, умением быстро и четко работать, так как в современном мире важны не столько знания как таковые, сколько умение пользоваться ими и приобретать вовремя. Для того чтобы сохранять конкурентоспособность, надо будет постоянно «доучиваться» и «переучиваться», поэтому постоянно возрастает роль дистанционного обучения для своевременной корректировки знаний. Сразу отметим изменившуюся роль и качество методических материалов для такой формы обучения, это – видеолекции, виртуальные лаборатории, вебинары, форумы и т. д.

Выясним, что технические университеты могут дать производству? Главное – хороших, способных к самообразованию инженеров. При этом

современный студент первого курса обычного технического вуза сейчас не готов учиться самостоятельно, и первые годы обучения, причем не менее трех лет, необходимо методично, системно прививать ему навыки и умения самостоятельной работы. В процессе получения математического образования в силу специфики самой науки, студента можно и нужно научить, что при решении задачи из любой области необходимо выделять следующие этапы: 1) постановка задачи на предметном языке; 2) закономерности, относящиеся к задаче; 3) формулировка на математическом языке; 4) разработка математической модели; 5) качественное исследование; 6) упрощение аналитических выражений; 7) численное решение, компьютерное моделирование; 8) анализ результата, выводы.

В частности этому можно учиться и на решении таких простых комплексных задач, которые есть и в задачнике Бермана. Например, возьмем задачу № 1085: «баржу, палуба которой на 4м ниже уровня пристани, подтягивают к ней при помощи каната, наматываемого на ворот со скоростью 2 м/сек. С каким ускорением движется баржа в момент, когда она удалена от пристани на 8 м?». В этой простенькой задаче можно отследить все этапы системного решения. Более сложная задача, как пример связи между механикой и математикой: автомобиль, движущийся со скоростью 36 км/ч, проходит закругленное шоссе с радиусом кривизны 200 м. На повороте шофер тормозит машину, сообщая ей ускорение 0,3 м/с. Найти нормальное и полное ускорения автомобиля на повороте. Найти угол между вектором полного ускорения автомобиля на повороте и вектором его скорости. Каковы угловые скорость и ускорение автомобиля в момент вхождения машины в поворот? На решении таких задач и надо отрабатывать системный подход в решении проблем.

Будущим инженерам, обучающимся в рамках Морской Академии полезно с самого начала обучения в рамках изучения всех дисциплин давать представление о развитии морского дела в России. Надо знать, что основы навигацкой науки были заложены в Школе математических и навигацких наук, основанной Петром в Москве 14 января 1701 года. Для учеников школы был издан первый и лучший по настоящее время в России учебник по математике «Арифметика» Магницкого. Благодаря Магницкому эта школа подготовила для России выдающихся специалистов – картографов, геодезистов, навигаторов, морских офицеров. Главное правило жизни самого Леонтия Магницкого – «быть успешным, не став порочным» неплохо бы усвоить все нашим обучающимся.

Эйлер, чуть позже, создал труд, напечатанный в 1749 г. в Петербурге в двух больших томах под заглавием «Scientia navalis» – морская наука. В нем он впервые ввел основные понятия и положения, сохранившие все свое значение до сих пор, и впервые воспользовался для решения корабельных проблем мощным орудием анализа.

Научные интересы А. Н. Крылова, теоретика и практика кораблестроения, были направлены главным образом на решение принципиальных технических проблем на основе глубокого физико-математического анализа. Как писал он сам: «главная цель моих исследований была дать способы рассчитать движение корабля на волнении, а значит и его мореходные качества». Л. И. Мандельштам в своей статье о Крылове подчеркивал системный подход ученого к решению любой проблемы: «удачная схематизация проблемы, делающая возможной соответствующую математическую трактовку, но сохраняющая в то же время все существенные черты явления, весьма удачный выбор «точки зрения» – мы говорим удачный выбор координат, в данном случае подходящих эйлеровых углов, применение целесообразного метода математического анализа» позволили решать проблемы в общем виде [1]. Крылов уделял огромное внимание «сознательной» математической подготовке инженера. Под словом «сознательно» он понимал, что инженер хотя и будет применять готовые и давно разработанные методы, но он вполне овладеет теми отделами математики, на которых эти методы основаны, и, значит, может вполне ясно судить об их применимости и условиях ее.

А. Н. Крылов выявил существенную роль, которую играют явления резонанса и, в частности, сдвиг фазы между движением волны и корабля. При наступлении резонанса действие силы может иметь разрушительные последствия. Расчет плавучести и остойчивости требует применения начал интегрального исчисления для вычисления площадей и объемов, положения центра тяжести и прочее. Вычисление остойчивости, требует понятия о кривизне и эволюте и связи между координатами точек эволюты и эвольвенты. Исследование влияния повреждений на посадку и остойчивость корабля требует знания свойств моментов инерции плоской фигуры. Расчет качки на волнении требует знания основ гидродинамики и теории «малых» колебаний твердого тела, как свободных, так и вынужденных, т. е. интегрирования совокупных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [2].

Квалификация, усвоение прошлого знания в современном мире – это лишь сегмент компетенции, образование вынуждено стать непрерывным. Скорость изменений увеличивается, сложность профессиональных задач возрастает. Надо отдавать себе отчет, что часть профессий скоро отомрет, а новые появятся. В частности, водный транспорт исторически был и остается очень значимым для России. С повторным открытием Северного морского пути появился шанс, что отрасль получит «второе дыхание» и будет играть важную роль в перевозках между Европой и Азией. В сфере морского транспорта развивается система мультимодальных перевозок, применяются системы интеллектуального управления, внедряются новые типы топлива и материалов. По данным новых специальностей Атласа фонда Сколково выделены ведущие новые технологии ближайших лет в системе водного транспорта: 1) интеллектуальные системы управления водным транспортом (корабли и портовая инфраструктура); 2) «зеленые» корабли и порты (оказывающие минимальное воздействие на окружающую среду за счет использования экотоплива и глубокой очистки выбросов); 3) материалы, позволяющие радикально сократить сопротивление водной среды при движении судна, а также усиливающие устойчивость водной инфраструктуры (порты, платформы).

Какими знаниями, умениями и навыками нужно обладать, чтобы быть востребованным специалистом в новом мире? Исследователи выделяют в качестве основных атрибутивных характеристик следующие: творческая самомотивация, связь с инновационными сферами экономики и общественной жизни, престиж, авторитет как статусный признак, профессионализм и социальная инициативность. Иные характеристики, называемые учеными – открытость и восприимчивость к новым знаниям; склонность к обмену знаниями между собой; умение получать новые знания друг от друга, эффективно организовывать работу, перерабатывать и модифицировать новые знания в собственном стиле; уметь работать на стыке разных профессий и областей знания; легко адаптироваться в меняющемся мире. Проблема состоит в том, что будущий специалист должен обладать умениями и профессиональной мобильностью оперативно реагировать на постоянно возникающие изменения в практической и научной деятельности.

Поэтому, можно сказать, что будущее инженера есть работа мышления, интеллекта, воображения и тех социальных групп, которые освоили определенные технологии работы. Возможно, это будет сформировано через те

инженерные сообщества, которые, позитивно усваивая фундаментальные исследования, придумают образ той технической среды, в которой мы будем жить через несколько лет. Влияние инженерной деятельности на мир становится глобальным, ее решения перестают быть узкопрофессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения. Очевидно, что современному инженеру необходима общая мировоззренческая образованность, гибкий, креативный ум, понимание междисциплинарных связей, хорошая математическая культура, чтобы правильно отвечать вызовам современности.

В этом контексте интересен вопрос о формировании профессиональных компетенций, необходимых для успешной работы в Арктике, например таких: 1) готовность и способность обучаться самостоятельно; 2) поиск и использование обратной связи; 3) склонность к размышлениям о будущем: привычка к абстрагированию; 4) внимание к проблемам, связанным с достижением поставленных целей; 5) готовность решать сложные вопросы; 6) исследование, окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов (как материальных, так и человеческих); 7) готовность использовать новые идеи и инновации для достижения цели; 8) знание того, как использовать инновации; 9) способность принимать решения; 10) персональная ответственность; 11) способность побуждать других людей работать сообща ради достижения поставленной цели; 12) способность разрешать конфликты и смягчать разногласия и т. д.

На современном этапе развития общества именно в соответствии с этим необходимо перестроить преподавание фундаментальных наук в вузе. В понятиях и концепциях этих наук студент должен видеть, прежде всего, целостную картину мира. Это означает, что фундаментальные знания должны приобретаться не разрозненными частями, а в единой системе – комплексно. И осваиваться не только в своем непосредственном значении, но и в качестве жизненных смыслов, ценностей и моральных норм.

Литература

1. Академик Л. И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения. – М. : Наука, 1979. – С. 245–254.
2. Крылов А. Н. Мои воспоминания. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 2003. – 510 с.

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА**

Техническая эксплуатация флота как фактор качества профессиональной подготовки морских специалистов

Баев Г. В., Паршев Ю. В., Сафронов В. Е. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: baevals@mstu.edu.ru*)

Аннотация. В статье рассматриваются профессиональная деятельность и особенности профессиональной подготовки морских специалистов. Приведен краткий обзор целей и задач развития рыбного хозяйства РФ до 2020 года в освоении перспективных районов Мирового океана, Арктического региона «Иновационная Россия – 2020». Рассмотрена профессиональная деятельность по технической эксплуатации и содержанию судов и судовой техники для реализации национальной морской политики, к задаче которой относится качественное выполнение требований ФГОС ВПО при подготовке морских специалистов.

Abstract. The article discusses the professional activity and the features of professional training of marine specialists. A brief review of the goals and objectives for the development of fisheries of the Russian Federation until 2020 in the development of promising areas of the World ocean, Arctic region «Innovative Russia – 2020». Considered professional activities related to technical operation and maintenance of ships and marine technology for the implementation of national Maritime policy, the objective of which is qualitative fulfilment of the requirements of the GEF VPO in the preparation of marine specialists.

Ключевые слова: Арктический регион, деятельность, морская доктрина, морской специалист, морской флот, обучение, особенности подготовки, практика, промысел, профессиональная подготовка, рыболовный флот, техническая эксплуатация.

Key words: Arctic region, activity, naval doctrine, marine specialist, Navy, training, preparation, practice, hunting, training, fishing fleet maintenance.

Обеспечение технической эксплуатации и содержание морских, рыболовных судов, а также содержание судовой техники и средств, в соответствии с правилами технической эксплуатации, инструкциями заводов – строителей и другими нормативно-техническими документами требует от образовательных учреждений создание условий для формирования у обучающихся компетенций инновационной деятельности [1].

Высокие технологии, имеющие практическое применение в машиностроении, судостроении, обладают совокупностью следующих основных признаков: математическим моделированием в целях структурной и параметрической оптимизации, компьютерной технологической средой, авто-

матизацией всех этапов разработки и реализации при соответствующем технологическом и кадровом обеспечении, надежностью и технологической безопасностью. Современное производство сложных изделий машиностроения, судостроения подразумевает согласованную работу многих предприятий. Для обеспечения согласованной работы всех предприятий, участвующих в проектировании, производстве, реализации и эксплуатации изделий, используется соответствующая поддержка этапов жизненного цикла изделий.

Подготовка кадров для обеспечения соответствия добывающих мощностей рыбопромыслового флота объемам запасов водных биоресурсов. Проведение научных исследований и разработок в области рыбного хозяйства осуществляется в рамках государственного заказа.

Требования к подготовке специалистов для любой отрасли промышленности определяются ее потребностями. Они же диктуют требования к содержанию образовательных программ учебных заведений. Потребность в подготовке моряков в Российской Федерации диктуется ее национальными интересами, сформулированными в Морской доктрине [2].

В сложившихся экономических условиях для страны, актуальным становится вопрос освоение новых промысловых районов в Арктическом регионе, т. е. освоение прибрежной зоны, когда в короткое время года (сезон промысла), свободная вода.

Обеспечение безопасности судна, людей, грузов, производственной деятельности и технической эксплуатации судна и судовой техники и средств. Очень важно отметить, что техническая эксплуатация флота не может быть качественной (безаварийной), если профессиональная подготовка не будет отвечать современности.

Рыбная отрасль относится к основным источникам обеспечения россиян пищевыми продуктами – белковыми. Свертывание промысла в экономических зонах иностранных государств и открытых районах Мирового океана, передислокация промыслового флота в исключительную зону России, почти полное прекращение рыболовства в открытых частях Мирового океана приводит к отстранению России от участия в распределении сфер влияния и освоении перспективных районов Мирового океана.

Одним из важнейших способов реализации национальной морской политики является кадровое обеспечение. Задачи, сформулированные в Морской доктрине и ФЦП «Мировой океан», напрямую касаются нашего региона.

Подготовка морских специалистов значительно отличается от подготовки специалистов для любой другой отрасли, так как регулируется не только требованиями национальных образовательных стандартов, но и требованиями Международной морской организации (ИМО).

Введение новых специализаций (например, подготовка специалистов для танкерного флота), для обеспечения возрастающих потребностей региона, требует дополнительных финансовых вложений. Без участия судовладельцев, судоремонтников трудно решать проблему профессиональной подготовки морских специалистов. Важным вопросом является практическая подготовка будущих моряков.

В соответствии с требованиями МК ПДНВ-78 практическая подготовка на судах, судоремонтных предприятиях является неотъемлемой частью подготовки морского специалиста, т. е. без набора необходимого плавательного ценза выпускник морского учебного заведения, в принципе, не может получить рабочий диплом, он будет иметь только учебный диплом об окончании образовательного учреждения.

Но если говорить о качестве практической подготовки, то она желает оставлять много лучшего, так как курсант на любом судне, судоремонтном предприятии до недавнего времени рассматривается только как рабочая сила, но не как обучаемый, пришедший с определенным заданием на практику, получить необходимый объем знаний, навыков и компетенций. Образовательное учреждение не в состоянии контролировать качество практической подготовки курсанта в течение его индивидуальной практики на судне. На судоремонтном предприятии руководитель практики от образовательного учреждения контролирует процесс производственной судоремонтной практики, но руководство практикой командным составом судна осуществляется формально простой записью в «Журнале практики» о выполнении раздела программы с последующей заверяющей подписью капитана о выполнении всей программы практики, без реальной проверки практических навыков курсанта по программе практики. Это объясняется отсутствием ответственности капитана за качество подготовки практиканта на борту судна.

Необходима внутренняя организация руководства и контроля практиканта за прохождением практики, при которой невыполнение или некачественное выполнение практикантом программы было бы исключено.

В противном случае образовательное учреждение должно быть поставлено в известность о том, что программа практики практикантом на судне не выполнена.

Следует отметить, что утвержденный в 2010 г. ФГОС ВПО (третьего поколения) в полном соответствии с требованиями Международной конвенции ПДНВ-78. Жесткое выполнение этого стандарта гарантирует выполнение Конвенционных требований по подготовке морских специалистов.

Очень важно отметить, что качество технической эксплуатации во многом зависит и от качества ремонта судов, где проходил ремонт, на каких судоремонтных заводах и какой квалификации работники этих СРЗ.

В ОАО «Объединенной судостроительной корпорации», принятой в декабре 2012 г. Государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». Согласно этой программе, предусмотрено развитие и внедрение новых технологий не только для ВПК, но и для инновационных работ гражданского судостроения и судоремонта [5].

Мурманская область, находится в зоне арктических территорий и сохраняет рыбодобывающую и перерабатывающую отрасль наряду с обеспечением обороноспособности России, морскими перевозками, геологоразведкой, добычей углеводородов в акваториях морских шельфов и др. производствами на долгосрочную перспективу. Поэтому особое значение имеет техническая эксплуатация флота, при которой нельзя допускать аварийности судов, отказов и повреждений судовых технических средств независимо от их принадлежности и назначения.

Выполнить такие условия можно только при формировании и выполнении требований к подготовке командного состава морских судов, а она не может быть решена только силами морских образовательных учреждений – это не частная, а общенациональная задача, которая может быть успешно реализована только на основе взаимодействия всех заинтересованных ведомств и организаций.

Литература

1. Флот рыбной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.npacific.ru/np/history/promyshl/hist_rur/fleetr.htm. – Загл. с экрана.

2. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года : утверждена Президентом Рос. Федерации В. В. Путиным 27 июля 2001 г. № Пр-1387. – СПб. : Гипрорыбфлот, 2001. – 31 с.

3. Правила и руководства Российского морского регистра судоходства [Электронный ресурс] // Российский морской регистр судоходства : каталог изданий морского регистра судоходства : сайт. – Режим доступа: <http://www.rs-head.spb.ru/ru/publications/>. – Загл. с экрана.

4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2012 г. № 2514. Собр. законодательства РФ. 2012. № 53 (ч. 2), ст. 8020.

5. Особенности профессиональной подготовки морских специалистов флота рыбной промышленности / Л. С. Баева, А. В. Титов, Ю. В. Паршев, В. Е. Сафронов // Сб. научн. трудов : Стратегия развития морского транспорта в России / под ред. доц. Рябченко Р. Б. – Мурманск : МФ ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. – С. 51–57.

Моделирование системы управления главным двигателем судна при реализации нейронного и нечеткого управления

Баева Л. С., Федич Р. М., Орешкин М. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, rfedich@mail.ru*)

Аннотация. Произведено исследование и моделирование системы управления главным двигателем судов с винтом фиксированного шага при реализации нейронного и нечеткого управления в пакете Matlab R2009.

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 neural and fuzzy control in the package Matlab R2009.

Ключевые слова: нейросетевой контроллер, нечеткий ПИД-регулятор.

Key words: neural network controller, fuzzy PID controller.

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 импульсивного 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 нейросетевого контроллера и 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.

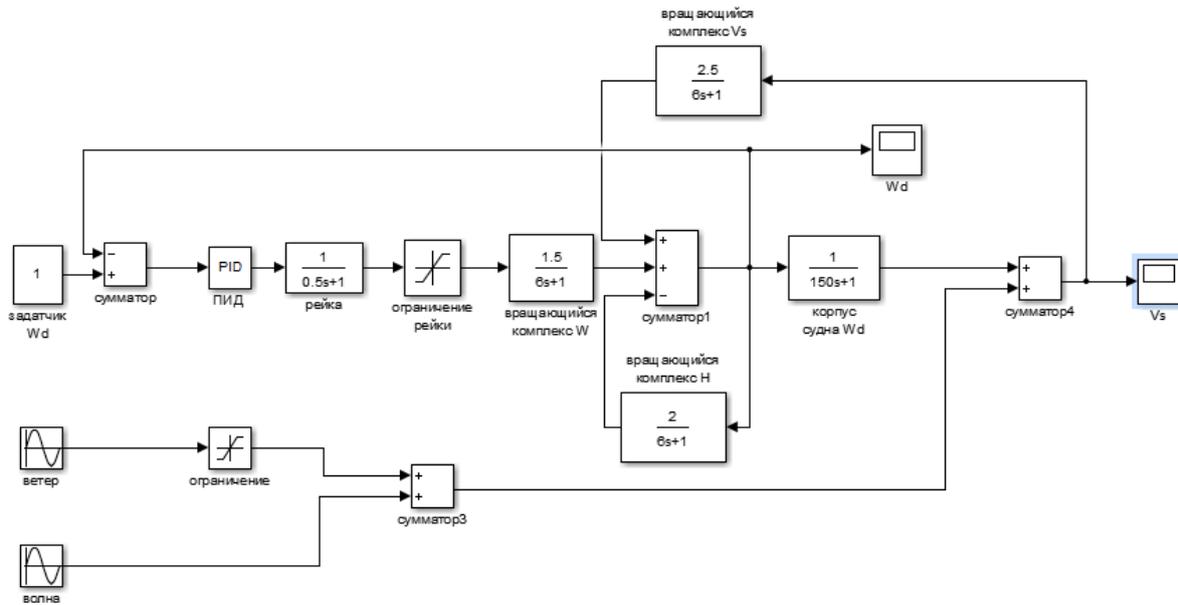


Рисунок 1 – Модель ДВК на базе ПИД-регулятора

По результатам исследования были получены следующие характеристики:

- 1) поведение выходного сигнала частоты вращения главного двигателя (рис. 2);
- 2) поведение выходного сигнала скорости судна (рис. 3).

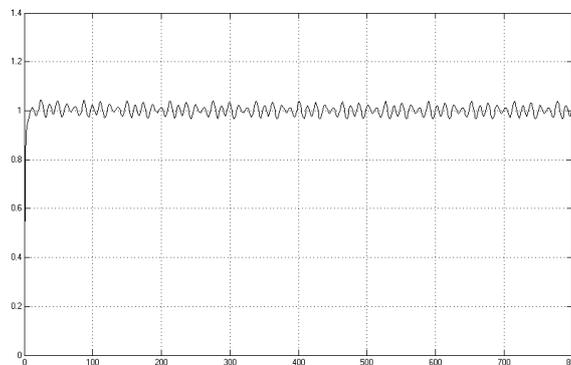


Рисунок 2 – Сигнал частоты вращения ГД

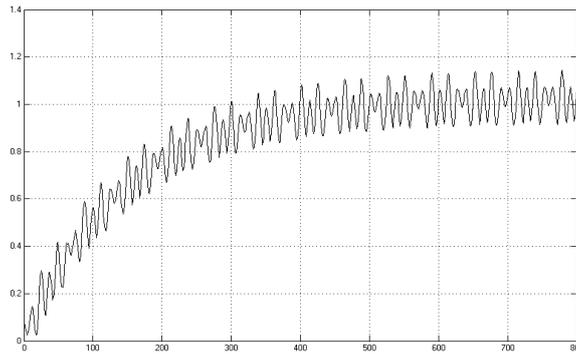


Рисунок 3 – Сигнал скорости судна

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 R2009b (рис. 4).

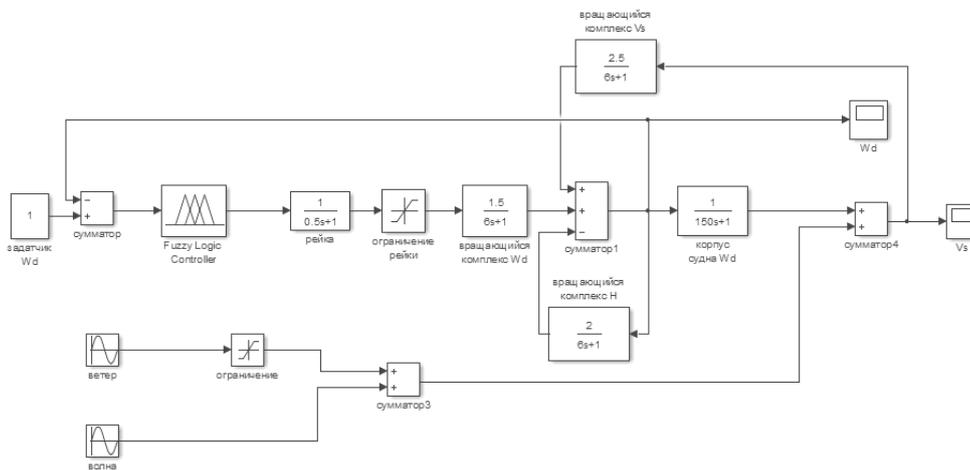


Рисунок 4 – Модель на базе нечеткого контроллера

Полученный результат моделирования, представленный на рис. 5, 6, позволяет сделать вывод о том, что нечеткий контроллер создает оптимальный сигнал управления, в силу чего также улучшаются выходные характеристики, по сравнению с ПИД-регулированием.

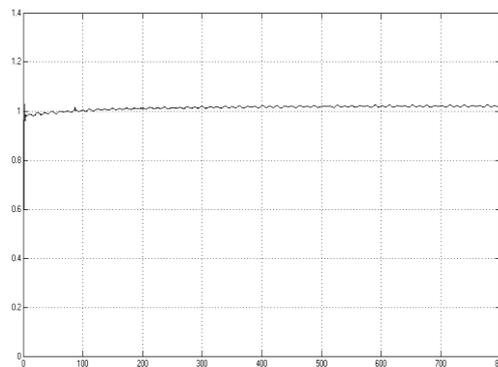


Рисунок 5 – Частота вращения ГД

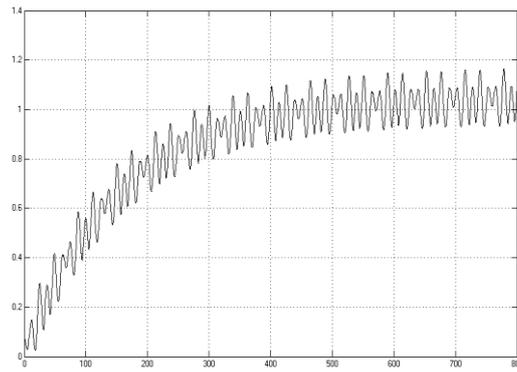


Рисунок 6 – Скорость судна

4. Моделирование на базе нейросетевого контроллера

Для проверки работоспособности нейросетевого подхода при решении задачи регулирования частоты вращения дизеля была разработана модель системы в среде MATLAB R2009b (рис. 7).

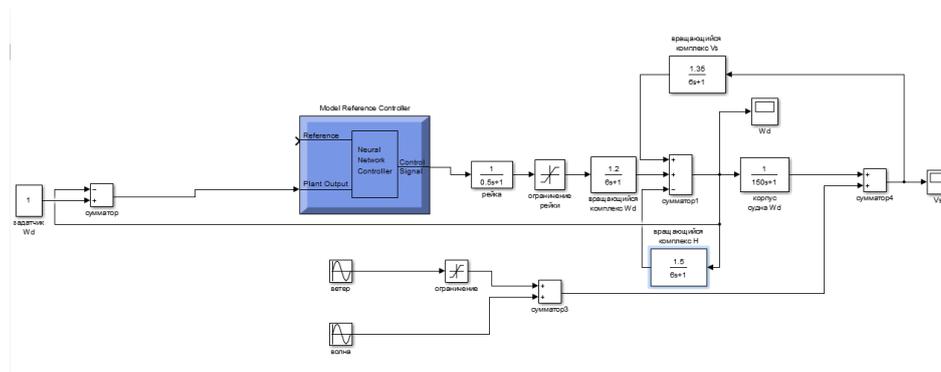


Рисунок 7 – Модель на базе нейросетевого контроллера

Полученный результат моделирования, представленный на рис. 8–9, позволяет сделать вывод о том, что адаптивный нейросетевой контроллер создает оптимальный сигнал управления, в силу чего улучшаются выходные характеристики.

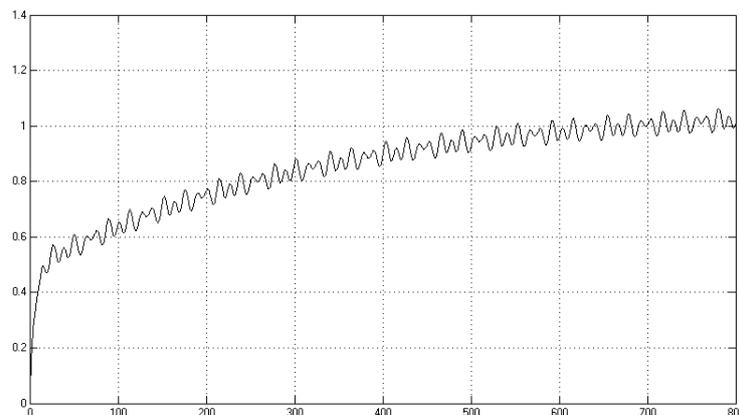


Рисунок 8 – Частота вращения ГД

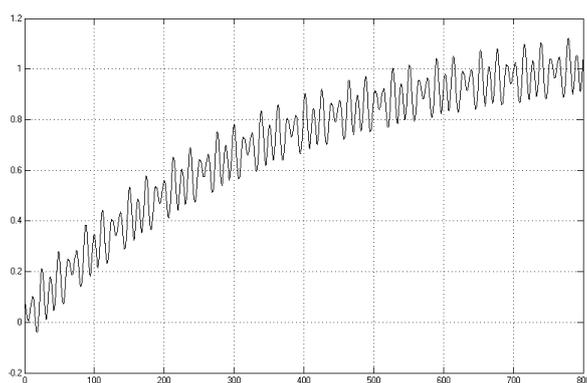


Рисунок 9 – Скорость судна

4. Заключение

Согласно полученным результатам для нейросетевого контроллера перерегулирование $G = 4,5 \%$, амплитуда колебания частоты от волноветрового воздействия составляет $\pm 1,2 \%$. 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 мы имеем более качественное и точное регулирование частоты вращения, без высокого перерегулирования $G = 4,5 \%$. 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.

Литература

1. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Российского морского регистра судоходства. – СПб. : Морской Регистр, 2013. – 351 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 503 с.
3. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 2. – СПб. : Рос. Морской Регистр Судоходства, 2013. – 721 с.
4. Левин М. И. Автоматизация судовых дизельных установок, – Л. : Судостроение, 1969. – 167 с.

5. Небеснов В. И. Оптимальные режимы работы судовых комплексов – М. : Транспорт, 1974. – 200 с.

6. Прохоренков А. М., Солодов В. С., Татьянченко Ю. Г. Судовая автоматика. – М. : Колос, 1992. – 448 с.

Техническое диагностирование объекта

Бегунов А. С. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: Vas-D@mail.ru*)

Аннотация. В статье рассматриваются комплекс необходимых операций, мер и порядков проведения работ по обработки поверхности материала объекта. При качественном подходе к данному виду работ конечный результат позволяет уменьшить погрешность в выявлении дефектов и с большей точностью определении данных влияющих на физико-химические свойства материала.

Abstract. The article considers the complex operations required, measures and procedures for work on processing the material surface of the object. In a qualitative approach to this type of work the end result is reduces error in the detection of defects and with greater accuracy of data determining the influence on the physico-chemical properties of the material.

Ключевые слова: техническое диагностирование, материалы, методы контроля, поверхность, качество, дефекты, очистка.

Key words : technical diagnostics, materials, inspection methods, the surface, quality, defects, purification.

Техническое диагностирование – это область знаний, охватывающая теорию, методы и технические средства определения дефектов в материале контролируемых объектов, в частности в материале деталей машин и элементов металлоконструкций.

Работы, связанные с выявлением дефектов в материале элементов оборудования, совмещаются с ремонтами и техническим обслуживанием или выполняются самостоятельно в период технического осмотра. Для выявления скрытых дефектов в конструкционных материалах используются различные методы неразрушающего контроля.

Выбор вида неразрушающего контроля зависит от материала, конструкции и размеров деталей, характера выявляемых дефектов и условий дефектоскопии (в мастерских или на машине). Дефектоскопия является составной частью диагностики технического состояния оборудования и его составных частей, т. е. непосредственно основного материала объекта.

Существует различное множество материалов, которые по-разному «воспринимают» механические воздействия, а также воздействия от окружающей среды. И поэтому проводится диагностирование так же различными методами контроля, для определения дефектов и в большинстве случаев элементарной усталости материала.

Согласно ГОСТ 18353 [1] методы неразрушающего контроля классифицируются по видам: акустические, магнитные, оптические, проникающими веществами, радиационные, радиоволновые, тепловые, электрические, электромагнитные. Каждый вид представляет собой условную группу методов, объединенных общностью физических характеристик и нуждается в условиях, отвечающих требованиям для проведения конкретного контроля на конкретном материале.

Подготовка рабочего места для проведения контроля заключается в обеспечении доступа к контролируемому объекту, включая установку подмостков, установку переносных осветительных приборов и устройств подогрева воздуха, монтаж укрытий (при необходимости) и в обязанности дефектоскописта не входит. Объект, подлежащий техническому диагностированию, должно быть выведен из работы, снята обшивка, тепловая защита, препятствующая техническому контролю и очищено от загрязнений. В дальнейшем, зоны, объем и качество подготовки поверхности определяются требованиями программы диагностирования объекта и нормативных документов на применяемые методы контроля.

Качественная подготовка материала дает минимизацию погрешности при проведении контроля неразрушающими методами, что дает способность к более высокой чувствительности, разрешающей способности и достоверности результатов. Чувствительность – наименьшие размеры выявляемых дефектов; разрешающая способность – наименьшее расстояние между двумя соседними минимальными выявляемыми дефектами, измеряется в единицах длины или числом линий на 1 мм. Достоверность результатов – вероятность пропуска дефектов или браковки годных деталей.

Подготовка поверхности включает в себя очистку и сушку контролируемой поверхности и полостей дефектов на контролируемой поверхности не допускается наличие заусенцев, сварочных брызг, наплывов пайки, окалины, шлака, ржавчины, подрезов, а также лакокрасочных покрытий, окисной пленки, органических веществ (жир, масло) и других загрязнений. Органические загрязнения можно удалить с поверхности при помощи очистителя. Неорганические требуют механической очистки, например щеткой, наждаком, шлифованием, струей воды под высоким давлением и т. д. Во всех этих случаях важно механическую очистку проводить таким образом, чтобы дефекты не «закрылись». После этого рекомендуется смыть остатки загрязнения при помощи очистителя.

Чистота обработки зон поверхностей, подвергающихся техническому диагностированию должны быть не хуже Rz 40, волнистость не должна превышать величину 0,015. Ширина подготовленной под контроль зоны должна быть не менее значению, определяющегося по формуле:

$$X_{\max} \geq 2 \cdot t \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + A + B, \quad (1)$$

где t – толщина стенки, мм;

A – ширина зоны термического влияния, для контроля сварных соединений, минимальной шириной $0,5t$, но не менее 10 мм с каждой стороны от шва, мм;

B – длина контактной поверхности ПЭП, мм;

α – угол ввода ПЭП, град.

При обработке поверхности с результатом, не соответствующим требованию или с недостаточным качеством, итог диагностирования может сильно измениться и дать ложные данные о структуре материала. На рис. 1 видно как определяется разница показаний ультразвукового дефектоскопа при неудовлетворительной подготовке поверхности материала перед началом контроля.

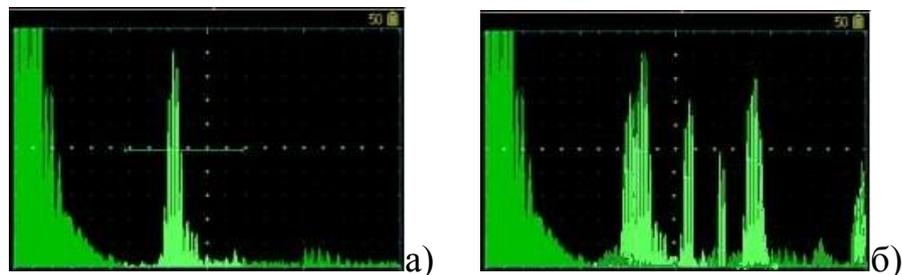


Рисунок 1 – Показания УЗ дефектоскопа:

а) отчетливые показания; б) показания не позволяющие точно определить обнаруженного дефекта

Использование поверхности с высоким количеством шумов дает ложную картину всего технического диагностирования или вообще имеет возможность в пропуске недопустимых дефектов.

Для труб в заводской изоляции допускается производить зачистку в пределах зоны, ограничиваемой кромкой трубы и краем слоя изоляции, если ширина этой зоны обеспечивает перемещение ПЭП в заданных пределах.

Обезжиривание органическими растворителями (например, спиртом) с целью удаления следов масел, смазок и других загрязнений, с последующей протиркой чистой сухой безворсовой х/б тканью. При контроле в условиях

низких температур от минус 40 °С до +8 °С контролируемую поверхность следует обезжирить бензином, затем осушить спиртом. При появлении отпотевания поверхность необходимо осушить чистой ветошью или теплым воздухом.

Промежуток времени между окончанием подготовки поверхности к контролю и нанесением индикаторного пенетранта, при капиллярном методе контроля, не должен превышать 30 мин. В течение этого времени должна быть исключена возможность конденсации атмосферной влаги на контролируемой поверхности, а также попадание на нее различных загрязнений.

Проведение последующих операций контроля обезжиренных объектов допускается только в х/б или резиновых перчатках с использованием респиратора. Не допускается на всех стадиях контроля использование замасленных или загрязненных перчаток.

Конкретный объем работ, выполняемый при техническом диагностировании, определяется Программой технического диагностирования, которая составляется до начала производства работ и, при необходимости, корректируется в зависимости от результатов анализа эксплуатационно-технической документации, конструктивных и эксплуатационных особенностей оборудования, результатов предыдущего технического диагностирования (если оно проводилось) и данных оперативной диагностики.

Литература

1. ГОСТ 18353. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
2. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
3. ГОСТ 9.908-85. Металлы и сплавы. Метод определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
4. Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Неразрушающий контроль : справочник : в 8 т. / под ред. В. В. Клюева. – Т. 3: Ультразвуковой контроль. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с.
5. Каневский И. Н., Сальникова Е. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
6. СО 2-2.4-083 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте.

Лаборатория «Информационно-измерительных систем» кафедры электрооборудования судов МА ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Урванцев В. И. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра электрооборудования судов, e-mail: VI-2014-Mu@yandex.ru*)

Аннотация. Подготовка морских инженеров электромехаников требует наличия в ВУЗЕ лабораторной базы отвечающей современному уровню технической оснащённости морских судов. С этой целью на кафедре электрооборудования судов ФГБОУ ВПО «МГТУ» создана лаборатория информационно-измерительных систем оборудованная компьютерными средствами измерений.

Abstract. Training of marine engineers, electrical engineers require in the UNIVERSITY's laboratory facilities meet modern technical equipment of marine vessels. With this at the Department of ship electrical equipment MSTU crated laboratory of information-measuring systems equipped with computer tools of measurement.

Ключевые слова: лаборатория информационно-измерительных систем.

Key words: laboratory of information – measuring systems.

Современные рыбопромысловые суда имеют высокий уровень автоматизации. Управление мощной судовых энергетических установок на всех режимах работы судна осуществляется с мостика или с пульта вахтенного механика в центральном посту управления машинного отделения. Компьютерные информационно-измерительные управляющие системы обеспечивают надежное обслуживание всех технических средств судна их бесшумность и экологическую чистоту выполняемых операций. В тоже время быстротечность аварийных процессов при отказах технических средств, локализация которых требует принятия экстренных мер, направленных на сохранение и срочное восстановление заданного режима работы судовых энергетических установок и других технологических процессов. Компьютерные интегрированные системы обеспечивают эффективное решение задач контроля, измерения, защиты, сигнализации, диагностики, управления, локализации аварий, синхронизации работы подсистем, администрирования, визуализация информации и т. д. Регистр судоходства РФ, Правила эксплуатации систем и устройств автоматики на судах ФРП предъявляют особые требования к аппаратному и программному обеспечению, конфигурации систем, их монтажу, питанию, каналам передачи информации. Функционирование объектов управления в рамках интегрированной системы должно быть не менее эффективным и надежным, чем их функционирование в автономных условиях.

Квалификационная характеристика выпускника специальности 180404.65 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» предполагает не только знание принципов работы и элементной базы компьютерных интегрированных систем, но и наличие практических навыков по их применению и наладке. Для отработки профессиональных умений и навыков курсантами (студентами) в лаборатории созданы: 1. Информационно-измерительная управляющая система на базе микропроцессорного прибора и персонального компьютера; 2. Виртуальная измерительная система на базе ПК и устройства сбора данных; 3. Стенд «Датчики различных физических величин, систем их преобразователей и оцифровки сигналов»; 4. Действующая модель частотного регулирования асинхронного трехфазного двигателя; 5. Лаборатория также оснащена 11-ю персональными компьютерами для выполнения комплекса лабораторных работ на компьютерных моделях различных средств измерений.

Информационно-измерительная управляющая система (1) состоит из персонального компьютера, специализированного программного обеспечения, микропроцессорного измерителя регулятора ТРМ-138, интерфейса обмена с компьютером RS-232/485 (адаптер сети АСЗ-М), датчиков температуры ТСМ, датчиков других физических величин и вентилятора в качестве объекта управления. Основными преимуществами микропроцессорных средств измерения являются: – многофункциональность; – повышение точности; – уменьшение влияния случайных погрешностей; – компенсация внутренних шумов и повышение чувствительности средств измерения; – расширение измерительных возможностей; – упрощение и облегчение управления прибором; – возможность связи МП с персональным компьютером; – возможность установки конфигурации прибора через ПК и возможность удаленного доступа. При выполнении лабораторных работ курсанты (студенты) знакомятся с примерами применения микропроцессорных приборов и режимами их работы. Закрепляют знания и отрабатывают навыки: – по монтажу датчиков и подключению их к приборам; – формированию в приборах каналов измерения с помощью кнопок на лицевой панели или с помощью программы конфигуратора с ПК; – подключению к прибору управляемого механизма и установки оперативной и основной «уставки». Знакомятся с типовым программным обеспечением для работы с МП приборами (программа конфигуратор ТРМ-138, программа для построения графиков МСД-200, SCADA – система – OWEN PROCESS MANAGER), OPC –

драйверы для приборов ОВЕН, библиотека функций стандарта WIN DLL для приборов ОВЕН) и т.д.

Лабораторная установка «Виртуальная информационно-измерительная система» (2) состоит из ПК, специализированного программного обеспечения, драйвера, библиотеки функций управления (LAB view, Power Graph) созданных программ виртуальных приборов для измерения заданных физических величин и формирования управляющих сигналов. В состав установки также входят: портативный модуль ввода – вывода ЛАЗ – USB, твердотельное реле SSR-25ДА, тиристорный ключ ВТА-16, датчик освещенности (фотоэлемент), датчик влажности воздуха (alre ATFT/1), датчик углекислого газа (CDR 100 VA), вентилятор (=12 В). В процессе выполнения лабораторных работ на данной установке курсанты (студенты) знакомятся с физическими принципами работы и схемами датчиков являющихся источником данных о состоянии объекта. Знакомятся с составными элементами измерительного канала предназначенными для согласования сигнала, его усиления (приведения амплитуды к динамическому диапазону УВХ), полосовой фильтрации и его оцифровки. Изучают принцип работы и отрабатывают навыки применения портативного модуля ввода – вывода ЛАЗ – USB, предназначенного для преобразования входных аналоговых сигналов датчиков в цифровой код который обрабатывается ЭВМ, а также для преобразования цифровых управляющих сигналов ПК в аналоговый. В ходе выполнения лабораторных работ курсанты приобретают навыки по построению виртуальных приборов предназначенных для решения конкретных задач и их калибровке.

Стенд «Датчики различных физических величин, систем их преобразователей и оцифровки сигналов» (3) представляет собой 27 датчиков различных физических величин с системами преобразователей и оцифровки сигналов с выводом информации на монитор ПК. Информация о значениях измеряемых физических величин отображается на мониторе в двух вариантах: – в виде графиков; – в виде значения постоянного напряжения. Курсанты (студенты) отрабатывают навыки по измерению различных физических величин и изучают системы преобразователей и оцифровки сигналов датчиков. Отрабатывают вопросы настройки датчиков, виды и источники помех. Отрабатывают основные методы и способы защиты от продольных и поперечных помех, внутренних помех. Импульсная модуляция, гальваническое разделение с помощью оптронов, трансформаторов и раздели-

тельных конденсаторов, симметрирование входной измерительной цепи, компенсирующие трансформаторы, сокращение длины проводов за счет приближения АЦП к датчикам, скрутка проводов, магнитное и электростатическое экранирование, фильтрация и накопление сигналов с усреднением их, применение интегрирующих АЦП и другие методы.

Действующая модель частотного регулирования асинхронного трехфазного двигателя (4) выполнена на базе трехфазного АД, ПК, специализированного программного обеспечения Code Composer Studio 3.3, преобразователя частоты напряжения (TMS 20320F28016), измерительного блока, устройства ввода – вывода ЛАЗ – USB с программным обеспечением ADC LAB, цифрового частотомера и цифрового тахометра. При выполнении лабораторных работ курсанты (студенты) закрепляют знания и отрабатывают навыки по применению современных средств измерения токов, напряжений, частоты, скорости вращения, а также методы и средства частотного регулирования скорости вращения АД.

Лаборатория укомплектована 11-ю ПК для выполнения комплекса лабораторных работ по основам измерительных технологий (5). На компьютерных моделях выполняются работы по методам обработки и оценки погрешностей результатов измерений, проверке средств измерений методами и средствами измерения различных физических величин. Приобретаются навыки выбора и применения аналоговых электромеханических приборов, мостов и компенсаторов, осциллографов. Особое внимание уделяется приобретению навыков выбора и применения цифровых средств (в том числе микропроцессорных) измерения. Выполняются лабораторные работы по измерениям частоты и периода, синусоидального напряжения, угла фазового сдвига. Отрабатываются современные цифровые методы измерения: – температуры; – линейных и угловых перемещений; – размеров; – переменных ускорений и др. Курсанты (студенты) также знакомятся с компьютерными моделями измерительных генераторов сигналов синусоидальной и специальной формы, моделями цифровых устройств управления и обработки измерительной информации.

Стремительное развитие электроники и компьютерных технологий приводит к бурному совершенствованию методов и средств измерений, что выдвигает требование к непрерывному совершенствованию лабораторной базы кафедры.

Функции распределения и плотности распределения твердости кабелей с резиновой изоляцией

Власов А. Б.¹, Власова С. В.²

¹(Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovab@mstu.edu.ru),

²(Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. Разработан метод контроля свойств кабелей с резиновой изоляцией и оценки их технического состояния непосредственно в процессе эксплуатации на основе оценки твердости изоляции жилы и 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 vein and insulation of the cables.

Ключевые слова: кабель, резиновая изоляция, экспресс-метод диагностики, твердость.
Key words: cables, rubber insulation, methods estimation technical condition, hardness.

В мировой практике не создана система испытаний кабельной изоляции силовых кабелей неразрушающими методами, позволяющая оценивать остаточный ресурс и прогнозировать вероятность выхода кабеля из строя в процессе его эксплуатации. Осуществляется эпизодический контроль сопротивления на судах штатными приборами. Практикуемые на предприятиях испытания высоким напряжением, в ходе которых происходит пробой изоляции в «слабых» участках (с последующей заменой пробитых отрезков), на судах запрещен и не может быть применим.

В связи с этим актуальным является необходимость разработки системы неразрушающего контроля и остаточного ресурса изоляции кабелей, которая основывается на анализе электрофизических свойств изоляции кабеля.

При испытаниях выборки различных кабелей проведен анализ параметров твердости состаренной шланговой изоляции и изоляции жилы, с помощью статистических функций распределение $F(H)$ и плотности распределения $f(H)$.

Изоляция кабелей, хранившихся после изготовления в течение незначительного срока (не более полугода), характеризуется однородными и эластичными свойствами по длине кабеля.

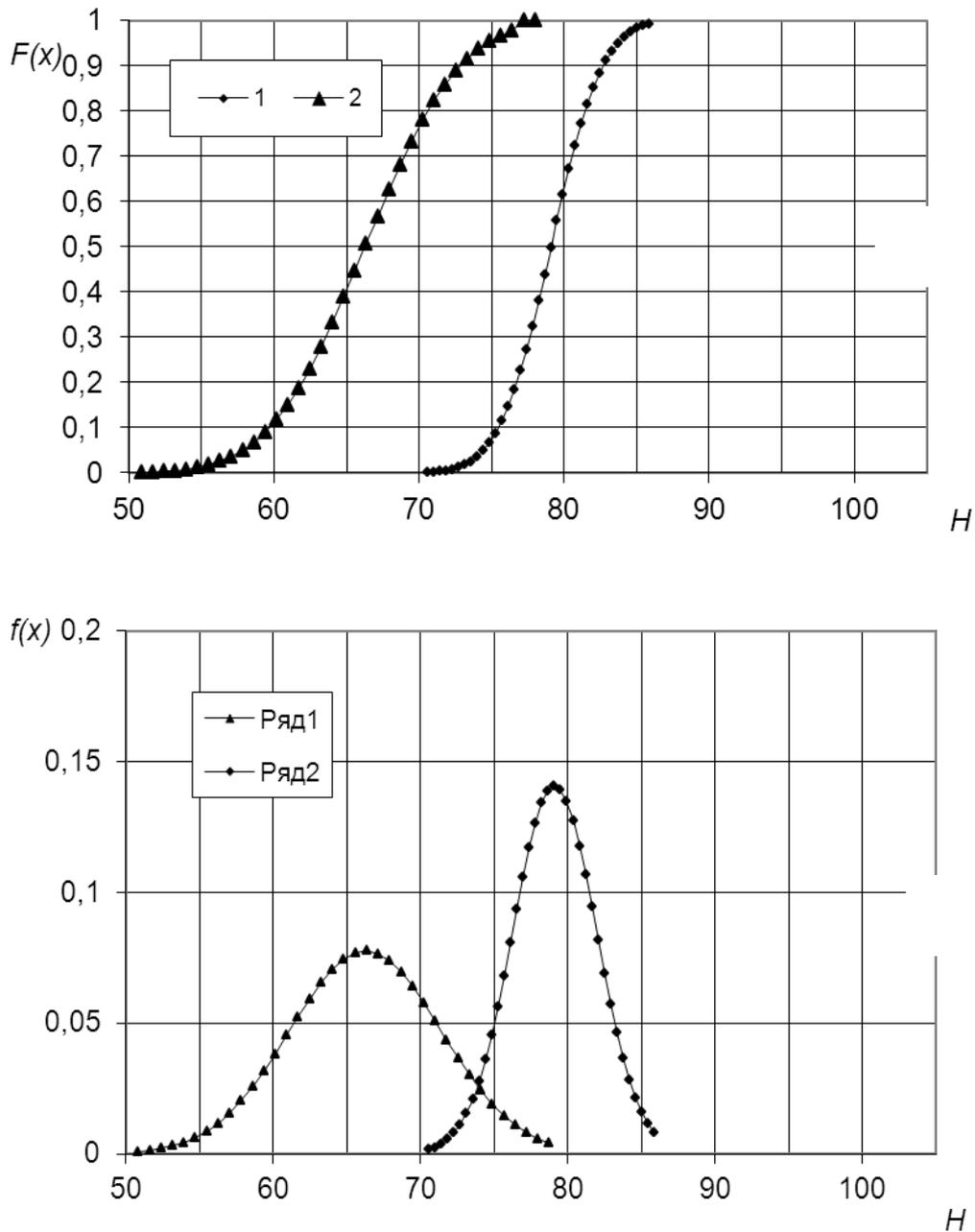


Рисунок 1 – Функция распределения $F(H)$ (а) и плотность распределения $f(H)$ (б) для исходного кабеля КНР 3×1,5:
1 – шланговая изоляция; 2 – изоляция жилы

Исходный кабель КНР характеризуется значениями: изоляция жилы $H_{\text{из. ж.}} = (66,3 \pm 1,6)$ НА; шланговая изоляция $H_{\text{из. ш.}} = (79,19 \pm 1,9)$ НА. При этом значения твердости $H_{\text{из. ж.}}$ изоляции жилы изменяются в пределах от 50 до 75 НА; твердость $H_{\text{из. ш.}}$ шланговой изоляции в пределах от 70 до 85 НА.

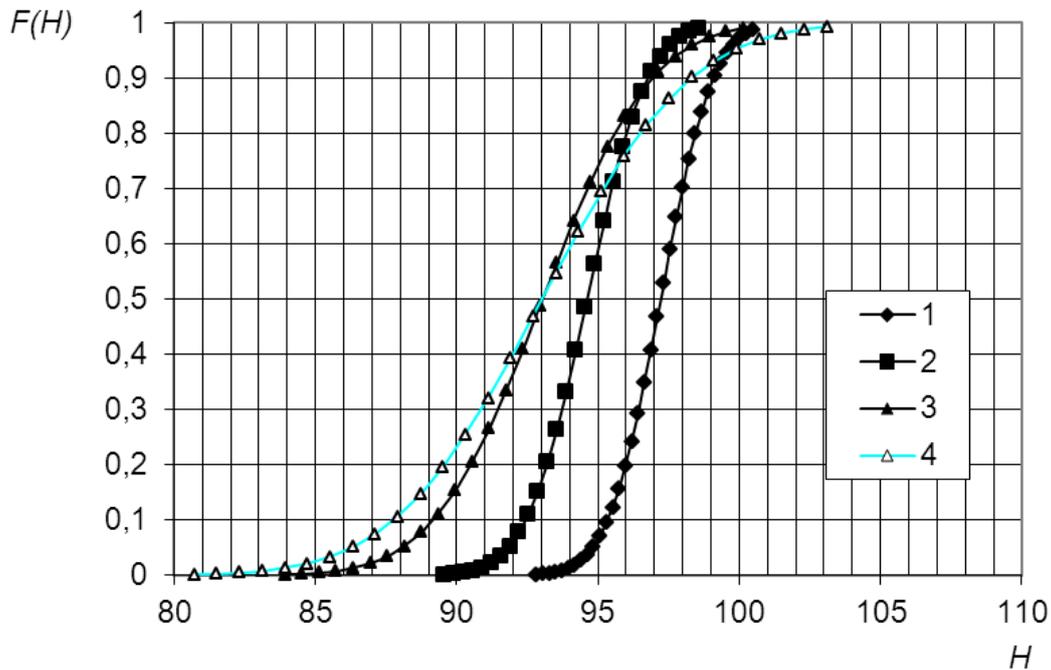


Рисунок 2 – Функции распределения $F(H)$ для кабелей с резиновой изоляцией: 1 – КНРГ $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$; 2 – КНРЭ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$; 3 – КНРЭ $25 \times 2,5 \text{ мм}^2$; 4 – КНР $2 \times 1,5 \text{ мм}^2$

На рис. 2 приведены статистические функции $F(H)$ для шланговой изоляции отдельных кабелей КНРЭ и КНР (кривые 2–4), состаренных в течение 30 лет при комнатных условиях, и кабеля КНРГ (кривая 1), ускоренно состаренного при повышенных температурах (120–140 °С) вплоть до появления поперечных трещин в шланговой изоляции. Повышение твердости до средних значений выше $\underline{H}_{\text{из. ш}} = 97 \text{ НА}$ (рис. 4, кривая 1) сопровождается появлением трещин в шланговой изоляции; при этом более 50 % значений (для кабеля КНРГ) лежат в пределах $H_i = 97 \dots 104 \text{ НА}$.

Старение кабелей при комнатных температурах в течение 30 лет сопровождается повышением жесткости шланговой изоляции, однако не приводит к появлению трещин, при которых теряются эксплуатационные свойства. Средние значения твердости не превышают величин $\underline{H}_{\text{из. ш}} = 92 \dots 95 \text{ НА}$; предельные значения не достигают величин $H_{\text{из. ш макс}} = 97 \text{--} 98 \text{ НА}$.

На рис. 3 приведены результаты расчета функций распределения $F(H)$ для изоляции жилы кабеля КНР, состаренного в течение 25 лет при комнатных условиях (кривые 2–5), и изоляции жилы (кривая 1), полностью разрушенной после более 40 лет хранения на воздухе.

Например, для полностью разрушенной резиновой изоляции жилы (кривая 1) более 50 % значений лежат в пределах $H_{\text{из. ж}} > 95$.

Шланговая изоляция кабеля КНР (кривая 2) после 25 лет хранения при комнатных условиях практически утратила упругость (95 % значений лежат в пределах $H_{из. ш.} < 92$), но видимых поперечных трещин не наблюдается.

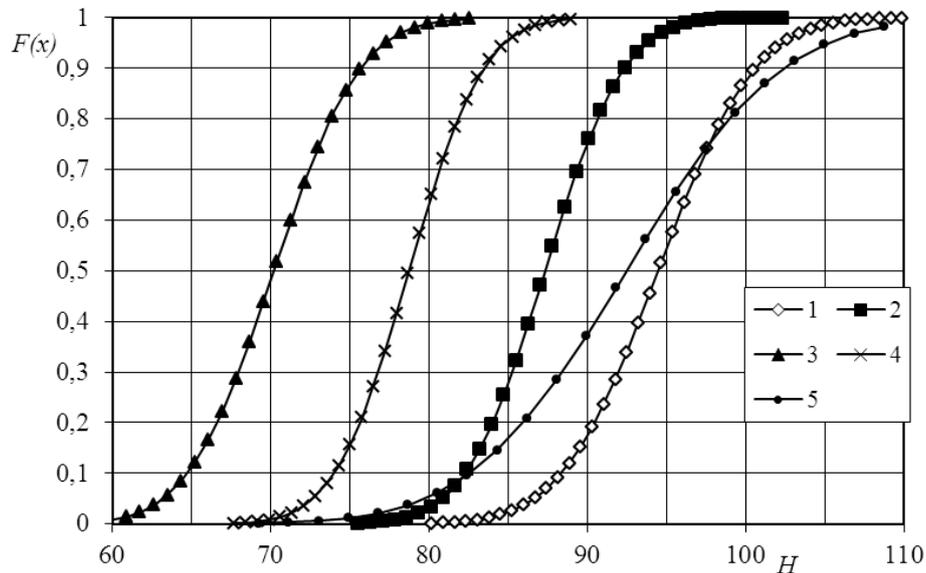


Рисунок 3 – Функция распределения $F(H)$ твердости изоляции кабеля КНР $3 \times 4 \text{ мм}^2$:
 1 – изоляция жилы (более 40 лет старения); 2 – шланговая изоляция кабеля (без трещин);
 3 – изоляция жилы внутри шланга; 4 – изоляция жилы вне шланга (на воздухе) без трещин;
 5 – изоляция жилы вне шланга (на воздухе) с трещинами

Выводы

Представленные результаты исследований твердости шланговой изоляции и изоляции жилы показывают, что наиболее интенсивно разрушается и подвержена влиянию старения изоляция жилы кабелей, находящаяся в контакте с воздухом. Учитывая, что вскрытие силовых сетей питания и замена устаревших светильников, производится нерегулярно, велика вероятность коротких замыканий оголенных проводов и пожаров на борту судна.

Литература

1. Власов, А. Б. К вопросу о сроке службы кабелей с резиновой изоляцией / А. Б. Власов // Судостроение. – 2003. – № 1. – С. 45–47.
2. Власов, А. Б. Термографические испытания судового кабеля под воздействием пламени / А. Б. Власов, С. А. Буев // Судостроение. – 2014. – № 1. – С. 42–44.

Экспресс-диагностика свойств кабелей с резиновой изоляцией

Власов А. Б., Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovab@mstu.edu.ru)

Аннотация. Предложен метод экспресс диагностики, основанный на измерении твердости шланговой изоляции и изоляции жилы кабельных трасс в процессе их эксплуатации на судах. Изучены свойства резиновой изоляции кабелей выдержанных при повышенных температурах в течение длительного времени.

Abstract. The offered method express diagnostics, founded on measurement of hardness of shank insulation and insulating the vein of the cable routes in process of their usages on court. The studied characteristic to rubber insulating the cables self-possessed under raised temperature for long time.

Ключевые слова: твердость изоляции, кабели, старение изоляции.

Key words: hardness of insulation, diagnostics, insulating the cables.

Аналізу подвергнуты судовые кабели, которые находились в лабораторных условиях в течение 25–30 лет как при различных температурах: КНР, КНРЭ, КНРЭК, КВДНЭ-100, КРНЭГ-30, СМПВЭ, КНРЭВ и другие (табл. 1).

Исходная изоляция кабелей характеризуется эластичными свойствами; значения твердости изоляции жилы, например, для кабеля КНР, лежат в пределах $H_{из. ж.} = (66,3 \pm 1,6)$ НА; шланговой изоляции – $H_{из. ш.} = (79,1 \pm 1,9)$ НА.

Изоляция жилы кабеля КНР, состаренная и полностью разрушенная на воздухе в течение более 40 лет, имеет значения твердости в диапазоне $H_{из. ж. в.} = (94,5 \pm 1,5)$ НА.

Анализ результатов таблицы показывает особенности и закономерности длительного старения кабелей при комнатных температурах. Например, по мере времени выдержки кабеля в течение 25–30 лет твердость шланговой изоляции H возрастает до средних значений $H = 80 \dots 94$ НА.

При многолетней (25–30 лет) выдержке кабелей при комнатной температуре даже при относительно высоких значениях $H_{из. ш.}$ (в диапазоне $H_{из. ш.} = 93 \dots 95$ НА) на поверхности шланговой изоляции не образуются трещины, свидетельствующие о нарушении электроизоляционных свойств и делающие невозможным дальнейшую эксплуатацию кабеля [1]–[5].

Ускоренные испытания по старению кабельной изоляции (КНРГ), проводимые при повышенных температурах (110–140 °С) показали, что при средних значениях твердости в диапазоне $H_{из. ш.} = (97,2 \pm 0,5)$ НА

на поверхности шланговой изоляции появляются сквозные трещины, из-за которых кабель теряет свои эксплуатационные свойства.

Исследование изоляции жилы кабеля типа КНР, состаренной в течение времени более 40 лет на воздухе и полностью разрушенной, показано, что значение ее твердости равно $H = 94,5 \pm 1,4$ НА.

Таблица 1 – Типы исследуемых кабелей и отдельные результаты испытаний

№№	Тип Кабеля	Годы	Шланговая изоляция	Изоляция жилы вне шланга	Изоляция жилы в шланге
			$H_{из. ш} \pm \square H$	$H_{из. ж. в} \pm \square H$	$H_{из. ж. ш} \pm \square H$
КНР					
1_1	КНР 4x1,5	0,5	71,9 ± 0,9	66,3 ± 1,6	
1_2	КНР1x1,5	30	93,3 ± 2,3	69,0 ± 2,5	
1_3	КНР1x25	30	86,0 ± 1,4	77,0 ± 3,5	
1_4	КНР1x35	30	88,8 ± 1,9	72,4 ± 2,1	
1_5	КНР 1x70	30	87,4 ± 1,0		
1_6	КНР 2x1,5	30	93,0 ± 1,9	76,5 ± 4,0	
1_7	КНР 2x50	30	74,9 ± 1,9	72,1 ± 1,7	
1_8	КНР 3x4	25	87,3 ± 1,5	78,7 ± 1,4	70,2 ± 1,6
1_9	КНР 3x4	25	87,3 ± 1,5	92,5 ± 1,5	70,2 ± 1,6
1_10	КНР 4x1,5	17	93,6 ± 1,2	78,8 ± 1,8	
1_11	КНР4x4	3	81,5 ± 1,2	71,1 ± 2,8	69,8 ± 2,8
1_12	КНР 7x2,5	17	82,5 ± 0,7	79,3 ± 0,7	
1_13	КНР 24x2,5	30	93,0 ± 1,4	75,0 ± 1,5	
1_14	КНР 1x1,5	40			94,5 ± 1,5
КНРЭ					
2_1	КНРЭ 2x1,5	0,5	69,0 ± 0,7	66,6 ± 1,6	
2_2	КНРЭ 2x1,5	30	94,6 ± 0,6	76,0 ± 1,2	
2_3	КНРЭ 3x1,5	17	85,9 ± 0,7	79,4 ± 0,5	
2_4	КНРЭ 3x2,5	30	91,8 ± 0,4	75,5 ± 1,9	
2_5	КНРЭ 3x4	17	79,9 ± 1,9	76,0 ± 2,8	
2_6	КНРЭ 3x4	25	92,6 ± 0,3	96,4 ± 0,9	76,9 ± 1
2_7	КНРЭ 1x25	30	92,0 ± 0,7		
2_8	КНРЭ 2x25	30	90,4 ± 0,6	77,4 ± 2,8	
2_9	КНРЭ 3x25	30	94,6 ± 0,7		
НРШМ					
3_1	НРШМ 3x1,5	17	88,5 ± 1,2	82,5 ± 1,6	
3_2	НРШМ 3x16	17	77,5 ± 1,1	75,2 ± 1,5	
КВДНЭ					
4_1	КВДНЭ-100 2x1,5	30	93,1 ± 0,6		
4_2	КВДНЭ-100 10x1,5	30	92,1 ± 2,8		
4_3	КВДНЭ-100 33x2,5	30	92,2 ± 1,2		

Окончание табл. 1

№№	Тип Кабеля	Годы	Шланговая изоляция	Изоляция жилы вне шланга	Изоляция жилы в шланге
			$H_{из. ш} \pm \square H$	$H_{из. ж. в} \pm \square H$	$H_{из. ж. ш} \pm \square H$
КНРГ					
5_1	КНРГ 3x1,5	25	97,2 ± 0,5	трещины	
КНРЭК					
6_1	КНРЭК 2x1,5	0,5	90,7 ± 0,5	71,1 ± 0,5	
6_2	КНРЭК 3x4	17		79,3 ± 2,1	
6_3	КНРЭК 3x1,5	25	88,6 ± 1	90,9 ± 2,8	68,6 ± 2,8

Испытания кабеля КНР 3x4 мм², состаренного в течение в течение 25 лет показали:

– твердость изоляции жилы, находившейся в объеме шланга, составляет $H_{из. ж. ш} = 70 \pm 1,6$ НА, в то время как 33 % поверхности изоляции жилы, находившейся в контакте с воздухом имеют выраженные трещины при $H_{из. ж. в.} = (92,5 \pm 1,6)$ НА, а 67 % поверхности изоляции не имеют трещин, но характеризуются относительно повышенной твердостью при $H_{из. ж. в.} = (78,7 \pm 1,4)$ НА. Аналогичный результат подтверждается испытаниями кабеля КНРЭК, у которого твердость изоляции жилы составляют: вне шланга $H_{из. ж. в.} = (90,9 \pm 2,8)$ НА и внутри шланга $H_{из. ж. ш} = (68,6 \pm 2,8)$ НА, соответственно; при этом, более 50 % изоляции жилы, состаренной в контакте с воздухом имеет выраженные трещины.

Сравнение тенденции изменения твердости со временем изоляции различных кабелей позволяет сделать выводы:

- при одинаковом времени старения (до 30 лет при комнатной температуре) твердость шланговой изоляции увеличивается (у кабелей идентичной марки) по мере увеличения диаметра изоляции и количества жил;
- изоляция жилы, заключенная в объеме ненарушенной шланговой изоляции, остается относительно гибкой без трещин в течение длительного времени;
- в значительной степени изменяются свойства изоляции жилы, находящиеся в контакте с воздухом (концы вне шланга), по сравнению со свойствами изоляции жилы, заключенной в шланговой изоляции.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что трещины на поверхности шланговой изоляции появляются при средних значениях твердости

более $H_{из. ш} = (95-97)$ единиц, в то время, как в изоляции жилы трещины появляются при средних значениях $H_{из. ж}$ в пределах (90–92) НА.

Особое внимание следует уделять разделанным концам изоляции кабелей, участкам, где изоляции жилы в течение длительного времени контактирует в воздухе при повышенных температурах эксплуатации.

Подобные испытания актуальны для диагностики кабельной изоляции на судах, выбраковке кабелей перед ремонтом, устранения пожароопасных ситуаций.

Литература

1. Власов, А. Б. К вопросу о сроке службы кабелей с резиновой изоляцией / А. Б. Власов // Судостроение. – 2003. – № 1. С. 45–47.

2. Власов, А. Б. Исследование изоляции судовых электрических машин в процессе эксплуатации и судоремонта / А. Б. Власов // Вестник ФГБОУ ВПО «МГТУ». Труды Мурманского государственного технического университета. – 2008. – Т. 11, № 3. – С. 475–482.

3. Власов, А. Б. Способ определения теплофизических характеристик материалов. Патент РФ на изобретение № 2224245, заявка № 202108341, МКП 7 G 01 N 25/18, 2003.

4. Власов, А. Б. Тепловой метод прогнозирования срока службы кабелей с резиновой изоляцией / А. Б. Власов // Электрика. – 2003. – № 1. – С. 27–31.

5. Власов, А. Б. Термографические испытания судового кабеля под воздействием пламени / А. Б. Власов, С. А. Буев // Судостроение. – 2014. – № 1. – С. 42–44.

Анализ тепловых процессов в кабелях с резиновой изоляцией на основе количественной термографии

Власова С. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с тепловизионной диагностикой кабельных трасс в процессе их эксплуатации на судах. Изучены свойства изоляции кабелей выдержанных при повышенных температурах в течение длительного времени.

Abstract. The considered questions connected with thermovision diagnostics of the cable routes in process of their usages on court. The studied characteristic to insulating the cables self-possessed under raised temperature for long time.

Ключевые слова: тепловизионная диагностика, кабели, старение изоляции.

Key words: IR thermography, thermovision diagnostics, insulating the cables.

Анализ тепловых свойств эластомеров в процессе их старения является актуальным для разработки методов оценки их технического состояния и выбраковки при ремонте и эксплуатации судов.

Данной проблеме посвящены материалы [1], в которых рассматриваются вопросы изменения свойств эластомеров, на основе которых создаются морские кабели.

Изучены вопросы нагрева кабельной изоляции (кабель типа КНР 3х1,5), подвергнутой ускоренному старению при повышенных температурах (130–140 °С) вплоть до появления трещин. В процессе эксперимента произведен анализ увеличения температуры на поверхности кабеля со временем при протекании тока по его жиле (рис. 1).

Температура контролировалась методами оптической пирометрии [2]: по мере нагрева кабеля контролировалась температура поверхности путем анализа последовательно снимаемых термограмм и построения гистограмм участков поверхности.

Результаты испытаний показывают, что по мере старения материалы шланговой изоляции (резина типа РШН) и резиновая изоляции жилы теряют эластичность, возрастает плотность изоляции и уменьшается теплоемкость материала.

Представляет интерес анализ нагрева кабелей при импульсной подаче тока на жилу в течение ограниченного времени. Данный метод аналогичен методам [3], в которых исследуются свойства диэлектрических материалов при неравновесных тепловых процессах.

Например, протекание по жиле импульсного тока (25 А) в течение 20 с температура поверхности жилы возрастает на несколько градусов (в течение 30–40 с), после чего, достигнув максимального значения, монотонно уменьшается за счет теплоотдачи в воздух.

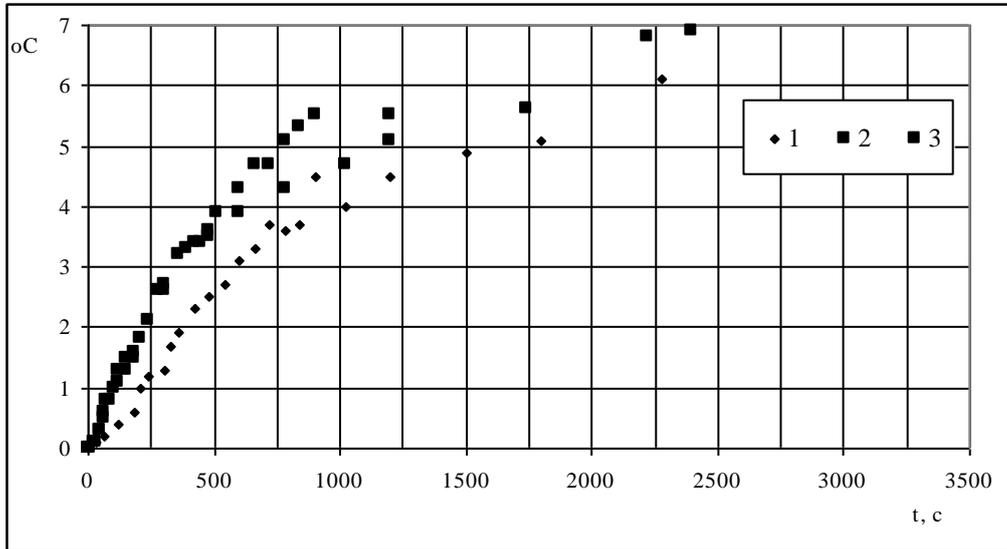


Рисунок 1 – Изменение скорости увеличения температуры на поверхности кабеля при протекании тока: 1– исходный; 2 – состарен 14 часов; 3 – состарен 20 часов

Данное изменение температуры поверхности объясняется прохождением тепловой волны через объем изоляции.

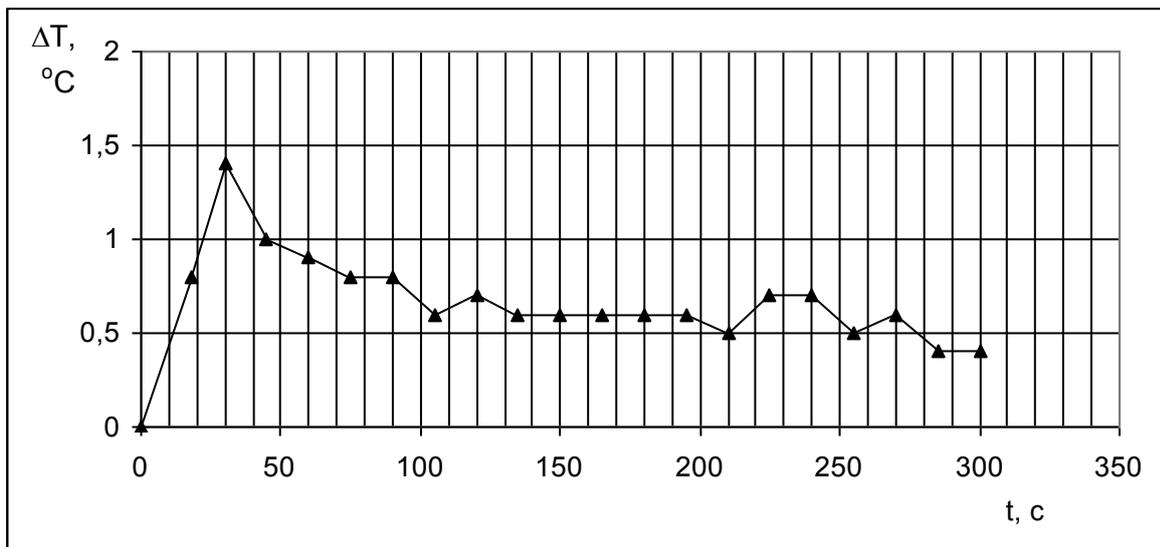


Рисунок 2 – Изменение температуры поверхности кабеля типа КНР при импульсном токе жилы

Подобный метод может быть эффективен при анализе переходных тепловых режимов в изоляции и оценке их теплофизических свойств.

Применение метода ограничивается незначительной толщиной изоляции жилы и шланговой изоляции морских кабелей и сложностью его реализации в условиях эксплуатации.

Литература

1. Власов, А. Б. К вопросу о сроке службы кабелей с резиновой изоляцией / А. Б. Власов // Судостроение. – 2003. – № 1. – С. 45–47.
2. Власов, А. Б. Термографические испытания судового кабеля под воздействием пламени / А. Б. Власов, С. А. Буев // Судостроение. – 2014. – № 1. – С. 42–44.
3. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
4. Власов, А. Б. Модели и методы термографической диагностики теплового состояния электрооборудования / А. Б. Власов. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 216 с.

Зависимость погрешности и запаса метрологической надежности от срока службы средств измерений из различных материалов

Ефремов Л. В., Кумова Ж. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail:zhannakmv@yandex.ru)

Аннотация. В статье представлены разработки по стенду для ресурсных испытаний мерительного инструмента, который позволяет определять зависимость погрешности и запаса метрологической надежности от срока службы средств измерений из различных материалов.

Abstract. The article presents the development of the stand for fatigue tests measuring tool, which allows to determine the dependence of the error and the stock metrological reliability from the date of service of measuring instruments of various materials.

Ключевые слова: погрешность измерения, запас метрологической надежности, средство измерения, срок службы средств измерений, выборка измерений, систематическая погрешность, случайная погрешность, эталон, поправка.

Key words: measurement error, the margin of metrological reliability, measurement tool life measurement, sampling, measurement, systematic error, random error, the standard amendment.

Испытания выполнялись на стенде, разработанным и изготовленным к. т. н., доцентом кафедры судовых энергетических установок ФГБОУ ВПО «МГТУ», Сергеевым К. О. [1].

Планирование и регистрация испытаний фиксировалась в протоколах испытаний по программе в редакторе EXCEL, разработанной и откорректированной д. т. н., профессором Ефремовым Л. В.

В программе предусмотрено определение зависимости характеристик погрешности и запаса метрологической надежности (ЗМН) от накопленного числа циклов с учетом частоты движения стенда с одновременной оценкой срока службы средства измерения (СИ), которым служил металлический штангенциркуль ШЦ-I-250 ГОСТ 6507.

Измерения выполнены аспирантом кафедры Технологии металлов и судоремонта Кумовой Ж. В. при постепенном накоплении опыта для совершенствования методики испытаний [2]. Продолжительность сеанса испытаний 3–4 часа с отработкой 21 600 циклов за сеанс (что соответствует 8 годам эксплуатации СИ).

Были отработаны методы повышения достоверности измерений, в частности применялось фотографирование шкалы нониуса (рис. 1) с большим разрешением и увеличением.

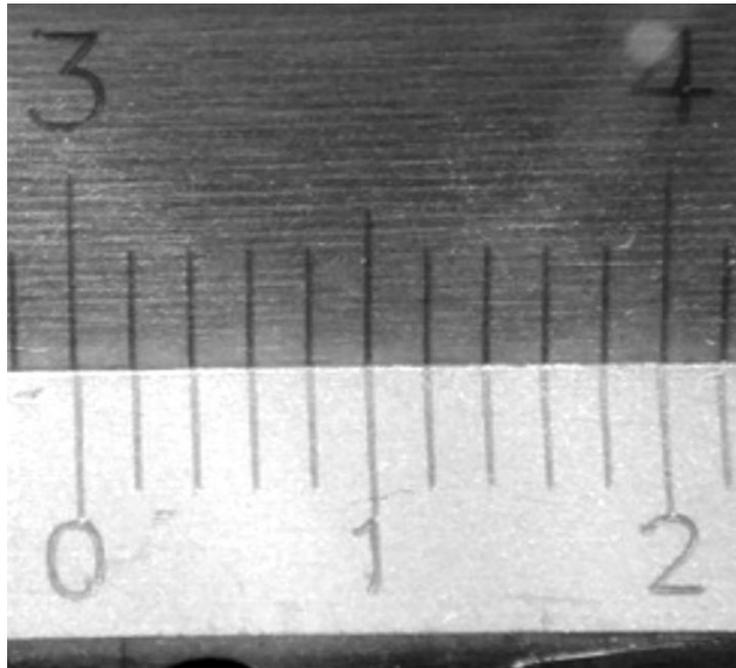


Рисунок 1 – Фотография шкалы нониуса СИ

Это позволило получить более точные вектора погрешности для выборки измерений с оценкой систематической и случайной погрешности (с учетом цены деления шкалы 0.02 мм).

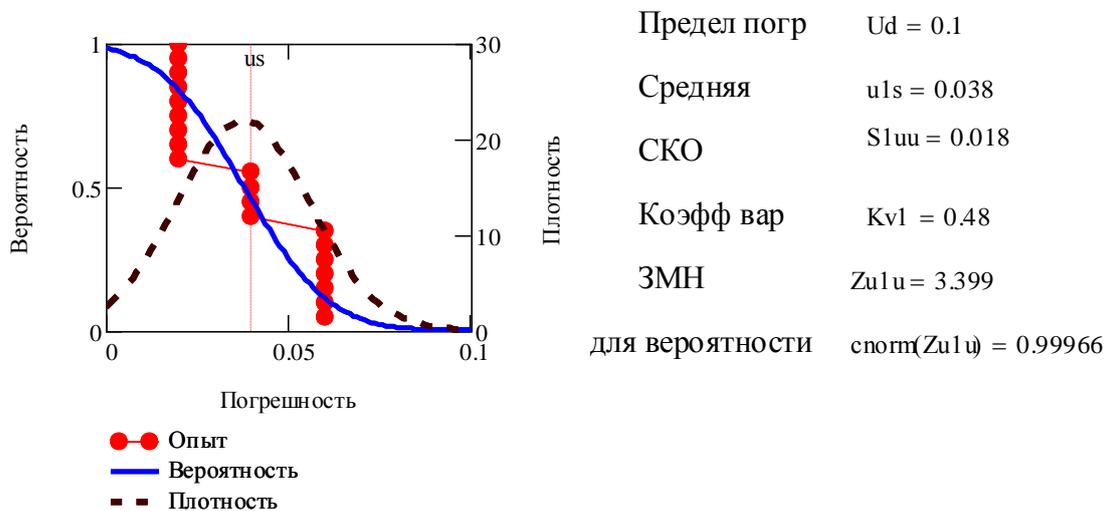


Рисунок 2 – График зависимости погрешности от плотности и вероятности распределения

После двух сеансов измерений с контрольными за мерами погрешности цифровым штангенциркулем типа ШЦЦ-I-150 ГОСТ 6507 установлено наличие систематической погрешности 0.04...0.036, которая является погрешностью эталона, а не самого СИ. На этом основании в программу была

внесена поправка для ее учета в опорной величине эталона (рис. 3), что позволило использовать в качестве предела погрешности величину 0.05 мм.

Эталон	30	Погр этал	0.036	
Цена деления	0.02			
Предел, мм	0.05			
Нагрузка, Н	10	уточнить		Для прогноза срока службы
Частота Ц/мин	90	уточнить		Раз в сутки
Опорный, мм	30.036			Дней в году
Мишень, мм	30			270
Указать координаты места ударов губок о мишень (фото)				Ранее циклов
				20000

Рисунок 3 – Протокол программы испытаний

Статистический анализ результатов первых четырех сеансов испытаний с накопленной наработкой около 96 000 циклов показал, что увеличение ЗМН результатов измерений (см. рис. 4) происходит из-за уменьшения систематической и случайной погрешности.

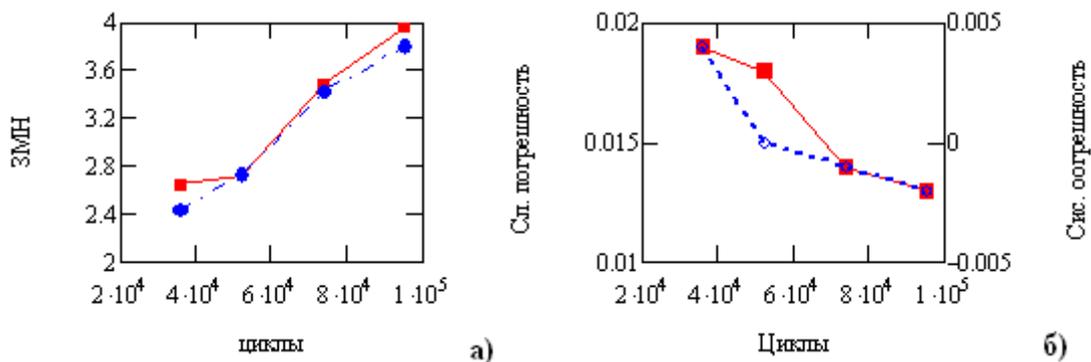


Рисунок 4 – Графики зависимости ЗМН (а), систематической и случайной погрешности (б) от циклов испытаний СИ

Это связано с тем, что изнашивается в основном не металлический ШЦ (СИ) как видно на рис. 5 (а), а концевая мера, погрешность которой постепенно снижается вследствие ее износа рис. 5 (б). Для проверки причин и планирования дальнейших испытаний стенд был временно разобран, сняты замеры погрешности эталона в районе губок, а также твердость СИ и эталона и их соотношения.

Указанные испытания продолжены после сборки и подготовки стенда в течение двух месяцев. Срок службы данного типа СИ по износу составляет не менее 30 лет.

Испытания данного СИ (металлический ШЦ) целесообразно было прервать для проведения подобных испытаний (в течение 1 недели)

на школьном штангенциркуле ШЦ-I-150 ГОСТ 6507, выполненным из пластмассы с целью определения тренда погрешности вследствие износа менее износостойкого материала.

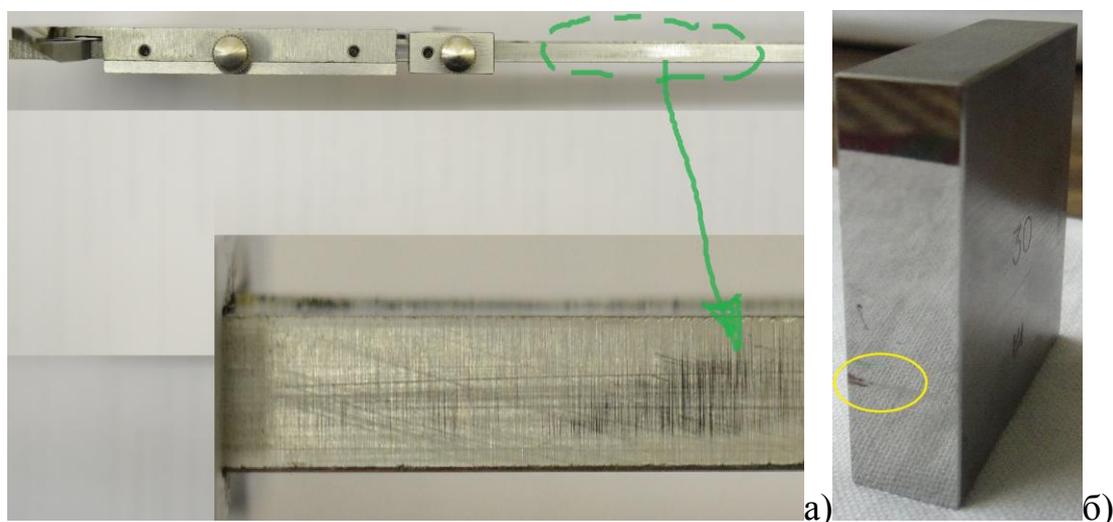


Рисунок 5 – Износ поверхности: средства измерения (а), эталона (б)

Данная методика испытаний СИ из пластмассы заключается в следующем:

- проведено измерение твердости материала пластмассового и стального ШЦ (губок) и сравнение их величин при одинаковом методе оценки;
- была использована новая программа «Стенд 3»;
- перед установкой на стенд при нулевой наработке замерена исходная погрешность системы «СИ – эталон» для оценки поправки. При первых замерах значение погрешность эталона принято равным ноль (а не 0.038). Затем принята та же поправку, учитывая, что цена деления 0.05 мм.

При выполнении первого сеанса в течение 4 часов делались остановки через 20 мин для осмотра исправности СИ и пробного снятия погрешности. Фиксация измерений продолжалась по 10 замеров.

Все этапы и шкала нониус с результатами испытаний были сфотографированы.

Результаты испытаний показали, что скорость изменения тренда систематической погрешности СИ, выполненного из пластмассы в 20 раз выше, чем у металлического (по полученным испытаниям срок службы пластмассового изделия составит 2 года). Сравнение износостойкости в зависимости от свойств материала косвенно подтверждает работоспособность рассмотренного способа стендовых ускоренных испытаний [3].

Литература

1. Стендовые ресурсные испытания мерительного инструмента / Л. В. Ефремов, Л. С. Баева, К. О. Сергеев, Ж. В. Кумова // Сб. матер. : XI сессия Международной научной школы «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов», СПб. : ИПМаш РАН, 2013.

2. Кумова Ж. В. Программа испытаний мерительного инструмента на метрологическую надежность. Стендовые ресурсные испытания мерительного инструмента // Сб. матер. : XI сессия Международной научной школы «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов», СПб. : ИПМаш РАН, 2013.

3. Ефремов, Л. В. Вероятностные проблемы ресурсных испытаний : монография. – СПб. : Art – Xpress, 2014. – 160 с.

Опыт применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов LS2-3500 БАТ типа «Горизонт»

Жуков А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: ZhukovAS@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов LS2-3500, рассматриваются типичные дефекты, делаются выводы об их надежности и эффективности применения методик диагностики для судов рыбопромыслового флота.

Abstract. In this article results of undismantled diagnostics application are considered for reducing gears of LS2-3500 type technical condition determination, typical defects are observed, conclusion of diagnostic methods reliability and efficiency application are done for fishing fleet vessels.

Ключевые слова: безразборная диагностика, редуктор, дефекты, подшипник, виброускорение.

Key words: CIP diagnosis, reducer, defects, bearing, vibration acceleration.

Введение

В последние десятилетия ряд дизелестроительных фирм стали использовать методы и средства технической диагностики для совершенствования программ технического обслуживания, призванного повысить работоспособность и ресурс двигателей, исключить непредвиденные поломки и повреждения. Особое значение использование средств технической диагностики приобретает в условиях старения основных фондов флота рыбной промышленности. Существенного снижения затрат на обеспечение работоспособности флотов можно добиться переходом на обслуживание и ремонт оборудования не по сроку наработки, а по фактическому состоянию. Такой переход невозможен без эффективного контроля состояния оборудования с обнаружением всех потенциально опасных дефектов на стадии зарождения и долгосрочным прогнозом их развития.

Для определения фактического состояния редуктора перед ремонтом проводится дефектация его узлов и деталей. Согласно ТУ № 473-143.227УР на ремонт редукторов LS 2-3500, разработанные институтом ГИПРОРЫБФЛОТ, рекомендуется проводить дефектацию подшипников по 17 позициям, которые в основном касаются различных дефектов, определяемых визуально по приведенным в ТУ образцам. Причем для этого требуется не только разборка редуктора, но и снятие подшипников с вала.

Следует так же учесть, что у подшипников с развитыми сепараторами осмотр поверхностей затруднен, даже если удастся развернуть сепаратор с телами качения для получения доступа к дорожкам. При не демонтированном подшипнике осмотр практически невозможен, а прокатывание щупа для определения осевого зазора (что также используется в практике ремонтов) малоинформативно, потому что наиболее опасными дефектами подшипника являются раковины, трещины обойм, тел качения и подклинивание сепаратора. Изменение радиального зазора информации об этих дефектах не содержит. Поэтому подшипники часто меняются по наработке и по принципу – если разобрали, лучше заменить. Меняют подшипники и по эксплуатационным признакам – нагреву, субъективному шуму и т. д., т. е. показателям не обязательно свидетельствующим об отказе подшипника. [2] Применение безразборных методов диагностики позволяет выявить скрытые дефекты, неисправности и предупреждать отказы, прогнозировать ресурс исправной работы механизма. Все это обеспечивает значительную экономию затрат на сменно-запасные части и материалы для планово-предупредительных ремонтных работ, увеличивает срок службы и надежность механизма.

ООО «ДиаМАНТ», совместно с кафедрой судовых энергетических установок ФГБОУ ВПО «МГТУ» проводит диагностику судовых редукторов судов типа «Горизонт» с 1991 года. Методика основана на совместном использовании двух критериев: анализе параметров виброакустического сигнала зацепления зубчатых передач и анализе масла на продукты износа. Основным критерием оценки технического состояния редукторов по параметрам вибрации является соответствие полученного максимального по точкам контроля уровня среднего квадратичного (эффективного) значения виброускорения в третьоктавных полосах частот, выраженного в дБ относительно порогового уровня с нормой вибрации редуктора так же выраженной в виде третьоктавного спектра. Статистически норма вибрации разрабатывалась на первоначальном этапе проведения работ, подтверждалась контролем состояния (вскрытие и обмеры) и согласовывалась с Российским морским регистром судоходства (РМРС).

Соответствие фактических уровней вибрации редуктора норме не означает заведомого отсутствия зарождающихся дефектов подшипников качения агрегата, во многом определяющих его остаточный ресурс, поэтому во всех случаях, связанных с диагностикой для ремонта по техническому состоянию, дополнительно проводится спектральный анализ огибающей высокочастотной компоненты вибрации. В качестве критерия диагностики

зарождающихся дефектов подшипников качения является наличие в спектре огибающей высокочастотной компоненты вибрации дискретных составляющих на характерных подшипниковых частотах вращения сепаратора подшипника (f_c , частоте перекачивания тел качения по наружному $f_{нк}$ и внутреннему $f_{вк}$ кольцу).

Критерии оценки технического состояния по продуктам износа в маслах приняты следующими: считается удовлетворительным рабочее состояние редуктора при показателях содержания металлов в масле (опытные данные) железа менее 15 г/т; меди менее 10 г/т; хрома менее 3 г/т. При увеличении концентрации металлов на 30 %, указанных выше значений, производится контрольный узкополосный анализ вибрации с последующим заключением о необходимости вскрытия, ремонта. [3]

2. Состав судовых энергетических установок

В состав гребной установки БАТ типа «Горизонт» входит дизель – редукторный агрегат IV-2, состоящий из двух дизелей типа 6 ЧРН 52,5/72 и редуктора типа LS2x3500. Кинематическая схема дизель – редукторного агрегата приведена на рис. 1.

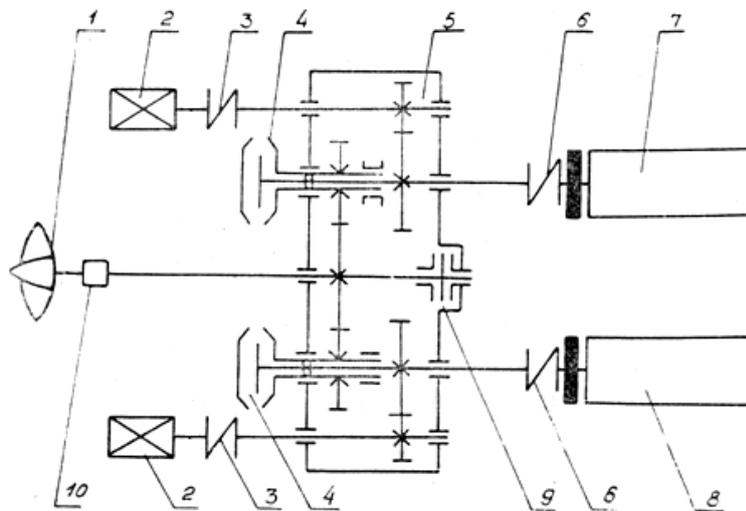


Рисунок 1 – Кинематическая схема ДРА IV-2:

- 1 – ВРШ; 2 – валогенератор 1500 кВт; 3 – муфта Вулкан EZ195;
 4 – разобщительная муфта Вулкан – Меслу-191; 5 – редуктор LS 2×3500;
 6 – муфта Вулкан EZ359; 7 – дизель 6L525IPVV левый; 8 – дизель 6L525IPVV правый;
 9 – упорный подшипник; 10 – МИШ

Редуктор с понижением оборотов осуществляет через разобщительные пневматические муфты передачу мощности на винт регулируемого шага, а также отбор мощности через мультипликаторы на два генератора переменного тока мощностью. Для восприятия упора от гребного винта

в редукторе предусмотрен упорный подшипник. Двигатели соединены с редуктором посредством упругих муфт Вулкан EZ359.

Таблица 1 – Технические данные редуктора TKG-0350

Тип	SKODA LS 2x3500
КПД передачи на гребной вал, %	98
Передаточное число от двигателя:	
– на гребной вал	1,72
– на валогенераторы переменного тока	6
Номинальная передаваемая мощность от двигателя, л. с.	2 3 500
Частота вращения, мин ⁻¹ :	
– ведущего вала	250
– гребного вала	145
валогенераторов переменного тока	1 500

Четырехлопастной гребной винт регулируемого шага марки ВР-13860М5 в комплекте с приводными двигателями имеет автоматизированное дистанционное управление. Изменение нагрузки на приводные двигатели осуществляется изменением шагового отношения ВРШ при постоянной частоте вращения [1]. Из приведенного описания видно, что подшипниковые узлы редуктора имеют сложную конструкцию и соответственно требуют определенного опыта для их дефектации и замены при ремонте. Кинематическая схема редуктора приведена на рис. 1, а технические данные в табл. 1.

3. Результаты диагностики

За указанный период была проведена диагностика семи редукторов, которые диагностировались в течение продолжительного периода времени. Диагностика проводилась, как правило, перед очередными освидетельствованиями судов. Результаты диагностики приведены на рис. 2.

Два редуктора дефектов не имели в течение всего периода наблюдения. Значения виброскорости на редукторе в частотном диапазоне (1,2–160 Гц) не превышали норму Регистра для ГТЗА (Категория «А»), а значения виброускорения среднестатистическую норму по 150-04.688 ИТ. Содержание продуктов износа в масле (металлов) редуктора ГД соответствовало удовлетворительному состоянию деталей системы, что свидетельствовало об отсутствии интенсивных износов деталей редуктора. Развитые дефекты подшипников редуктора отсутствовали.

В пяти редукторах были обнаружены развитые дефекты подшипников качения. Дефекты приводили к увеличению высокочастотной компоненты в третьоктавном спектре вибрации (не всегда с превышением среднестати-

стической нормы по 150-04.688 ИТ) и выявлялись при анализе огибающей. Все пять редукторов имели дефекты подшипников качения ведущих валов ГД 1 и ГД 2, два из которых имели повышенные зазоры, в подшипниках скольжения, виброактивность редуктора превышала среднестатистическую норму в области низких частот (до 20 Гц) и в области 80–315 Гц. При дополнительном анализе сигналов вибрации, с применением цифровой фильтрации, выявлено, что на подшипниках ведомых валов редукторов в продольном направлении выявлена модуляция частотой вращения, вызывающая резонанс подшипникового узла вследствие повышенного зазора. У всех вышеперечисленных редукторов зазоры были увеличены, но не превышали предельных допусков.

Два редуктора имели заедание зубьев шестерен валов и незначительный питтинг, по причине изменения геометрии зацепления из-за перекоса ведущего или промежуточного валов. Дефект обнаруживался по результатам спектрального анализа масла, отобранного из системы смазки главного редуктора, превышению статистической нормы в области низких частот (до 60 Гц) и в полосе 1,0 кГц. На одном из редукторов выявлено плохое состояние муфты зацепления.

У шести редукторов были обнаружены зарождающиеся дефекты, в этих случаях редукторы из эксплуатации не выводились, развитие дефектов отслеживалось при эксплуатации, путем замеров при ежегодных освидетельствованиях, и при достижении предельного состояния, производилась замена дефектного узла.

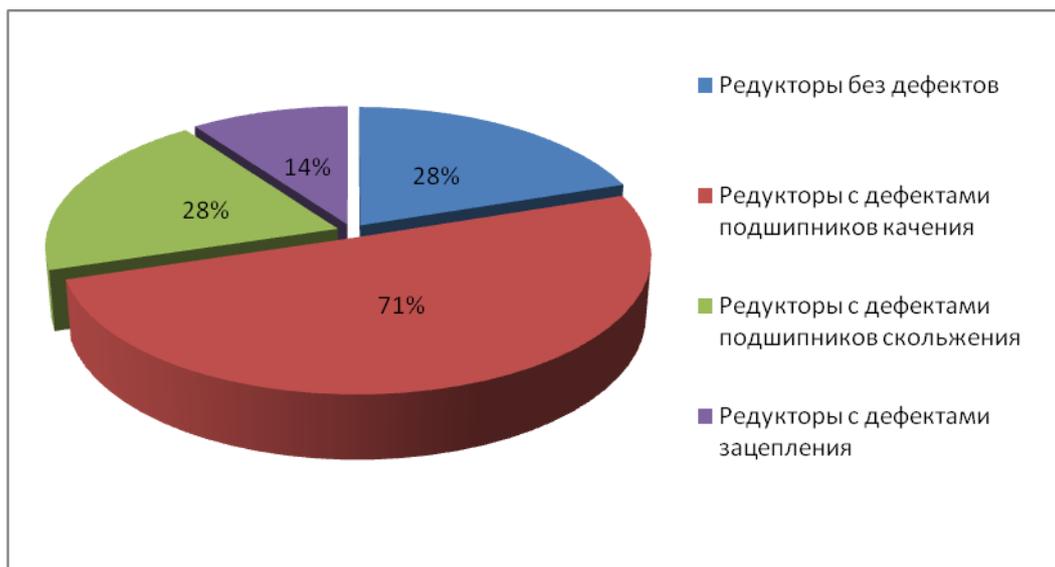


Рисунок 2 – Результаты диагностики редукторов

4. Выводы

Проведенный анализ результатов диагностики редукторов LS2-3500 показал высокую надежность редукторов LS2-3500 в целом. Но при эксплуатации стоит уделять особое внимание подшипникам качения ведущих валов главных двигателей обоих бортов, так как при некоторой наработке на большинстве подшипников зарождается дефект наружного кольца.

В то же время была доказана эффективность применения безразборных методов диагностики в виду выявления неисправностей, зарождающихся дефектов без вскрытия механизма.

Большинство продиагностированных редукторов были допущены к дальнейшей эксплуатации, а некоторые не вскрывались для ревизии в течение времени между двумя очередными освидетельствованиями.

Литература

1. Анцевич, А. В. Дизель редукторные агрегаты рыбопромысловых судов / А. В. Анцевич, П. К. Егоров, А. В. Зувев. – Мурманск : Мурманское книжное издательство, 1983. – С. 8.

2. Жуков, А. С. Проблемы перевода редукторов дизель-редукторных агрегатов на ремонт по состоянию / А. С. Жуков, К. О. Сергеев // Эксплуатация морского транспорта. – 2012. – № 4. – С. 45.

3. Сергеев, К. О. Опыт применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов судов типа «Атлантик 488» / К. О. Сергеев, А. С. Жуков // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 95.

Анализ эффективности энергоиспользования главных двигателей дизель-электрических ледоколов

Злобин А. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: zlobinav@mstu.edu.ru*)

Аннотация. В статье рассматриваются основные результаты статистического анализа уровня загруженности главных двигателей однотипных судов ледокольного флота. Сделан вывод о высокой степени использования дизелей в соответствующих многомашинных энергетических установках, на основании чего было сделано предположение о целесообразности сокращения числа дизель-генераторных агрегатов на подобных судах.

Abstract. The article discusses the main results of the statistical analysis of the level of congestion of the main engines of the same type of icebreaking fleet. The conclusion about a high degree of use of diesel engines in the relevant multi-machine power plants, on the basis of what has been suggested the desirability of reducing the number of diesel-generator units to such courts.

Ключевые слова: главный двигатель, главный дизель-генератор, ледокол, судовая энергетическая установка.

Key words: main engine, main diesel generator, icebreaker, marine power plant.

Основной задачей исследования является проведение анализа эффективности использования главных двигателей (ГД) ледоколов типа «Капитан Сорокин». Анализ проводится по методике, предложенной Мурманским филиалом ЦНИИМФ. В качестве основных характеристик приняты временные и мощностные показатели работы ГД: количество работающих ГД, суммарное количество электроэнергии, выработанное главными дизель-генераторами (ГДГ).

Для решения поставленной задачи были собраны данные из машинных и электромеханических журналов трех однотипных ледоколов: «Капитан Сорокин», «Капитан Николаев», «Капитан Драницын» за один год их работы в Арктике по проводке караванов транспортных судов в ледовых условиях. Выборки данных производились для разных времен года, но для одного и того же района плавания (Енисейский залив, река Енисей) при различной ледовой обстановке.

Были сделаны выборки следующих данных: по наработке ГД за сутки, количеству работающих двигателей, количеству выработанной электроэнергии, нагрузке ГД и т. д. Согласно исходных данных нагрузка на рабо-

тающие ГД всегда распределялась равномерно, что, естественно, отвечает требованиям оптимального режима при имеющем место фактическом числе работающих двигателей. Математическая обработка производилась с помощью приложения «Excel» пакета «MS-Office», разработанного корпорацией «Microsoft».

По результатам обработки исходных данных был выявлен характер распределения наработки дизелей по величинам нагрузок помесечно и за год для всех трех судов. В результате расчетного исследования получены усредненные характеристики распределения относительной наработки дизелей по величинам относительной их мощности (нагрузки) за исследуемый период. Усреднение проводилось по величинам нагрузок на ГД одной судовой энергетической установки (СЭУ) за месяц и ежемесячных данных за год. В конечном итоге получена усредненная по трем судам характеристика распределения относительной наработки по относительной нагрузке ГД за исследуемый период.

Результаты обработки исходных данных и расчета распределения показывают, что подавляющую часть ходового времени гребная установка работает с полным числом ГДГ а средняя нагрузка на первичные двигатели составляет 79 %. Вычисленное по полученным значениям среднеквадратичное отклонение составило 13 % и, таким образом, диапазон наиболее часто имеющих место режимов лежит в пределах 66–92 %. При этом величины относительных нагрузок на ходовых режимах – как усредненные по трем судам, так и по каждому судну в отдельности – укладываются в указанный диапазон практически полностью. Некоторую часть ходового времени составляют режимы с нагрузкой свыше 92 %. Стоит отметить, что уже на первом этапе – первичной обработки исходных данных – было выявлено, что согласно машинных журналов эпизодически имели место режимы с нагрузкой 97,5 %, что фактически является предельно допустимой величиной для длительной работы. Оговоримся, что это замечание сделано без учета допустимого увеличения фактической длительной мощности вследствие понижения температуры окружающего воздуха и забортной воды.

В случае приведения фактической мощности к стандартным условиям возможно относительная мощность окажется меньше. Также заметим, что данная дизельная установка, как и большинство других не оснащена приборами типа MIP-calculator с соответствующими датчиками или какими-

либо другими средствами определения мощности (крутящего момента или среднего индикаторного давления). В машинных журналах нагрузка указывалась в процентах и могла быть определена либо по электрическим параметрам генераторов, либо по положению указателей нагрузки.

Приведем основные результаты проделанной работы. Они будут формулироваться следующим образом:

– учитывая специфику работы гребных установок ледоколов, и принимая во внимание достоинства и недостатки различных типов ГД и передач, дизель-электрическую силовую установку следует признать наиболее оптимальным вариантом для судов такого класса и назначения как ледоколы серии «Капитан Сорокин»;

– подавляющую часть наработки ГД этих судов составляет время работы на режимах приблизительно 70–90 % номинальной нагрузки при включенных в схему питания гребных электродвигателях всех шести ГДГ и равномерном распределении нагрузки между ними.

Первый пункт не нуждается в комментарии за исключением замечания о том, что использование потенциально «конкурирующих» с дизельными ядерных энергетических установок в настоящее время целесообразно, скорее всего, на сверхмощных ледоколах высшего класса.

Что касается второго пункта, то из него вытекает, по крайней мере, два важных вывода:

1) Диапазон основных, наиболее часто используемых нагрузочных режимов ГД практически укладывается в зону оптимальных в общем случае режимов работы дизельного двигателя и в пределы, рекомендованные отраслевым руководящим документом [1]. Это дает основание сделать предварительное заключение о том, что проектная мощность установки оказалась оптимальной для данных судов, по крайней мере, для тех условий эксплуатации (район и тип плавания), при которых все три судна серии реально эксплуатировались. Одновременно можно также предположить, что проектная мощность даже незначительно занижена по отношению к требуемой. На это указывают, во-первых, данные статистической обработки, по которым верхняя граница диапазона вероятных нагрузок несколько превышает 90 % номинальной. Во-вторых, некоторую, хотя и небольшую, часть фактического наработка, согласно машинным журналам, составляют режимы фактически предельной для длительной работы нагрузки. Уточнение указанного пред-

положения может быть сделано на основании дополнительных исходных данных (выполнение плановых показателей, рентабельность перевозок и т. д.) и является самостоятельной задачей.

2) Возникает вопрос оптимальности выбора количества главных двигателей. Дело в том, что основное эксплуатационное преимущество многомашинных установок – возможность путем отключения одного или нескольких двигателей устанавливать предпочтительный режим оставшихся в работе агрегатов в тех случаях, когда мощность, потребляемая гребной установкой ниже номинальной. В главных энергетических установках рассматриваемых судов доля времени работы в таких условиях очень низка и, следовательно, данное преимущество не может быть реализовано. С большой долей обоснованности можно предположить, что оптимальным будет являться количество ГД, равное числу гребных электродвигателей, т. е. трем.

Проведем поверхностный, но по возможности корректный сравнительный анализ двух установок одинаковой суммарной мощности, но с различным числом дизелей.

Если в установке с меньшим числом цилиндров используются дизели той же модели, но с большим числом цилиндров, то удельная мощность и экономичность самих дизелей практически не изменится. Однако упростится компоновка и снизится объем и вес систем, обслуживающих установку.

Если сокращение числа дизелей будет осуществлено за счет форсировки по частоте вращения, то необходимо иметь в виду, что при прочих равных условиях двигатель с большей частотой вращения будет иметь меньший ресурс и больший удельный расход топлива (а также повышенные требования к качеству топлива), но лучшие массогабаритные показатели. Реальность же такова, что двигатели с большим числом оборотов имеют, как правило, меньший объем цилиндра. В результате может оказаться, что легкий быстроходный дизель будет иметь большее число цилиндров, что нежелательно. Если сокращение количества агрегатов идет по пути увеличения их цилиндрического объема, то будет иметь место ситуация, обратная описанной.

Уменьшение числа ГД путем установки машин, более форсированных по среднему эффективному давлению потенциально является фактором снижения надежности и ресурса.

Здесь укажем, что надежность двигателя зависит и от числа цилиндров: чем больше цилиндров, тем выше вероятность отказа при прочих рав-

ных условиях. То же самое можно сказать и о числе дизелей. Иногда встречается утверждение, что чем больше число ГД, тем выше надежность СЭУ. Однако это неверно. Основной (с точки зрения использования) показатель надежности – безотказность. Отказ – потеря работоспособности. Чем больше число двигателей (при одинаковых показателях безотказности), тем выше вероятность отказа одного из них, а – следовательно – и всей СЭУ, так как работоспособность подразумевает способность выполнять все заданные функции, в том числе – развивать полную (номинальную) мощность.

Таким образом, дать однозначный ответ на вопрос об изменении показателей надежности дизельной части установки и гребной установки в целом при изменении числа и типа ГД нельзя; необходимо, по крайней мере, располагать данными по надежности самих дизелей. Можно только говорить о том, что увеличение числа ГД, безусловно, повышает живучесть судна.

Еще одной предпосылкой уменьшения числа дизелей при условии одновременного уменьшения числа цилиндров является то, что увеличение обоих этих параметров повышает затраты на ТО (опять же – при прочих равных условиях).

Выше обозначены далеко не все аспекты вопроса, в частности – упоминавшаяся ранее проблема размещения машин, т. е. габаритов машинного отделения. Например, можно напомнить, что самыми экономичными по удельному расходу топлива, имеющими наибольшую цилиндрическую мощность и, предположительно, достаточно надежными являются двухтактные крейцкопфные малооборотные двигатели, однако они же имеют наихудшие массогабаритные показатели, в частности – большую высоту.

Как видно, количество факторов велико и решение вопроса о количестве и типе ГД является большой, но – может оказаться – актуальной задачей. Предварительно можно предположить оптимальным количество ГД равное трем при соблюдении условия меньшего суммарного числа их цилиндров.

По результатам анализа режимов работы ГД можно сделать еще одно очень важное заключение, а именно – целесообразность установки утилизационных котлов в СЭУ судов рассматриваемого типа и назначения. Их установка может оказаться предпосылкой введения в состав СЭУ утилизационного турбогенератора, что, естественно, повлияет на выбор типа и числа дизель-генераторов. В свою очередь, уменьшение числа ГД и выпускных

трактов благоприятно скажется на целесообразности реализации этого предложения.

Как видно, результаты проделанной работы открывают широкое поле деятельности для последующих разработок.

В заключении сделаем еще одно замечание. Вышеприведенные рекомендации не претендуют на их реализацию путем переоборудования существующих судов, находящихся в эксплуатации почти двадцать лет. Предоставленная информация в большей степени будет полезна специалистам, занимающимся вопросами СЭУ и может иметь значение при разработке новых судов. Особо отметим, что сделанные замечания и предложения справедливы лишь для судов определенного типа и назначения. Напомним, что серия «Капитан Сорокин» состоит лишь из трех судов, причем все они работают в одних условиях. Таким образом, можно предположить, что при создании нового проекта линейного ледокола, круг его эксплуатационных задач будет предельно сужен.

Что касается переоборудования (замены ГД) существующих судов, то такая практика давно и широко применяется в рыбопромысловом флоте. И хотя, оговоримся еще раз, мы не претендуем на реализацию наших предложений путем замены ГД судов серии «Капитан Сорокин», отметим, что замена дизель-генераторов, очевидно, менее сложная задача, чем замена ГД в дизель-редукторных агрегатах или установках с прямой передачей мощности на винт. Что касается экономической обоснованности переоборудования, то эта задача будет решаться, естественно, в случае подтверждения целесообразности и после внесения соответствующего предложения.

Литература

1. РД 31.21.43-85 Рекомендации по выбору режимов работы энергетических установок дизель – электрических ледоколов в зависимости от ледовых условий.

К вопросу формирования тонкопленочных покрытий с целью повышения служебных свойств деталей машин

Колодяжный В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», МЦПК ИДПО, e-mail: kolodyazhnyuvi@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье проведен анализ причин ограниченного использования технологий формирования многофункциональных износостойких покрытий, раскрываются физико-механические основы получения наноструктурированных тонкопленочных покрытий, аморфных металлов в виде тонких поверхностных слоев или пленок. Пленки TiC, TiN, TiB₂ и комбинации с аморфными системами Co–W, Ti–Zr, Fe–W, Cr–W, Fe–Mo, Cr–Fe позволят в несколько раз повысить стойкость режущего инструмента, в значительной степени повысить трибологические показатели деталей машин пар трения.

Abstract. In the article the analysis of the reasons for limited use of technology the development of a versatile wear-resistant coatings are disclosed physico-mechanical basis for the production of nanostructured thin-film coatings, amorphous metals in the form of thin surface layers or films. Films of TiC, TiN, TiB₂ and combinations with amorphous systems Co–W, Ti–Zr, Fe–W, CR–W, Fe–Mo, Cr–Fe will allow to increase the durability of the cutting tool, substantially improve the tribological performance of machine parts bearing couples.

Ключевые слова: многофункциональные износостойкие покрытия, наноструктурированные тонкопленочные покрытия, поверхностный слой, аморфные металлы, атомная структура, термическая устойчивость, наноматериалы, аморфное состояние, охрупчивание.

Key words: multifunctional coatings, nanostructured thin-film coating, the surface layer, amorphous metals, atomic structure, thermal stability, nanomaterials, amorphous state, embrittlement.

Аморфные металлы, также называемые металлическими стеклами, состоят из металла с неупорядоченной атомной структурой (рис. 1). Они могут быть в два раза прочнее высокопрочной стали. Из-за неупорядоченной структуры они могут рассеивать энергию удара.

Известно, что первопричиной разрушения материалов стандартной (микрометрической) структуры с размерами зерен свыше $d > 1$ мкм является формирование трещин, возникающих вследствие концентрации дислокаций у различных дефектов. В наноструктурированных материалах с размерами зерен менее $d < 80...100$ нм проявляется иной механизм разрушения.



Рис. 1 – Аморфный металл

Для подобных материалов преобладающей причиной разрушения являются процессы на межзеренных границах, что связано с меньшим или сравнимым количеством атомов в зернах по сравнению с их количеством на границах. Материал покрытия в наноразмерных зернах практически идеален. Разрушения зерен вследствие дислокаций практически не встречаются, а если они и происходят, то они быстро и эффективно тормозятся на границах зерен. В наноматериалах наблюдается препятствование ветвлению и движению трещин вследствие упрочнения границ зерен [1].

В современном понимании наноматериалы – разновидность продукции в виде материалов, содержащих структурные элементы нанометровых размеров. Проявление наномасштабных факторов (1...100 нм) и обеспечивает существенное улучшение или появление качественно новых механических, химических, физических, биологических и других свойств. Нанотехнологии, как совокупность методов и приемов, позволяет изучать, проектировать, производить и использовать структуры, устройства и системы, включающие целенаправленный контроль и модификацию форм, размеров, интеграции и взаимодействия составляющих их наномасштабных (1...100 нм) элементов для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами.

Методы конденсации атомов из газовой фазы или растворов, осаждения паров, имплантации собственных или примесных ионов, другие методы воздействия на поверхность кристаллов позволяют получать как наност-

руктурированные многофункциональные тонкопленочные покрытия, так и аморфные металлы в виде тонких поверхностных слоев или пленок. Эти методы, реализуют по существу последовательную укладку атома к атому.

Получение аморфных и нанокристаллических металлов возможно двумя принципиально разными путями: последовательной укладкой (сборкой) атома к атому (так называемый путь «снизу вверх») или дроблением исходного кристаллического тела с получением нанокристаллической, а в пределе – и аморфной структуры (путь «сверху вниз»). В основе первого пути лежит быстрый переход атомов из газообразного или жидкого состояния в твердое. При этом атомы в отвердевшем металле оказываются «замороженными» в том положении, в котором они находятся обычно в расплавах. Второй путь предполагает нарушение регулярного расположения атомов в кристаллическом теле в результате внешних воздействий на кристалл и превращение твердого кристаллического тела в твердое аморфное.

К настоящему времени известно несколько технических способов реализации этих путей (рис. 2).

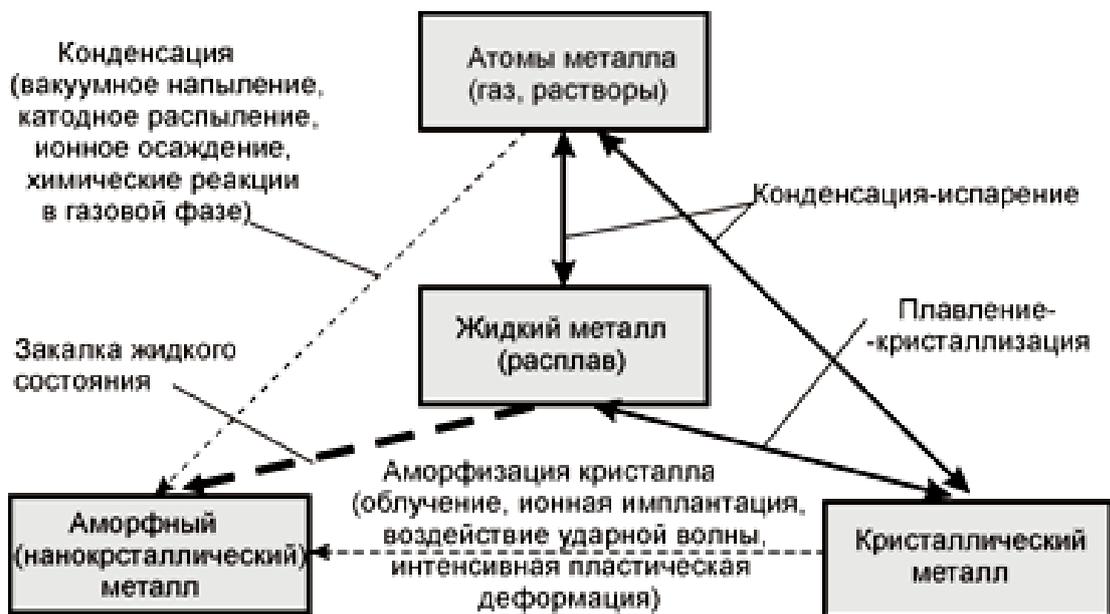


Рисунок 2 – Методы достижения равновесных и неравновесных состояний металлов

Поскольку аморфный металл с термодинамической точки зрения представляет собой крайне неравновесную систему, обладающую большой избыточной энергией, то его получение, в отличие от получения кристаллического металла, требует проведения неравновесных процессов. На этом рисунке

равновесные процессы фазовых превращений металла представлены сплошными стрелками, а неравновесные процессы получения аморфного металла – штриховыми.

Как следует из приведенной схемы, термодинамически неравновесный аморфный (и нанокристаллический) металл можно получить из любой равновесной фазы:

– конденсацией из газовой фазы. С некоторыми оговорками к этой группе могут быть отнесены и методы электролитического осаждения аморфных пленок из растворов электролитов;

– аморфизацией кристаллического состояния путем введения в кристаллы большого количества дефектов;

– закалкой жидкого состояния из металлического расплава.

Два первых метода получения аморфных металлов – из газовой фазы и кристаллических металлов – появились еще в первой половине прошлого века и используются относительно давно, но они не относятся к металлургическим технологиям. В частности, метод вакуумного напыления, основанный на принципе укладки атома к атому, используется для получения ультратонких ($10^{-1} \dots 10^1$ нм) пленок. Металл нагревают в вакууме при давлении $10^{-3} \dots 10^{-9}$ Па. При этом с поверхности твердого металла сублимируют или с поверхности расплава испаряются отдельные атомы. Движущиеся в вакууме прямолинейно атомы осаждаются на массивную подложку. В результате конденсации одиночных атомов их избыточная энергия успевает поглощаться подложкой со скоростью, соответствующей скорости охлаждения $10^9 \dots 10^{13}$ К/с и достаточной для получения аморфного состояния чистых металлов. При этом для получения аморфных пленок чистых переходных металлов подложка должна быть охлаждена до температуры жидкого гелия.

Твердое тело в аморфном состоянии принято рассматривать как переохлажденную жидкость с очень высоким коэффициентом вязкости. Иногда в само понятие аморфного состояния включают жидкость.

Процесс формирования аморфных металлов (сплавов) графически можно изобразить по подобию, известной всем специалистам в области материаловедения, «Диаграмме изотермического распада аустенита» (рис. 3).



Рисунок 3 – Диаграмма процесса образования фаз в переохлажденном расплаве:
a – критическая скорость охлаждения с получением аморфного состояния;
б – изотермический отжиг аморфного состояния, приводящий к кристаллизации в период времени t_k ; *в* – медленный нагрев аморфного состояния, ведущий к кристаллизации при температуре T_x

Структура аморфных сплавов подобна структуре замороженной жидкости. Затвердевание происходит настолько быстро, что атомы вещества оказываются замороженными в тех положениях, которые они занимали, будучи в жидком состоянии. Аморфная структура характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов, благодаря чему в ней нет кристаллической анизотропии, отсутствуют границы блоков, зерен и другие дефекты структуры, типичные для поликристаллических сплавов.

Для аморфных сплавов характерна четкая линейная связь между твердостью и прочностью. Для сплавов на основе Fe, Ni, Co, Ti справедливо выражение $HV = 3,2 \sigma_T$, что позволяет с достаточной точностью использовать показания твердомера для определения прочностных характеристик. Энергия разрушения и ударная вязкость аморфных сплавов также значительно превышают эти характеристики обычных кристаллических материалов – сталей и сплавов.

Многие металлические стекла переходят в кристаллическое состояние при 700 К (приблизительно 0,5 $T_{пл}$) в течение нескольких минут. Длительная эксплуатация этих материалов в течение нескольких лет возможна лишь при температурах ниже указанной приблизительно на 300 К. Введение в состав сплава дополнительных элементов – металлов или металлоидов – приводит к резкому повышению термической стабильности аморфной структуры при умеренных температурах.

Таким образом, аморфный сплав является высокопрочным материалом с высокими упруго-пластическими характеристиками, имеющими очень малое деформационное упрочнение.

Сплав, на основе Ni, с использованием и качестве Si и В имеет прочность при растяжении $\sigma_B = 2\ 000$ МПа, модуль Юнга $E = 15 \cdot 10^4$ МПа, плотность $8\ \text{г/см}^3$, электросопротивление $0,9\ \text{Ом-мм}^2/\text{м}$, предел выносливости при изгибе около 800 МПа на базе 10^7 циклов.

Аморфные материалы используют для армирования трубок высокого давления, изготовления металлокорда шин и др. Высокая прочность в сочетании с коррозионной стойкостью позволяют использовать аморфные сплавы для изготовления кабелей, работающих в контакте с морской водой, изделий, условия эксплуатации которых, связаны с воздействием агрессивных сред.

Сегодня порядка 80 % промышленных аморфных сплавов производятся ради их уникальных магнитных свойств. Они применяются в качестве магнитомягких материалов, сочетающих изотропность свойств, высокую магнитную проницаемость, высокую индукцию насыщения, малую коэрцитивную силу. Сплавы Fe-Si-B с высоким магнитным насыщением способны заменить обычный кристаллический сплав Fe-Si в сердечниках трансформаторов. Потери в сердечниках из аморфного сплава $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ примерно в 20 раз ниже, чем в текстурованных листах трансформаторной стали. Экономия за счет снижения гистерезисных потерь энергии при использовании сплава $\text{Fe}_{83}\text{B}_{15}\text{Si}_2$ вместо трансформаторных сталей составит только в США 300 млн долл./год. Эта область применения металлических стекол имеет хорошую перспективу.

Аморфные высокоуглеродистые сплавы, содержащие Cr, Mo, W, обладают высоким сопротивлением разрушению и термической стабильностью: например, сплав $\text{Fe}_{54}\text{Cr}_{16}\text{Mo}_{12}\text{C}_{18}$ имеет предел прочности при растяжении 3800 МПа и температуру кристаллизации 880 К. При этом такие высокоуглеродистые сплавы имеют высокие коррозионные характеристики и не чувствительны к охрупчиванию при старении.

Широкому применению аморфных металлов препятствуют высокая себестоимость, сравнительно низкая термическая устойчивость, а также малые размеры получаемых лент, проволоки, гранул. Кроме того, применение аморфных сплавов в конструкциях ограничено из-за их низкой свариваемости.

На сегодня решены далеко не все проблемы, связанные с производством и с применением новых материалов. Существенный недостаток металлических стекол – невысокая термическая устойчивость: нагрев для них – злейший враг (рис. 3, изотермический процесс возврата в кристаллическое состояние), способный лишить их аморфности. Еще один их минус – недостаточная стабильность во времени.

Структура замороженных сплавов вследствие принудительного «замораживания» жидкости является неравновесной, поэтому для использования свойств этих металлов, необходимо четкое понимание процесса стабилизации аморфной структуры. Только в этом случае становится возможным управлять этим процессом.

В случае получения аморфных металлов путем закалки из жидкости мы получаем закаленные фазы находящиеся в различных структурных состояниях, т. е. имеющие разную структуру. Из рис. 4 видно, что возникающие в ходе быстрого и замедленного охлаждения, соответственно фазы G_F и G_S различаются по структуре. Первая имеет высокую температуру стеклования T_{gF} и большой объем, а вторая – низкую температуру стеклования T_{gS} и меньший объем. Полагают, что металлы и сплавы, которые аморфизируются при скоростях охлаждения выше 10^2 – 10^3 К/с, после закалки находятся в состоянии G_F .

После увеличения скорости охлаждения температура стеклования T_g повышается. Выше этой температуры вещество находится в жидком состоянии (переохлажденная жидкость).

Таким образом, температура T_g является температурой превращения стекло \rightleftharpoons жидкость. При нагреве происходит изменение фазы G_F , как показано на рис. 4.

Вначале, при температуре T_R структура из состояния G_F переходит в стабильное состояние G_S . Это явление носит название структурной релаксации, а процесс является необратимым. Смещение атомов в результате структурной релаксации происходит локально и на расстояния меньшие межатомных. Далее, при достаточно высоком нагреве появляется возможность перемещения атомов на большие расстояния (включаются диффузионные процессы) и начинается кристаллизация.

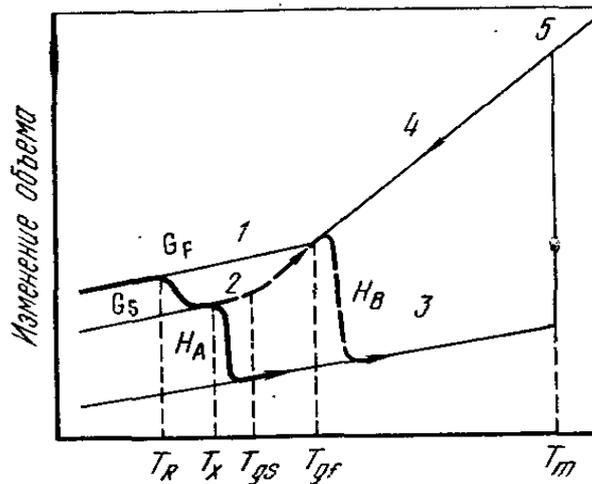


Рисунок 4 – Изменение объема при нагреве аморфной фазы:

1 – быстро охлажденная фаза; 2 – медленно охлажденная фаза;

3 – кристаллическая фаза; 4 – переохлажденная жидкость; 5 – жидкость

В большинстве аморфных сплавов кристаллизация начинается при температуре ниже T_g (линия H_A), но аморфное состояние еще стабильно, так как кристаллизация заканчивается выше температуры T_g (линия H_B). Следовательно, процессы происходящие в аморфных металлах сложным образом накладываются друг на друга, разделить их довольно трудно и пока нет ясного понимания всех явлений связанных с нагревом аморфных металлов [2, 3, 4].

Значительно более высокой стабильностью обладают пленочные покрытия из химических соединений, которые нашли широкое применение в качестве инструментальных, износостойких и антифрикционных. Пленки TiC , TiN , TiV_2 и их комбинации позволяют в несколько раз повысить стойкость режущего инструмента, в значительной степени повысить трибологические показатели деталей машин пар трения.

Литература

1. Джесси Рассел. Стеклообразное состояние. – VSD. Т. 1, 2013. – 108 с.
2. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы : пер с япон. / под ред. Ц. Масумото. – М. : Metallurgia, 1987. – 328 с.
3. Глезер А. М., Молотилев Б. В. Структура и механические свойства аморфных сплавов. – М. : Metallurgia, 1992. – 208 с.
4. Френкель Я. И. Введение в теорию металлов. – Л. : Наука, 1972. – 424 с.

О выборе типа судна для проведения сейсморазведочных работ в Арктическом бассейне

Мохов Г. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: gr.mokhov@gmail.com)

Аннотация. В статье представлен материал о выборе типа судна для проведения сейсморазведочных работ в Арктическом бассейне. Этот материал очень важен при осуществлении подобных работ во время разработки углеводородных залежей на Арктическом шельфе.

Abstract. The article presents the material on the selection of the type of vessel for seismic surveys in the Arctic basin. This material is very important in the implementation of similar works during the development of hydrocarbon deposits on the Arctic shelf.

Ключевые слова: судно, углеводородное сырье, геофизические методы, оборудование судов, сейсморазведочные работы.

Key words: ship, hydrocarbons, geophysical methods, equipment, vessels, seismic operations.

В настоящей статье исследованы перспективы освоения месторождений углеводородного сырья (УВС) на арктических акваториях, которые определяются суммарными запасами УВС, представленными в табл. 1.

Таблица 1 – Суммарные ресурсы УВС на акваториях морей севера России

Акватории	Нефть, млн т	Свободный газ, млрд м ³	Растворенный газ, млрд м ³	Конденсат, млн т	Всего УВС, млн т *
Баренцево море	2 030	23 465	250	524	26 269
Белое море	314	5,0	24,0	–	343
Печорское море	7 494	2314	590	354	10 750
Всего	9 838	25 784	864	878	37 362

* – условных тонн топлива, где 1 200 м³ газа соответствуют 1 т нефти

Исследована система освоения морских месторождений УВС, представлена классификация морских нефтегазовых сооружений, являющихся ее элементами, представленная на рис. 1.



Рисунок 1 – Классификация морских нефтегазовых сооружений

Проанализирована роль морской сейсморазведки в поиске и разведке морских месторождений нефти и газа, в мониторинге обстановки в районах предполагаемого расположения подводных потенциально опасных объектов (ППО). Исследованы геофизические методы поиска и характеристики геофизических судов, построенных в России и за рубежом.

Основными геофизическими методами являются гравиметрия, магнитометрия, электроразведка и сейсморазведка. Исследование континентального шельфа России сейсмическими методами, которое активно проводилось в Арктическом регионе в 70-х годах XX в., показало, что проведение подобных работ возможно с судов, отвечающих таким требованиям, как:

- низкая гидроакустическая шумность;
- достаточная энергетическая оснащённость;
- большое свободное кормовое палубное пространство;
- способность буксировать крупногабаритные заборные устройства;
- ледовые подкрепления корпуса и т. д.

Одними из первых судов, использованных в России специально для проведения геофизических работ, были малотоннажные суда проектов 388М, 1615, 16151 (рис. 2–4).



Рисунок 2 – НИС пр. 388М «Сейсморазведчик»

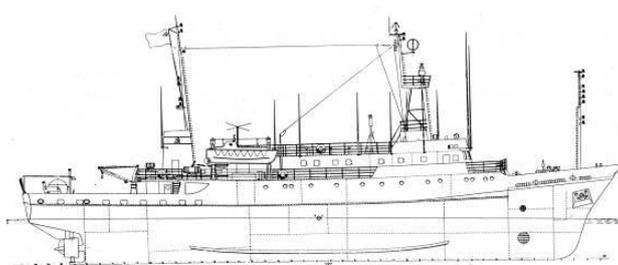


Рисунок 3 – НИС пр. 1615 «Поиск»



Рисунок 4 – НИС пр. 16151 «Чайво»

Позднее предпочтение было отдано строительству судов увеличенного водоизмещения, на борту которых комплексно совмещались различные геофизические методы исследований. Это были суда проектов В-93 и 650, до настоящего времени составляющие основу геофизического флота России и имеющие ледовые подкрепления корпуса, позволяющие работать в Арктических морях.

За время, прошедшее от начала проектирования до сдачи этих судов в эксплуатацию, изменились технические требования к геофизическому оборудованию и к самим судам. Потребовалось, например:

- 1) увеличить их производительность, т. е. способность обрабатывать большие площади морских акваторий;
- 2) увеличить площади палуб судна для размещения нового геофизического оборудования;
- 3) увеличить производительность компрессорного оборудования для работы ИСК;
- 4) установить оборудование для разведки ЛПИ и сейсмокос за кормой судна и т. д.

Так возникла научно-техническая проблема, решение которой потребовало разработки прикладных аспектов модернизации геофизических и других, подобных им по техническим характеристикам судов, в частности рыболовных, позволяющая осуществлять научно-исследовательские работы по мониторингу шельфовой зоны Мирового океана на современном уровне с привлечением новых технологий.

Строительство геофизических судов за рубежом пошло по пути создания мощных судов, существенно расширяющих возможности сейсморазведки. Так, начиная с 1995 года для компании «Petroleum Geophysical Services» строится серия судов типа «Ramform» (рис. 5).



Рисунок 5 – НИС типа «Ramform»

Значительные успехи, достигнутые с помощью НИС, стимулировали работы иностранных компаний по модернизации ранее построенных судов и привлечения их для дальнейшего проведения сейсмических исследований. Так судно «Western Monarch» после модернизации стало способно буксировать 12 кос и ИСК, состоящий из восьми ЛПИ (рис. 6).



Рисунок 6 – НИС «Western Monarch»

Однако зарубежные геофизические суда имеют существенный недостаток – они не обладают необходимыми для работы в Арктике ледовыми подкреплениями корпуса. Это делает ограниченным их применение в арктических морях даже в период открытой воды.

Геофизическое оборудование, которым оснащены современные НИС, состоит из буксируемых источника сейсмических колебаний (ИСК), сейсмоприемных кос и оборудования судовой геофизической лаборатории.

В качестве буксируемого ИСК в настоящее время широко используется комплекс пневматических излучателей (ПИ), рабочим телом для которых является воздух высокого давления (ВВД). ПИ, известные также под названием «пневмопушка» (ПП), для повышения суммарной эффективности из-

лучения объединяются в линейный пневмоизлучатель (ЛПИ). В ЛПИ все входящие в его состав ПП связаны электропневмомагистралью (ЭПМ). При этом судовой ИСК может состоять из нескольких ЛПИ.

НИС могут привлекаться и к определению координат нахождения в толще воды подводных потенциально опасных объектов (ППОО), т. е. для решения задач экологического мониторинга. ППОО – это объекты с радиоактивными веществами (затонувшие корабли с атомными энергетическими установками, содержащими отработавшее ядерное топливо; захороненные в морской среде твердые радиоактивные отходы (ТРО) и т. п.

Исследование геофизических методов поиска, а также характеристик геофизических судов, построенных в России и за рубежом, позволили определить основные требования к современному геофизическому судну, которые можно сформулировать следующим образом:

1	ГС должны обладать палубным пространством не менее 350 м ² для размещения современного сейсмокомплекса в полузакрытых помещениях, обеспечивающих проведение СПО в комфортных условиях
2	ГС должно иметь ледовые подкрепления корпуса категории Arc, обеспечивающие льдопроходимость и прочность при плавании за ледаколом в высоких широтах, при этом ширина ГС должна не более 29 м, несколько меньше ширины действующих ледаколов (29 м – ширина ледакола «Арктика»)
3	Конструкция ГС должна обеспечить комфортные социально-бытовые условия для экипажа, что важно в условиях длительного плавания
4	Автономность судна должна быть не менее 60 суток
5	ГС должно быть оборудовано вертолетной площадкой для приема вертолета КА-32 размером 15 м на 20 м
6	ГС должно иметь устройства для заправки топливом в море
7	СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГС должно обеспечивать возможность постоянного хода на всех режимах эксплуатации сейсмического комплекса со скоростью не ниже 5 узлов без опасения потерять дорогостоящее заборное оборудование
8	ГС должно обладать высокой ремонтпригодностью для проведения модернизационных работ в процессе ЖЦС

Реализация указанных выше требований должна осуществляться при строительстве новых ГС, при их модернизации для выполнения конкретных геофизических работ или во время планового ремонта судна. Таким образом, в результате исследования, проведенного в первой главе, получены следующие результаты:

– обоснована актуальность решения задач по разведке и добыче нефти и газа на континентальном шельфе с использованием методов морской сейсморазведки;

- обоснована необходимость использования на морских акваториях НИС с современным геофизическим оборудованием;
- установлено, что в процессе ЖЦС для поддержания технико-технических характеристик суда должны периодически проходить модернизацию с заменой оборудования, усовершенствованием судовых систем и устройств;
- обобщены и сформулированы основные современные требования к геофизическому судну.

Литература

1. Мохов, Г. В. Разработка и исследование математических моделей основных характеристик геофизических и рыбопромысловых судов / Г. В. Мохов, В. В. Ковальчук // Бюллетень транспортной информации. – 2011. – № 6. – С. 30–34.
2. Мохов, Г. В. Прикладные аспекты совершенствования конструктивных элементов морских геофизических научно-исследовательских судов : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение» / Г. В. Мохов. – Мурманск, 2011. – 24 с.

Выбор материала для кузова автомобиля

Орешкина В. М., Орешкин М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: valentina_oreshkina@mail.ru)

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальность вопроса выбора материала для кузова автомобиля, который является одной из самых наиважнейших его деталей. Для сравнения выбрано три образца материала. Проведены испытания для получения сравнительных характеристик.

Abstract. This article discusses the relevance of the question of the choice of material for the car body, which is one of the most important of its parts. For comparison we selected three samples of the material. The tests for comparative performance.

Ключевые слова: автомобиль, кузов, сталь, алюминий, пластик, прочность, модуль упругости, коррозионная стойкость, твердость, теплопроводность.

Key words: car, truck, steel, aluminum, plastic, strength, modulus of elasticity, corrosion resistance, hardness, thermal conductivity.

Кузов является одной из самых наиважнейших деталей автомобиля. В его основные качества в первую очередь должны входить безопасность, прочность, относительная при этом дешевизна, но в тоже время он должен быть оптимально удобным для всех пассажиров салона авто и отличаться стилем и дизайном. Согласитесь, что качества эти порой противоречивы, поэтому между производителями нет единого мнения, какой из кузовных материалов наиболее лучше подходит для производства. Мы расскажем вам о современных кузовных материалах и рассмотрим их плюсы и минусы.

- Стальной кузов.
- Алюминиевый кузов.
- Пластиковый кузов.

Стальной кузов может быть различной вариантности сплава, что дает совершенно непохожие свойства его разновидностям. Так, к примеру, отличной эластичностью обладает листовая сталь, она же и позволяет производить из себя наружные панели деталей кузова, которые порой могут иметь довольно необычную и сложную форму. Этот вид стали применяют в производстве силовых деталей кузова. Выгодно еще и то, что за всю историю автомобилестроения производителям удалось упростить и отладить мастерство изготовления стальных кузовов, что делает их довольно недо-

рогими. При всех этих плюсах недостатки у стали все же имеются и существенные. Например, сталь имеет большой вес и она подвержена коррозии, что вынуждает производителей использовать приемы и параллельно искать альтернативные варианты кузовных материалов.

Алюминиевый кузов сегодня все чаще можно услышать использование в производстве кузовов для автомобиля такого материала как алюминий. Этот металл, который в народе называли «крылатым», не подвержен образованию ржавчины на деталях корпуса, а сам алюминиевый кузов при такой же прочности и жесткости весит в 2 раза меньше, чем стальной. Но и тут минусы – это высокая проводимость шума.

Пластиковый кузов не так давно считался в автомобилестроении наиболее перспективным кузовным материалом. Он легче даже вышеупомянутого алюминия, ему можно придать любую, даже вычурную и замысловатую форму, да и покраска его обходится намного дешевле, ведь провести ее можно уже на стадии производства, используя различные химические добавки. Ну и наконец, этот материал уж точно не знает, что такое коррозия. Но недостатков у пластика гораздо больше и они довольно значимые. Так, свойства пластика меняются под влиянием различных температур – мороз делает пластик более хрупким, а жара размягчает этот материал.

Стальной кузов: Изготавливается кузов в несколько этапов. С самого начала изготовления из стальных листов, имеющих разную толщину, штампуются отдельные детали. После эти детали свариваются в крупные узлы и с помощью сварки собираются в одно целое. Сварку на современных заводах ведут роботы, но и ручные виды сварки также применяются – полуавтоматом в среде углекислого газа или используется контактная сварка. Контактная сварка-метод сварки, где к участкам свариваемых деталей подводятся электроды, и проводится ток повышенной мощности. В позиции разогрева сплав элементов плавится, образуя однородное соединение. Места сварки бывают непрерывными и точечными.

Алюминиевый кузов: Начальный этап изготовления алюминиевого кузова схожий с изготовлением стального кузова. Детали вначале штампуются из листа алюминия, потом собираются в целую конструкцию. Сварка используется в среде аргона, соединения на заклепках или с использованием специального клея, лазерная сварка. Также к стальному каркасу, который изготовлен из труб разного сечения, крепятся кузовные панели.

Пластиковый кузов: Технология изготовления кузовных деталей заключается в следующем: в специальные матрицы укладывается слоями наполнитель, который пропитывают синтетической смолой, затем оставляют для ее полимеризации на определенное время. Пластик гнут следующим образом. Готовят деревянную форму со скругленными углами для создания опоры. Затем нагревают линию сгиба до температуры 120–130 °С. Нагревать можно пламенем горелки, находящейся на некотором удалении, или посредством струи нагретого воздуха, создаваемого сварочной горелкой. На предприятиях нагрев осуществляется инфракрасным излучением. Нагревают обе поверхности пластины. При достижении заданной температуры нагретая зона становится гибкой, как резина. Пластик вставляют в форму и удерживают до момента, когда температура при охлаждении достигнет 50–60 °С. Охлаждение можно ускорить путем протирки нагретого участка ветошью, смоченной в холодной воде. Если гибка выполнена не совсем так, как было задумано, то снова нагревают место изгиба, что приводит к выпрямлению пластины, затем опять производят гибку. Сварка пластика: для этой операции нужен вентилятор-обогреватель, снабженный устройством нагрева посредством электричества или газа. Устройство нагрева нагревает змеевик, в котором прогоняется воздух регулируемого объема. Из сопла вентилятора выходит поток воздуха, нагретого до температуры около 300 °С.

Сталь:

- Температура плавления стали зависит от ее состава и для обычных углеродистых сталей находится в пределах 1 500...1 300 °С.
- Модуль упругости стали составляет $2,1 \cdot 10^5$ МПа.
- Теплопроводность стали, как и всех металлов, очень высока и составляет около 70 Вт/(м – °С).

Алюминий:

- Температура плавления алюминия невысокая, она равно приблизительно 660 С.
- Коррозионная стойкость и особенно электропроводность алюминия тем выше, чем он чище, чем меньше в нем примесей.
- Для механических свойств алюминия характерна большая пластичность и малая прочность. Прокатанный и отожженный алюминий имеет $\sigma = 10$ кГ мм, а твердость НВ25, $\delta = 80$ % и $\delta = 35$ %.

Пластик:

- Температура плавления такого пластика – 260 градусов Цельсия.
- Модуль упругости при растяжении при 23 °С : 1 700–2 930 МПа.
- Твердость по Бринеллю: 90–150 МПа.

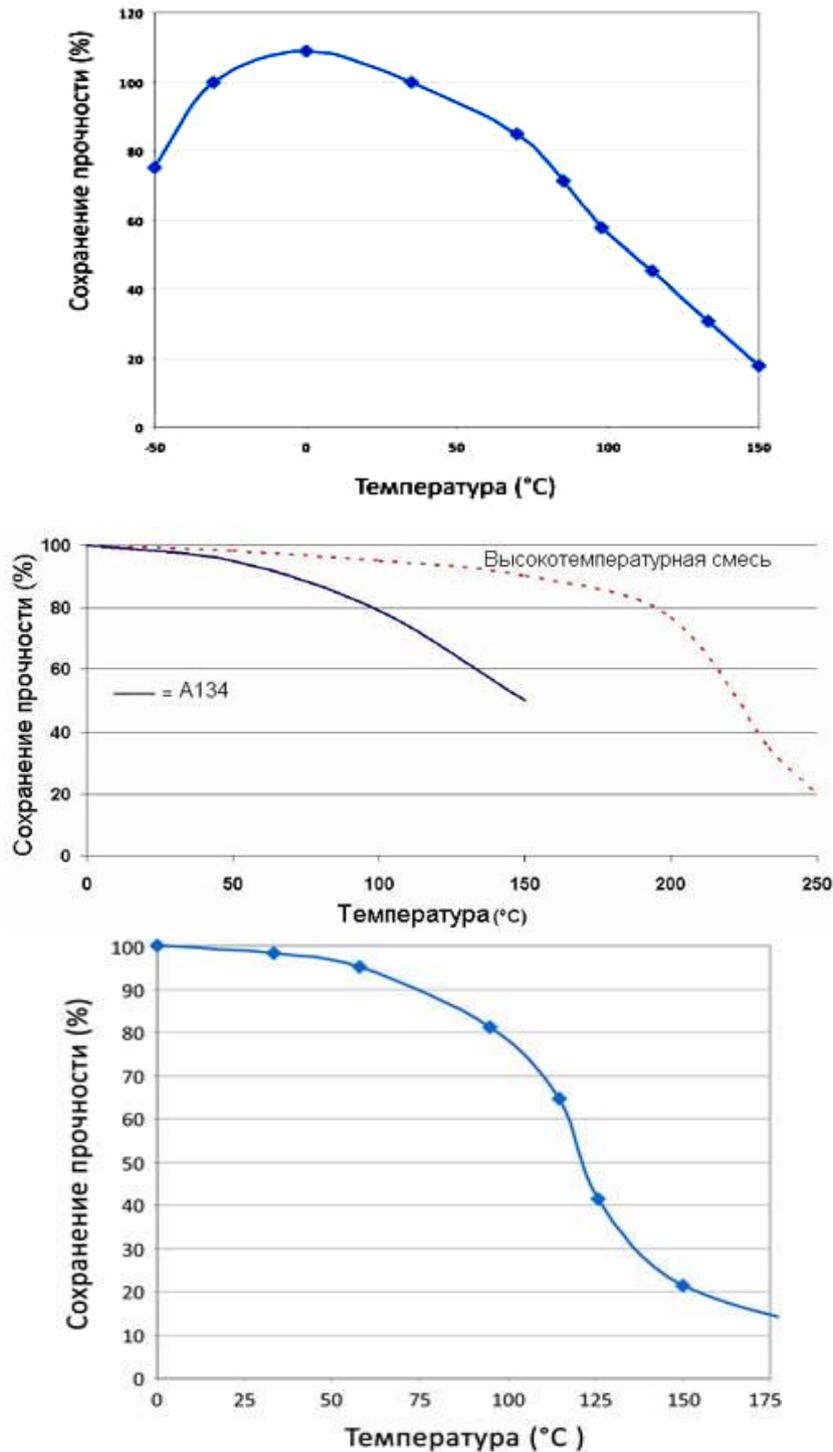


Рисунок 1 – Графики зависимость прочности материалов от температуры

Испытания металлов на сжатие проводятся в соответствии с ГОСТ 25.503-97

Испытания проводят на образцах четырех типов: цилиндрических и призматических (квадратных и прямоугольных), с гладкими торцами I-III типов (рис. 2) и торцевыми выточками IV типа (рис. 3).

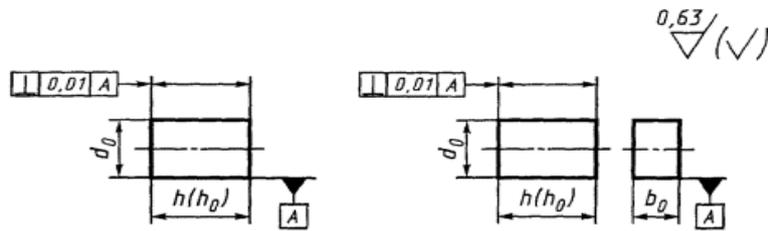


Рисунок 2 – Экспериментальные образцы I-III типов

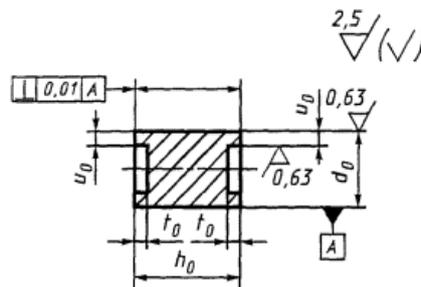


Рисунок 3 – Экспериментальные образцы IV типа

Предел прочности при сжатии определяют на образцах III типа (рис. 2). Образец непрерывно нагружают до разрушения. Наибольшую нагрузку, предшествующую разрушению образца, принимают за нагрузку, соответствующую пределу прочности при сжатии s_B , МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$).

Вывод: у каждого типа кузовов есть свои достоинства и недостатки. Все зависит от вкусов потребителей, т. е. нас с вами.

Литература

1. Технология металлов и материаловедение / под ред. Л. Д. Усовой. – М. : Металлургия, 1987.
2. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение : учебник. – М. : Машиностроение, 1990. – 528 с.
3. Материаловедение и технология конструкционных материалов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин. – М. : Металлургия, 2001.

Нормирование и его роль в машиностроении, судостроении и судоремонте

Орешкина В. М., Орешкин М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,
кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail:
valentina_oreshkina@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о значимости нормирования в отраслях машиностроение и судостроение. А также необходимость анализа понятия нормирования и корректирующих действий для придания значимости этому понятию.

Abstract. The article discusses the question of the importance of standardization in engineering industries and shipbuilding. As well as the need to analyze the concept of rationing and corrective actions to make the significance of this concept.

Ключевые слова: нормирование, планирование, производственный процесс, координация, машиностроение, судостроение, судоремонт.

Key words: regulation, planning, production process, coordination, engineering, shipbuilding, ship repair.

Нормирование является одной из основных функций управления производственным процессом (наравне с организацией, планированием, координацией, контролем и регулированием производства). Оно состоит в разработке научно обоснованных величин, устанавливающих количественную и качественную меру различных элементов, используемых в процессе производства и управления. Эта функция упорядочивает разработку и реализацию производственных заданий, обеспечивает равномерный и ритмичный ход производства. Функция нормирования на предприятии реализуется посредством разработки и использования различных нормативных документов.

Один из наиболее важных элементов нормирования на предприятии – нормирование труда – представляет собой установление меры затрат труда на изготовление единицы изделия или выполнение заданного объема работы в определенных организационно-технических условиях. При этом мера затрат труда должна соответствовать эффективному для конкретных условий производства использованию трудовых, материальных ресурсов при условии соблюдения научно обоснованных режимов труда и отдыха.

Нормирование труда в машиностроении, кораблестроении и судоремонте решает следующие основные задачи:

– планирование объемов работ, сроков их выполнения, степени загрузки структурных подразделений и производственных площадей предприятия;

- расчет потребной численности производственного персонала;
- организационно-технологическую разбивку трудозатрат по видам и подвидам работ, по структурным подразделениям предприятия и специальностям;
- определение величины заработной платы отдельных рабочих и бригад (в зависимости от принятой на предприятии системы расчета заработной платы);
- ежемесячное планирование и расчет объемов заработной платы в целом по предприятию для определения величины финансовых потоков, в том числе объемов платежей со стороны заказчика или потребности в кредитах;
- оценка (укрупненная) трудоемкости выполнения работ для определения контрактной стоимости заказа;
- определение и установление норм труда на выполнение отдельных работ (видов, подвидов работ, технологических операций) в соответствии с существующим на предприятии организационно-техническим уровнем и уровнем квалификации персонала;
- определение резервов снижения трудоемкости путем периодического выполнения мероприятий по аттестации рабочих на выполнение норм, а также по пересмотру и замене норм в сторону их ужесточения с одновременным материальным стимулированием роста производительности труда.

Многообразие задач, решаемых с помощью нормирования труда, определяет несомненную важность этого рода деятельности в хозяйственно-экономической жизни предприятия.

В машиностроении – достижения наименьшего уровня трудовых затрат на единицу продукции, т. е., наивысшую производительность труда.

В судостроении и судоремонте, отличающимися специфическими особенностями от других отраслей производственной сферы, вопросам нормирования труда всегда придавалось большое значение. Действительно, одна из основных задач руководства судостроительных предприятий заключается в планировании и организации производства с учетом длительности строительного цикла, мелкосерийности производства, многообразия видов и подвидов работ, в том числе характеризующихся большой долей ручного труда, но при условии минимизации сроков строительства и его себестоимости. Соответственно, указанные выше факторы должны учитываться и при нормировании труда на судостроительных предприятиях.

При этом создаваемая нормативная база по труду должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- охват по возможности всей номенклатуры работ предприятия и учет его специфики;
- минимизация погрешности оценки значений норм труда;
- максимально возможное сокращение затрат времени и финансовых средств на разработку нормативов.

В качестве основы выдвинуто требование по проработке понятия «научные основы».

Научные основы технологии судостроения.

Производственный процесс в судостроении и его технологическая подготовка.

– Научное содержание технологии судостроения. Производственный процесс в судостроении; его состав, объекты и стадии. Основные виды судостроительного производства. Подготовка судостроительного производства, в том числе техническая – проектно-конструкторская и организационно-технологическая. Автоматизированные системы технической подготовки производства.

– Проектно-конструкторская документация на постройку судна, в том числе в условиях применения новых информационных технологий. Технологичность конструкции, ее виды и критерии оценки. Научные основы разработки технологических процессов в судостроении. Экономическая оценка технологических процессов. Принципы определения затрат труда при постройке судна. Виды трудоемкости, способы ее определения. Планирование производственного процесса по времени.

– Современные судостроительные материалы. Их классификация и предъявляемые к ним требования. Основные свойства и технологические особенности применения металлических и неметаллических судовых материалов.

– Научные основы автоматизации технологической подготовки производства верфи.

Планово-технологическая подготовка судостроительного производства, ее назначение и содержание, графические методы выполнения. Применение математических методов и ЭВМ при решении задач планово-технологической подготовки производства. Автоматизированные системы планово-технологической подготовки производства. Принципы моделирова-

ния технологических процессов и решения задач планово-технологической подготовки производства.

Научные основы интенсификации судостроительного производства путем: совершенствования методов постройки судов, в том числе на основе модульного принципа; применения математических методов и ЭВМ при управлении технологическими процессами; механизации и автоматизации производственных процессов вплоть до применения робототехники и гибких автоматизированных производств (ГАП); разработки прогрессивных технологических процессов на основе новых физических явлений и др.

Научные основы корпусообрабатывающего производства.

Комплексная механизация и автоматизация как основа развития корпусообрабатывающего производства. Создание поточных автоматизированных линий, комплексно-механизированных и специализированных участков.

Научные основы сборочно-сварочного и корпусостроительного производств.

Конструктивно-технологическая классификация корпусных конструкций и сборочно-сварочной оснастки для их изготовления. Требования, предъявляемые к оснастке. Технологические основы и расчетные принципы проектирования оснастки. Расчет необходимого количества оснастки и производственных площадей для ее размещения. Роль оснастки в условиях комплексно-механизированного производства.

Непроницаемость и герметичность корпусов судов. Виды, методы и нормы испытаний. Применение газообразных пробных средств и научные обоснования параметров таких испытаний. Перспективы применения течеискателей при испытании конструкций на герметичность. Типы течеискателей и принципы их действия. Акустические течеискатели.

Научные основы механомонтажного, трубозаготовительного, корпусодостроечного и сдаточного производства

Механомонтажное производство. Современное состояние и современные тенденции повышения его технического уровня.

Модульно-агрегатный метод монтажа механизмов. Его сущность и технико-экономическая эффективность. Механизация механомонтажных работ. Состояние и перспективы.

Научные основы технологии изготовления корпусных конструкций из композитных неметаллических материалов.

Технология судоремонта.

Технология ремонта корпусов, систем и устройств кораблей и судов

Физико-химические процессы, влияющие на работоспособность материалов и изделий. Кинетика процессов механического разрушения материалов. Влияние циклического нагружения, концентрации напряжений и коррозионно-активной среды на разрушение конструкций судов. Кинетика химических и электрохимических процессов коррозии металлов. Влияние на скорость электрохимической коррозии судокорпусных сталей и других материалов температуры, солености, скорости движения морской воды и прочих факторов.

Дефектация корпусов, систем и устройств судов. Теоретические основы методов дефектоскопии, применяемых в судоремонте. Определение и теоретические основы нормирования износов и повреждений корпусных конструкций, элементов систем и устройств. Оценка прочности корпусов судов при дефектации. Автоматическая система дефектации в судоремонте.

Ремонт корпусов судов. Теоретические основы типовых технологических процессов ремонта элементов корпуса: устранения трещин, правки деформированных листов обшивки и настила, установки вставок на листовых конструкциях и пр. Техничко-экономические критерии методов ремонта корпуса. Проблемы секционно-блочного метода ремонта корпуса. Ремонтные напряжения в корпусе судна и способы их снижения. Механизация технологических процессов ремонта судов.

Ремонт судовых систем и устройств. Способы повышения долговечности систем и устройств. Теоретические основы типовых технологических процессов восстановления деталей систем и устройств: электродуговой наплавки, металлизации, гальваностегии, правки (валов).

Защита судов от коррозии в период эксплуатации и стоянки. Требования к качеству очистки корпусов. Сравнительная оценка современных способов очистки корпусов. Современные лакокрасочные материалы, способы и схемы окраски корпусов. Принципы расчета электрохимической защиты корпусов судов. Защита судов от электрокоррозии в период ремонта.

Подводно-технические работы. Условия производства сварки и энергетические характеристики электрической дуги в воде. Влияние различных факторов на процесс формирования шва при подводной электродуговой сварке. Совершенствование способов подводной резки металлов. Автомати-

зация процессов электросварки и резки под водой. Демонтажно-монтажные работы по винторулевому комплексу на плаву.

Виды ремонта механического оборудования. Методы и средства дефектации механического оборудования. Основы нормирования износов и повреждений. Индустриальные методы ремонта механического оборудования. Агрегатный ремонт и его технико-экономические показатели.

- Судоподъемные сооружения и докование судов.
- Совершенствование докования судов и докового ремонта.
- Совершенствование организации ремонта судов. Ремонтпригодность и ее обеспечение. Система технического обслуживания и ремонта судов и нормирование их эксплуатации. Виды, методы и этапы ремонта судов.

Литература

1. Бабот М. Н. Организация и технология судоремонта : учеб. для сред. проф.-техн. училищ. – Л. : Судостроение, 1985. – 224 с.
2. Малиновский М. А. Технология и организация судоремонта. – М. : Транспорт, 1973. – 264 с.
3. Меграбов Г. А. Технология и организация судоремонта. М. : Транспорт, 1969. – 360 с.

О проблемах получения качественного сварного соединения со свойствами, равноценными свойствам основного металла

Пашеева Т. Ю., Баева Л. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: tatjana-pasheeva@rambler.ru, baevals@mstu.edu.ru)

Аннотация. При изготовлении корпусных конструкций необходимо обеспечить высокий уровень надежности и безопасности всех элементов конструкции на всех этапах жизненного цикла. Изменение свойств материала при его обработке должно контролироваться при выборе способов и режимов выполнения каждого технологического процесса. Это необходимо для обеспечения сохранения высоких эксплуатационных свойств материала в составе готовой конструкции.

Annotation. It is necessary to provide the high level of reliability and safety of all elements of the construction at all stages of the life cycle during the production of. Change of the properties of the material at its processing has to be controlled when you choose ways and the modes of performance of each technological process. It is necessary for ensuring preservation of high operational properties of material as a part of a construction manufactured.

Ключевые слова: надежность, прочность, качество, сталь, корпус, производство.

Key words: reliability, durability, quality, steel, building, manufacturing.

При изготовлении корпусных конструкций с применением новых технологий и материалов необходимо обеспечить высокий уровень надежности и безопасности всех элементов конструкции на всех этапах жизненного цикла. Для своевременного снижения и/или устранения рисков отказов изделия необходимо определять и управлять критическими элементами на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Наиболее эффективны будут мероприятия на ранних стадиях жизненного цикла продукции, таких как проектирование и конструирование. Предусмотрев заранее и оценив потенциальные риски, можно минимизировать вероятность их появления на более поздних этапах изготовления изделия. Для выявления критических элементов и потенциальных рисков необходимо, в первую очередь, выявить причины их возникновения, а также определить все процессы, элементы конструкции и функции, которые являются наименее надежными. После этого необходимо определить средства и методы управления качеством критических элементов. Критические элементы являются потенциальными угрозами производительности, качества, надежности и безопасности системы, которые управляются при помощи

конкретного плана действий для смягчения исходящих рисков и предотвращения нежелательных последствий. В случае невозможности управления риска

от критического элемента или невозможности его перепроектирования необходимо разработать контрольные мероприятия, направленные на постоянный мониторинг и создание мер по уменьшению последствий влияния критических элементов при эксплуатации изделий [1].

На практике наблюдается значительный разброс эксплуатационных свойств объектов производства. Большинство деталей, узлов, агрегатов, сложных изделий надежно и длительно работают, но часть деталей вследствие недостаточной прочности разрушаются преждевременно. Таким образом, на производстве по одной технологической документации на одном и том же оборудовании изготавливают одновременно детали с различным качеством: высоким и низким. Учитывая, что основные причины нестабильности свойств деталей связаны с несовершенством производства, задача стабилизации свойств объектов производства, по сути, является задачей повышения качества выпускаемой продукции в результате совершенствования технологического процесса изготовления объектов производства.

Основными технологическими процессами, применяемыми в судостроении при изготовлении корпусных конструкций, являются: предварительная правка металлопроката, очистка, тепловая резка, механическая резка, гибка, сварка, термообработка, тепловая правка. При выполнении каждого из перечисленных процессов происходит механическое, тепловое или комбинированное воздействие на материал. При этом изменяются его механические и специальные свойства по сравнению с исходным состоянием. Очевидно, что изменение свойств материала при его обработке должно контролироваться при выборе способов и режимов выполнения каждого технологического процесса. Это необходимо для обеспечения сохранения высоких эксплуатационных свойств материала в составе готовой конструкции [2].

В настоящее время уже не требуется дополнительных доказательств того, что эксплуатационные свойства деталей формируются на протяжении всего процесса их изготовления и финишные операции, как бы тщательно их не выполнять, самостоятельно без учета предыдущих технологий не могут обеспечить стабильно высокие свойства деталей. Кроме того, для устранения причин, приводящих к разбросу свойств объектов производства, необхо-

димо исследовать не только процессы на отдельных этапах изготовления (ковка, литье, механическая обработка, термическая обработка), но и устанавливать связи между отдельными технологическими операциями. В современных условиях требуется общая и комплексная оценка всего процесса изготовления изделий на основе технологической наследственности, которая позволяет изучать последовательно все процессы, происходящие в металле, заготовках, деталях, по ходу всего процесса изготовления изделий и устанавливать взаимосвязь и взаимозависимость параметров, создаваемых на отдельных операциях.

Одним из способов обеспечения работоспособности и надежности сварных конструкций является использование в них высокопрочных сталей. Основными технико-экономическими факторами, определяющими эффективность применения высокопрочных сталей в металлоконструкциях, являются: получение новых эксплуатационных характеристик в виде повышенной прочности металла (и зачастую повышенной хладостойкости); повышение надежности и долговечности конструкций из высокопрочных сталей; уменьшение массы (веса) конструкций.

Современные судокорпусные стали должны обладать высокой прочностью, хорошей свариваемостью, повышенным сопротивлением к хрупкому разрушению, высокой усталостью и коррозионно-механической прочностью. Стали, используемые для изготовления судокорпусных конструкций и изделий, должны соответствовать экономическим, эксплуатационным и технологическим требованиям. Эксплуатационные требования имеют первостепенное значение, поскольку призваны обеспечить высокую работоспособность корпусных конструкций при заданных условиях нагружения и рабочих температурах в контакте с различными средами. Для оценки работоспособности материала используется комплексная характеристика – конструкционная прочность, включающая показатели прочности, надежности и долговечности.

В настоящее время для судов Арктического плавания разработаны судостроительные стали высокой прочности для сварных конструкций, работающих при низких температурах с $\sigma_T \geq 420\text{--}690$ МПа. Однако, повышение прочности хорошо, если оно при этом не сопровождается недопустимым падением пластичности и вязкости (пластичность характеризует способность

металла подвергаться остаточной деформации, а вязкость – поглощать работу внешних сил при разрушении).

Получение сталей высокой прочности неизбежно ведет к понижению характеристик пластичности, прежде всего сопротивления хрупкому разрушению. Поэтому надежность стали в конструкции может быть охарактеризована конструктивной прочностью. Для большинства высокопрочных сталей параметрами конструктивной прочности являются предел текучести σ_T (или условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ и параметр вязкости разрушения (трещиностойчивости) K_{Ic}).

Основным критерием качества корпусной стали является вязкость в сочетании с хорошей пластичностью и свариваемостью. Требования к вязкости стали повышенной прочности возрастают. При регламентации к качеству стали для конкретных конструкций корпуса учитывается определенная связь между категорией стали и толщиной листа, так как относительно тонкие (менее 12,5 мм) листы в результате интенсивного обжатия при прокатке и значительной скорости охлаждения имеют более мелкозернистую структуру, чем листы большой толщины. Кроме того, увеличение толщины листов сопряжено с опасностью возрастания остаточных сварочных напряжений и, следовательно, образования трещин.

Высокопрочные стали отличаются повышенной склонностью к образованию холодных трещин в околошовной зоне. Чтобы прочность металла шва и основного металла соответствовали друг другу, в нем нужно снизить содержание углерода и ввести некоторое количество легирующих элементов, а это может привести к образованию горячих и холодных трещин уже в металле шва. Поэтому, получение качественного сварного соединения со свойствами, равноценными свойствам основного металла, весьма затруднительно. Повышенное содержание углерода и легирующих элементов, требуемый высокий уровень механических свойств сварных соединений вызывают следующие специфические трудности, возникающие при сварке этих сталей: сложно предупредить возникновение холодных трещин в околошовной зоне; трудно предотвратить кристаллизационные трещины в металле шва, обусловленные повышенным содержанием углерода и некоторых легирующих элементов (W, Mo); невозможно получить металл шва, околошовной зоны и сварного соединения, в целом равноценный по свойствам основному металлу.

Рекомендуются следующие методы предупреждения холодных трещин при сварке высокопрочных сталей: выбор оптимального термического цикла в околошовной зоне; применение предварительного и сопутствующего подогрева; выполнение швов с использованием высоколегированных присадочных материалов; термическая обработка сварных соединений непосредственно после сварки [3].

Большинство дефектов, отрицательно влияющих на технологическую наследственность деталей, во время термической обработки устраняется. Это позволило считать термическую обработку своеобразным барьером при наследовании. Однако это не всегда соответствует действительности в полной мере: и после термической обработки наблюдаются неблагоприятные соотношения микротвердости структурных составляющих (перлита, феррита). Такое положение показывает, что необходимы дальнейшие усилия по уточнению параметров термической обработки.

Литература

1. Лабасова Т. С., Борзов В. И. Управление критическими элементами для повышения качества процессов изготовления сложных технических изделий // Технология металлов. – 2015. – № 1.
2. Михайлов В. С., Животовский Р. П., Попова Н. С. Технологические аспекты внедрения новых металлических материалов в судостроительное производство // Судостроение. – 2014. – № 5(816).
3. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Лань, 2012. – 272 с.

Выбор огнеупорных материалов при ремонте обмуровок топок котлов

Петров А. И. (Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: alexp954@mail.ru)

Аннотация. Восстановление поврежденных поверхностей обмуровки топки котла является частым случаем в практике их эксплуатации. Основная проблема состоит в том, что в настоящее время отсутствует качественная технология ремонта поверхностных слоев без длительного вывода котла из эксплуатации и больших финансовых затрат. Правильный выбор материалов в таких случаях является важным шагом в разработке необходимой оперативной и качественной технологии.

Abstract. Restoring of a steam boiler damaged refractory is frequent case during maintenance one. The main challenge is that still there is not efficiently qualitative technology to repair fire surface rapidly and without unnecessary expenditures. Correct choice of the suitable materials is a significant step to work out necessary qualitative technology.

Ключевые слова: обмуровка, растрескавшийся, разъедание, скалывание, огнеупорный материал, глазурь, пористый, шлак, коррозия, эрозия, тепловая нагрузка.

Key words: refractory, crackly, corroding, breaking off, fireproof material, glaze, porous, slag, corrosion, erosion.

Хорошо известно, что процесс разрушения обмуровок топок котлов особенно усиливается в условиях действия агрессивной среды продуктов сгорания тяжелых сортов мазута и непостоянства температурных режимов. Простой расчет температурных полей, возникающих в незащищенных экранном слоях обмуровки, при тепловой напряженности в топочном объеме порядка 2675 МДж/(м³ч), показывает, что температура внутренних слоев неэкранированных поверхностей (на глубине до 3–5 мм) составляет 1 500–1 550 °С. При действующих в эксплуатации теплосменах поверхностные слои (особенно в период их охлаждения) испытывают напряжения, превышающие предел прочности материала, что ведет к растрескиванию рабочей поверхности и последующему ее активному разрушению.

При допустимых тепловых потерях в обмуровке 350 Вт/м², температурные поля в типичной обмуровке судового котла могут быть представлены следующей схематической зависимостью (рис. 1).

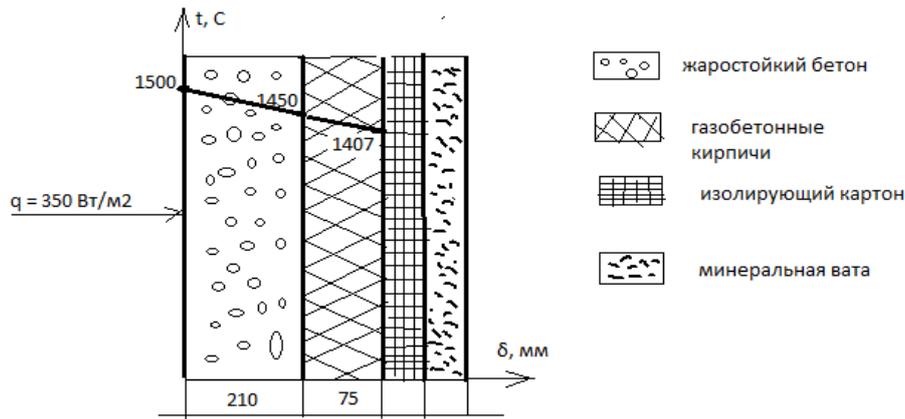


Рисунок 1 – Температурное поле внутренних слоев обмуровки

В настоящее время рекламируется и предлагается к использованию большое число различных полимерных композиционных материалов. Их разнообразие обусловлено технологией производства, которая может включать армирование, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), холодное вспучивание.

Многими предприятиями налажено производство таких материалов, как сухие смеси для получения тонких (0,5–2,5 мм) керамических СВС покрытий, СВС-мертели для «сварки» керамическим швом в монолит различных видов огнеупорных изделий, сухие смеси на основе воластонита для формирования на рабочих поверхностях штучных изделий и огнеупорных бетонов толстостенных (4–10 мм) керамических образцов.

Существуют огнеупорные клеи, предназначенные для склеивания огнеупорных материалов, а также с целью упрочнения поверхности материалов и возможности их использования в условиях высоких температур (до 1 600 °С) в высокоскоростных газовых потоках (до 100 м/с). Применяются неформованные огнеупоры в виде порошков паст или суспензий, а также шамотные заполнители, которые по гранулометрическому составу подразделяются на щебень, песок и порошок с содержанием Al_2O_3 до 35 % и огнеупорностью не менее 1 690 °С.

Результаты испытаний показывают, с одной стороны, высокие основные характеристики материалов, например, максимальные температуры применения (1 600–1 800 °С), износостойкость, адгезию к огнеупорам, прочность при сжатии (до 45 МПа) и растяжении (до 15 МПа). С другой, – достаточно высокую общую пористость (до 20%), которая в совокупности с пустотностью кристаллических решеток оксидов и химических соединений (до 30 %) дает общую пустотность около 50 %. В условиях такой по-

риности действие физико-химических процессов проявляется не только в разъедании поверхностных слоев материала футеровки, но и в изменении его теплофизических и механических (прочностных) свойств по глубине. В результате, даже при установившемся тепловом режиме к обычным температурным напряжениям в рабочих слоях прибавляются дополнительные напряжения на границе ошлакованных и неошлакованных слоев, что приводит к растрескиванию и последующему скалыванию материала. Анализ перечисленных обстоятельств, реально присутствующих в современной эксплуатации котлов, а также отсутствие эффективной технологии ремонта в судовых условиях, подчеркивают целесообразность проведения исследовательских работ в области совершенствования технологии ремонта обмуровок с учетом сочетаемости теплофизических свойств современных огнеупорных материалов или изделий из них.

Выбор огнеупорных материалов во многом определяется требованиями, изложенными в Инструкции по ремонту обмуровок паровых котлов электростанций РД 34.26.601, в соответствии с которой обмуровка паровых котлов после проведения капитального ремонта должна во-первых:

а) обеспечивать теплоотдачу с ограждающих поверхностей не выше установленных норм и нормальные санитарно-гигиенические условия работы обслуживающему персоналу;

б) обеспечивать газонепроницаемость, не допуская присосов воздуха в топку, газоходы и выброса продуктов сгорания в окружающую среду;

в) обладать достаточной термостойкостью и прочностью, чтобы выдерживать колебания температур и разрежений в топке и газоходах котла;

г) не препятствовать температурным расширениям барабанов, коллекторов и труб котла и не создавать недопустимых напряжений в самой обмуровке; во-вторых: тепловые потери с поверхности обмуровки новых серийных котлов не должны превышать 350 Вт/м^2 , а температуры наружных поверхностей обмуровок должны быть не более $55 \text{ }^\circ\text{C}$ при температуре окружающего воздуха в среднем по высоте котла около $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для уменьшения тепловых потерь и снижения температуры наружной поверхности обмуровки применяют обмуровочные материалы, обладающие лучшими теплоизоляционными свойствами, предъявляя к ним следующие требования:

а) футеровочные материалы и изделия должны обладать огнеупорностью и шлакоустойчивостью при длительном воздействии температур свыше $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ (действует ГОСТ 4069-69);

б) иметь достаточную механическую прочность, определяемую по ГОСТ 4071-48, обладать достаточной термоустойчивостью и хорошо противостоять разрушению при резких изменениях температур;

б) жаростойкие материалы и изделия должны длительно выдерживать воздействие температур до 900 °С и не разрушаться;

в) теплоизоляционные материалы и изделия должны обладать высокой температуростойкостью и не изменять своих рабочих свойств при длительном воздействии рабочих температур; иметь минимальный объемный вес и низкий коэффициент теплопроводности с возможно меньшим увеличением его при повышении температуры;

г) покровные (уплотнительные) материалы должны обеспечивать газо-непроницаемость обмуровки, хорошо сцепляться с материалами в обмуровке, не растрескиваться и не расслаиваться при нагревании и расширении обмуровки;

д) растворы должны обладать огнеупорностью, жаростойкостью или термостойкостью в соответствии с требованиями к основным материалам; обеспечивать хорошее сцепление материалов и изделий, укладываемых в обмуровку, и не изменять своих рабочих свойств при длительном нагреве.

В-третьих: обмуровку поверхностей, непосредственно соприкасающуюся с топочными газами и подверженную действию высоких температур, надлежит выполнять из огнеупорных и жаростойких материалов, изделий и сухих смесей, перечисленных в табл. 1, 2 и 3 [6].

Нетрудно видеть, что указанные требования к свойствам материалов достаточно противоречивы, поскольку малая теплопроводность, высокая огнеупорность и в тоже время стойкость к температурным колебаниям и шлакоразъеданию не характерны не только для однородного материала, но и для большинства существующих композиционных. Следует отметить, что для судовых котлов, которые работают в условиях часто меняющихся высоких плотностях тепловых потоков, из-за резких колебаний расхода пара, разрушение незащищенной экраном огневой части поверхности обмуровки является наиболее характерным видом повреждения. Действующие на этих поверхностях температуры могут достигать 1 400 °С и более. Элементарный расчет температурных полей в этих слоях обмуровки из огнеупорного бетона, при допустимых тепловых потерях в 350 Вт/м², показывает, что температурный градиент составляет 0,3–0,5 град./мм. Это означает, что основное термическое сопротивление многослойной обмуровки должно

приходиться на теплоизоляционные слои с низким значением коэффициентов теплопроводности. В огнеупорных же слоях при прохождении через них потока тепла должно, по возможности, сохраняться граничное условие четвертого рода, при котором кривые температурных полей соседних слоев имеют близкие значения тангенсов углов наклона в местах их стыка или плавно переходят друг в друга (см. рис. 2).

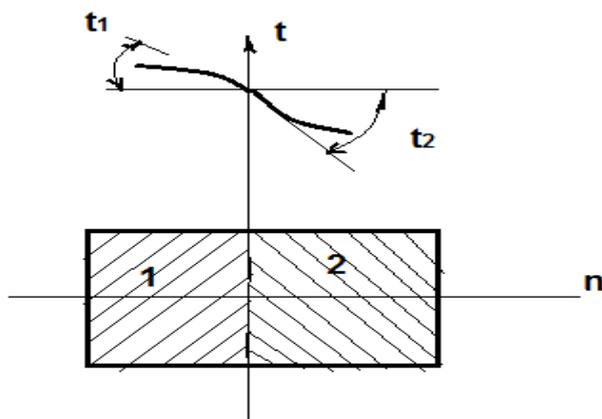


Рисунок 2 – Граничные условия слоев материала обмуровки

Можно предположить, что оптимальным будет решение выбирать материалы с близкими значениями коэффициентов теплопроводности, поскольку учет пористости материалов и необходимость сделать ее минимально возможной определяет стойкость огнеупоров к химическому воздействию щелочной или кислой среды со стороны продуктов сгорания [3]. В таблице 1 приводятся свойства современных огнеупоров, выпускаемых промышленностью.

Из таблицы 1 видно, что, например, шамотная и муллитокорундовая массы МШ-32, ММКГ-72, а также кирпич шамотный ШАК и хромомagneзитовая масса имеют близкие по значению коэффициенты теплопроводности, огнеупорность и пористость. Их сочетания при изготовлении внутренней поверхности обмуровки могут быть оправданы. При этом, технология восстановления разрушенной поверхности обмуровки нанесением нового защитного покрытия (например, поверхности огнеупорного бетона у судового котла ESH 6.3) должна предполагать: 1) тщательную зачистку от образовавшегося шлака, налета грязи и пыли с равномерным по глубине и периметру удалением старого слоя обмуровки; 2) обдувку поверхности сжатым воздухом и обработку жидким стеклом или сульфатным щелоком, разведенным теплой водой; 3) нанесение в качестве 1-го слоя хромитовой

массы толщиной 2 мм; 4) нанесение после высыхания 1-го слоя 2-го слоя хромомagneзитовой массы толщиной 3–4 мм.

Таблица 1 – Свойства современных огнеупоров

Огнеупорный материал	Коэффициент теплопр. при раб. Температуре Вт/м К	Теплоемкость Дж/кг К	Плотность Кг/м ³	Температуропроводность м ² /с ×10 ⁻⁶	Пористость открытая %	Огнеупорность °С	Рабочая температура °С
Кирпич шамотный ШАК Al ₂ O ₃ – 33 %	1,65	1 240	1 830	0,7	22	1 730	1 620–1 720
Кирпич шамотный АЛ-1,3	0,6–0,7		1 300		24	1 750	1 400
Кирпич магнезитовый	1,24	1 220	2 350	0,4			1 920–1 970
Кирпич диносовый SiO ₂ -94 %; Fe ₂ O ₃ -1,7 %	2,11	1 210	2 350	0,7	16–19	1 970	1 650
Изделия корундовые Al ₂ O ₃ – 88 % Fe ₂ O ₃ – 1 %; P ₂ O ₅ – 2 %	5,24				менее 15		1 920–1 970
Бетонные смеси: Масса шамотная и муллитокорундовая ММКГ-72 Al ₂ O ₃ – 72 %	1,3–1,5	1 200	1 800 – 1 900	0,6	20–25	1 800	
Бетон жароупорный шамотный	1,6		1 800 – 1 900		25–30		
Хромомagneзитовая масса Хромомagneзит – 50 %	1,57		2 600 – 2 800	0,5		1 700	1 700

Используемые компоненты огнеупорных масс должны удовлетворять требованиям, определенным Инструкцией по ремонту РД. 34.26.601, в соответствии с которой: измельченный хром с размером зерна 1 мм должен составлять 20 % от массы, размером зерна 0,2 мм – 35 %, а размером зерна

менее 0,2 мм – 45 %; пластичная огнеупорная глина должна иметь зерна не крупнее 0,5 мм; корундовый шамот иметь в составе 70 % обожженного измельченного корунда и 30 % огнеупорной глины класса А. Раствор сульфатного щелока приготавливается с плотностью 1,1 гр./см³ с последующей фильтрацией через сетку с ячейкой не более 0,5 мм.

Возможно восстановление поверхности в приведенном случае и иным способом – облицовкой поврежденной поверхности муллитокорундовыми (с повышенной плотностью) фасонными плитками (Al_2O_3 – 88 %, Fe_2O_3 – 1 %, P_2O_5 – 2 %), обладающими повышенными свойствами к воздействию кислой или щелочной среды продуктов сгорания топлива в топке котла. Конструктивно слой таких плиток выполняется так, что будет свободно деформироваться при воздействии температурных перепадов, не вызывая образования трещин. Крепление плиток к поверхности, подготовленной описанным выше способом, выполняется с использованием высокотемпературного клея, имеющего алюмохромфосфатное связующее (АХФС). Клей выдерживает температуры до 1 800 °С и имеет стойкость в 3–4 раза выше по сравнению со связующими компонентами на основе жидкого стекла. Использование предлагаемой технологии восстановления поврежденной поверхности может способствовать более оперативному и своевременному ремонту обмуровки в судовых условиях, не доводя ее состояние до необходимости выполнения капитального ремонта с заменой всего обмуровочного слоя.

Литература

1. Залкинд Е. М. Материалы обмуровок и расчет ограждений паровых котлов. – М. : Энергия, 1972. – 183 с.
2. Орехов И. Г Предотвращение аварий судовых котельных установок. – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
3. Кощев И. Д. Огнеупорные материалы. – М. : Интермед Инжиниринг, 2003. – 320 с.
4. Огнеупорные изделия, материалы и сырье : справочник. – М. : Металлургия, 1991. – 415 с.
5. Кудинов А. А. Испытание обмуровки и тепловой изоляции котла ТП-87 Тольятинской ТЭЦ // Энергетик. – 2009. – № 3.
6. Инструкция по ремонту обмуровок паровых котлов РД 34.26.601.

Методика контроля общих остаточных деформаций корпусов судов

Петрова Н. Е. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: penaev@yandex.ru)

Аннотация. Проведен анализ изменения технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации, показаны опасные состояния корпусных конструкций и критерии прочности, предложена методика контроля общих остаточных деформаций корпусов судов.

Abstract. The analysis of changes in the technical condition of the hull in the process of operation, shows the dangerous condition of hull structures and strength criteria, a control method is proposed total residual deformations of the hull.

Ключевые слова: корпус судна, корпусные конструкции, прочность, остаточные деформации.

Key words: hull, hull design, strength, permanent deformation.

1. Введение

Прочность корпуса судна оценивать наиболее трудно как ввиду сложности самой конструкции, так и при определении расчетных внешних нагрузок и нормативных запасов прочности. Корпусные конструкции подвержены воздействию нагрузок, значение и направление действия которых непрерывно и случайно изменяются.

Связи корпуса участвуют одновременно в нескольких видах деформаций. Эти деформации вызываются как общим изгибом корпуса, так и местным изгибом перекрытий, набора, пластин. Задача определения напряжений осложняется еще и тем, что во времени прочность связей корпуса изменяется в связи с неизбежным износом и остаточными деформациями. Причем эти изменения зависят не только от времени, но и от особенностей конструкции корпуса и условий его эксплуатации.

2. Опасные состояния и критерии прочности

Различают два вида опасных состояний конструкций корпуса: искажение формы и нарушение целостности. В качестве признаков наступления этих опасных состояний рассматривают четыре критерия: пластическое деформирование, потерю устойчивости, усталостное и хрупкое разрушения.

Опасное состояние «искажение формы» обычно проявляется в виде остаточных деформаций, причиной возникновения которых являются растягивающие напряжения, превышающие предел текучести материала (кри-

терий пластической прочности), или сжимающие напряжения, превышающие критическую величину (критерий устойчивости).

Статистика крупных аварий, возникших из-за недостатка прочности и приведших к разрушению корпусов судов, свидетельствует, что в большинстве случаев причиной разрушений явилась потеря устойчивости основных несущих связей. Поэтому при расчетах прочности конструкций опасные состояния «искажения формы» рассматриваются как предельные и связываются с напряжениями, вызываемыми нагрузками, значения которых не должны быть превышены более одного раза за весь срок службы судна. Такие нагрузки характеризуются обеспеченностью порядка 10^{-8} и менее. По отношению к напряжениям, возникающим при этих нагрузках, и назначаются запасы предельной прочности.

Опасное состояние «нарушение целостности» обычно проявляется в виде различных трещин, причиной возникновения которых преимущественно в растянутых связях судового корпуса оказывается действие как однократно приложенной, так и циклической, относительно умеренной нагрузки. Трещины появляются под действием местных напряжений в районах, примыкающих к различного рода концентраторам напряжений (вырезам, прерывистым связям, дефектам сварных швов и т. п.).

3. Оценка прочности корпусных конструкций судна

В общем случае для оценки прочности судового корпуса необходимо решить проблемы по определению расчетных внешних нагрузок, возникающих напряжений и необходимых запасов прочности.

Расчетные нагрузки принято формировать из двух частей: квазистатической (нагрузки на тихой воде) и переменной (волновые нагрузки). Расчетные напряжения определяют расчленением сложных деформаций на элементарные составляющие с последующим их суммированием, учитывая распределение по сечению конструкций, а также мгновенное и длительное изменение во времени. Запасы прочности назначают, опираясь на предшествующий опыт с обобщением его методами строительной механики корабля.

Однако со временем прочность корпуса и его элементов изменяется. Чем дольше эксплуатируется судно, тем больше стареет его корпус. Старение корпуса выражается в уменьшении толщины листовых элементов и набора вследствие неизбежного износа; в изменении первоначальной формы конструкций в результате появления остаточных деформаций, вызванных различного рода эксплуатационными перегрузками; в нарушении

целостности отдельных элементов в виде трещин, разрывов, пробоин, являющихся следствием проявления усталости, хрупкости или вязкого разрушения при аварийных ситуациях. В результате этих изменений уменьшается прочность корпуса и его элементов, ухудшается мореходность судна, нарушается непроницаемость наружной обшивки, переборок, настила второго дна и других конструкций.

Определяющим последствием вмятин, бухтин и гофров корпусных конструкций являются большие пластические деформации в местах их образования. В экстремальных случаях эти деформации могут привести к разрушению конструкции, при меньших деформациях возникает наклеп, материал становится более хрупким, снижается надежность конструкций.

Определенная степень уменьшения со временем прочности корпуса и его элементов вследствие износа предусматривается при проектировании. Это выражается либо явно в виде прямых надбавок на износ, либо не явно, с помощью расчетных допускаемых напряжений, скрывающих опробированные практикой запасы прочности. Допускаемые значения уменьшения прочности вследствие износа по сравнению со стандартом, принятым для нового судна, регламентируются специальной нормативной документацией.

4. Методика контроля общих остаточных деформаций корпусов судов

Для контроля общих остаточных деформаций необходимо предварительно определить характеристики общей прочности корпуса судна, например, моменты инерции и моменты сопротивления поперечного сечения корпуса, остаточные стрелки общей деформации выбранных сечений. Указанные данные сравниваются с допускаемыми значениями в планируемых условиях и времени эксплуатации.

Определение характеристик общей прочности корпуса на определенный срок службы производится на основе его фактической дефектации или на основе статистических данных по ряду судов одного типа.

5. Заключение

Для обеспечения безопасности мореплавания актуальное значение имеют исследования, направленные на разработку методик оценки и прогнозирования технического состояния судна, а применение этих методик позволит обеспечить минимальные затраты на техническое обслуживание и ремонт судов при соблюдении требований классификационных обществ.

Литература

1. Архангородский, А. Г. Моделирование прочности судовых конструкций / А. Г. Архангородский, Л. М. Беленький. – Л. : Судостроение, 1969. – 221 с. : ил.
2. Архангородский, А. Г. Прочность и ремонт корпусов промысловых судов: учебное пособие / А. Г. Архангородский, Б. Я. Розендент, Л. Н. Семенов. – Л. : Судостроение, 1982. – 272 с.
3. Барабанов, Н. В. Конструкция корпуса морских судов: учебник для вузов / Н. В. Барабанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1981. – 552 с.
4. Беленький, Л. М. Большие деформации судовых конструкций / Л. М. Беленький. – Л. : Судостроение, 1973. – 206 с.
5. Ефремов, Л. В. Обеспечение надежности комплектующего оборудования судов флота рыбной промышленности // Рыб. хоз-во. Сер. экспл. флота рыб. пром-сти : обзор информ. / ЦНИИТЭИРХ. – 1975. – Вып. 2/3. – С. 3–11.
6. Максимаджи, А. И. Капитану о прочности корпуса судна / А. И. Максимаджи. – Л. : Судостроение, 1988. – 224 с.
7. Правила классификации и постройки морских судов. В 3 т. Т. 1 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2015. – 502 с.
8. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2014. – 285 с.

К вопросу о трудоустройстве выпускников инженерных специальностей, связанных с судоремонтом и судостроением

Радионовская Т. И., Баева Л. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: radionovskayati@mstu.edu.ru; baevals@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье приведен анализ данных по выпуску молодых инженеров, связанных с судоремонтом и судостроением за последние пять лет. Исследованы данные, предоставленные производственными организациями о трудоустройстве специалистов. Показано, что востребованность молодых специалистов и высокий уровень трудоустройства является показателем качественной подготовки инженеров в Морской академии ФГБОУ ВПО «МГТУ».

Abstract. The article provides an analysis of data on production of young engineers of ship repair and shipbuilding over the last five years. Analyzed data provided by production organizations about employment specialists. The demand for young professionals and high level of employment is an indicator of high-quality training of engineers in the Naval Academy MSTU.

Ключевые слова: инженер, трудоустройство, производство, судоремонт, судостроение.

Key words: engineer, jobs, manufacturing, ship repair, shipbuilding.

В соответствии с Концепцией федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы, утвержденной Д. Медведевым в декабре 2014 г. механизмом оценки качества профессионального образования будет мониторинг трудоустройства выпускников и сопровождения их профессиональной карьеры и процесса дальнейшего непрерывного образования [1].

На сегодняшний день вопрос кадрового обеспечения остро стоит не только в рабочих профессиях, но и в инженерно-технических работниках. Причиной дефицита молодых специалистов является демографический кризис 90-х годов. В результате экономических реформ немногим судоремонтным предприятиям и судовладельцам удалось сохранить производственные мощности.

Крупные производственные организации г. Мурманска и Мурманской области нуждаются в работниках высокой квалификации, и активно взаимодействуют с организациями начального, среднего и высшего профессионального образования.

Участие представителей работодателей в оценке содержания, организации и качества учебного процесса заключается в практическом обучении студентов на реальных рабочих местах при прохождении практики и проведении научно-исследовательской работы. Представители работодателей проводят учебные занятия для студентов, в том числе лекционных курсов, семинаров, лабораторных работ, мастер-классов, практикумов и др.; участвуют в итоговой государственной аттестации выпускников; трудоустройстве выпускников; в процедуре проведения самообследования качества [2].

В Морской академии ФГБОУ ВПО Мурманского государственного технического университета (далее – МА ФГБОУ ВПО «МГТУ») ведется подготовка инженеров, объектами профессиональной деятельностью которых в соответствии с ФГОС являются судоремонтные и судостроительные предприятия [3].

В МА ФГБОУ ВПО «МГТУ» в среднем ежегодно выпускаются 37 молодых специалистов высшего профессионального образования, связанных с судоремонтом и судостроением (таблица 1).

Таблица 1– Данные по ежегодному выпуску специалистов в МА ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Направление	Специальность	Количество выпускников						
		2011	2012	2013	2014	2015	всего	Среднее
«Кораблестроение и океанотехника»	«Судовые энергетические установки»	3	7	6	15	8	39	8
«Морская техника»	«Эксплуатация судовых энергетических установок»	22	21	20	8	19	90	18
	«Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»	14	7	9	12	12	54	11
	всего	39	35	35	35	39	183	37

Основными работодателями, с которыми установлены многолетние контакты, являются следующие производственные организации:

- Филиал ООО «Газпромфлот» в г. Мурманске;
- Филиал «35 Судоремонтный завод» ОАО «Центр судоремонта «Звездочка» г. Мурманск;

- Филиал «Судоремонтный завод «Нерпа» ОАО «Центр судоремонта «Звездочка» г. Снежногорск;
- ФГУП «Атомфлот»;
- ПАО «Мурманский торговый порт»;
- ОАО «Мурманское морское пароходство»;
- ЗАО НПП «Вега».

Данные предприятия также являются базами учебных и производственных практик. На судоремонтных предприятиях обучающиеся проходят производственную (слесарно-монтажную и электромонтажную) практику. При прохождении практик студенты и курсанты приобретают навыки самостоятельной работы на производственном оборудовании и оформлении технологической документации [3]. В процессе практики будущие судоремонтники приобретают навыки в разработке технологических процессов эксплуатационного, технического обслуживания, реновации и ремонта судов и средств океанотехники, энергетических установок, корпусных конструкций, энергетического и функционального оборудования, общесудовых устройств и систем, систем объектов морской инфраструктуры [4].

Количество выпускников МА ФГБОУ ВПО «МГТУ», работающих на перечисленных предприятиях составляет 186 человек (таблица 2), из них по специальностям, связанных с судоремонтом и судостроением трудятся 120 выпускников, что составляет 67 % от общего количества работающих выпускников.

Таблица 2 – Данные о трудоустройстве выпускников МА ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Количество работающих выпускников (человек)		За последние 5 лет трудоустроилось выпускников (человек)	
МА МГТУ всего	из них по специальности СЭУ, Э СЭУ, Э СО и СА	МА МГТУ всего	из них по специальности СЭУ, Э СЭУ, Э СО и СА
186	120	138	87

Анализ данных за последние пять лет показывает, что всего трудоустроилось 138 молодых инженеров (таблица 2), из них связанных с судоремонтом и судостроением 87, что составляет 63 % от общего количества трудоустроенных выпускников.

Как видно на рис. 1, чаще всего выпускники трудоустраиваются в ОАО «Центр судоремонта «Звездочка» в ООО «Газпромфлот», филиал «35 судоремонтный завод», ФГУП «Атомфлот» в г. Мурманске. Из общего количества работающих (186 человек) за пять лет трудоустроилось 138 человек.

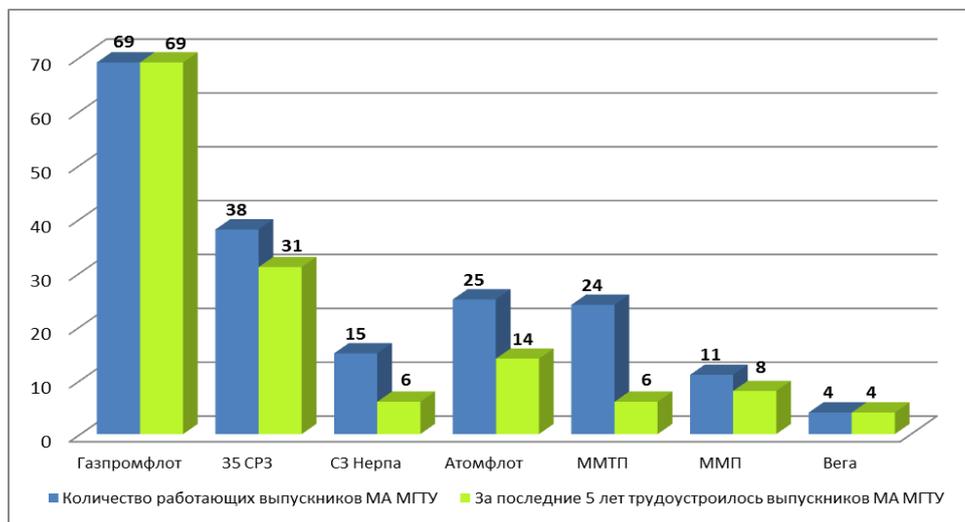


Рисунок 1 – Трудоустройство выпускников МА ФГБОУ ВПО «МГУ»

По специальностям «Судовые энергетические установки», «Эксплуатация судовых энергетических установок», «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики», которые связаны с судоремонтом и судостроительством, выпускники трудоустраиваются в те же организации (рис. 2).



Рисунок 2 – Трудоустройство выпускников МА ФГБОУ ВПО «МГУ», связанных с судоремонтом и судостроительством

По предоставленным данным, наши выпускники занимают следующие должности на вышеуказанных предприятиях:

Должности высшего руководства:

- Директор филиала
- Заместитель директора филиала
- Главный энергетик
- Ведущий энергетик
- Начальник бюро механизмов и устройств
- Заместитель начальника корпусного производства
- Заместитель начальника цеха по производству
- Ведущий инженер-энергетик энергомеханического управления
- Начальник бюро механо-монтажного цеха
- Начальник отдела автоматизированных систем управления
- Заместитель начальника цеха по подготовке производства
- Начальник котельной
- Заместитель начальника производственного комплекса энергоснабжения

- Ведущий инженер-конструктор

Должности высшего уровня управления:

- Старший механик
- Старший электромеханик
- Механик
- Электромеханик
- Энергетик 1 категории по обеспечению бурения
- Инженер-конструктор 1 категории
- Инженер-технолог механо-монтажного цеха
- Инженер-технолог корпусного производства
- Инженер-технолог электрорадиомонтажного цеха
- Мастер участка механо-монтажного цеха
- Старший строитель кораблей
- Строитель кораблей
- Специалист транспортно-экспедиторской конторы
- Инженер комплекса механизации
- Групповой электромеханик

- Групповой механик
- Старший инженер

Должности среднего, рядового и вспомогательного уровня

- Машинист-обходчик по котельному оборудованию
- Машинист буровых установок на нефть и газ
- Электромонтер по обслуживанию буровых установок 6 разряда
- Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
- Слесарь-судоремонтник
- Матрос
- Машинист конвейера

Степень востребованности подготовленных молодых специалистов подтверждают данные отношения работающих к общему выпуску МА ФГБОУ ВПО «МГТУ», которые составляют $87 / 183 \times 100 = 47,5 \%$. Многие выпускники Морской академии трудоустраиваются на судах предприятий рыбопромышленного флота Федерального агентства по рыболовству.

По данным Центра занятости населения г. Мурманска для трудоустройства за последние 5 лет обратилось 6 человек (3 %), которые были трудоустроены в течение месяца после обращения.

В ФГБОУ ВПО «МГТУ» обучаются выпускники школ г. Мурманска, Мурманской области, а так же других регионов России и по окончании вуза они трудоустраиваются в региональных организациях.

Таким образом, наше исследование показывает, что выпускники инженерных специальностей востребованы на предприятиях, связанных с судоремонтом и судостроением, и занимают престижные должности.

МА ФГБОУ ВПО «МГТУ» становится базовой площадкой для подготовки высококвалифицированных кадров для судостроительной и судоремонтной отрасли в нашем регионе [2].

Однако следуя современным требованиям к качеству образования, необходимо продолжать сбор данных от работодателей и проводить мониторинг трудоустройства выпускников, их профессиональной карьеры и дальнейшего непрерывного образования.

Для эффективности образовательного процесса целесообразно привлекать представителей работодателей к разработке основной образовательной программы подготовки специалистов и бакалавров, учебных планов и учебно-методических разработок.

Важно отметить, что к работе на судоремонтных и судостроительных предприятиях необходимо учитывать особые условия допуска, которые

требуют обязательного предварительного и периодического медицинского осмотра, установленных законодательством российской Федерации.

Литература

1. Концепция федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 2765-р.

2. Баева Л. С., Радионовская Т. И. Система качества подготовки профессионально компетентных специалистов для рыбопромыслового флота // Наука и образование – 2014. – Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ». – 2015. – URL: www.mstu.edu.ru (дата обращения: 14.03.2015).

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования подготовки специальности 180405.65 «Эксплуатация судовых энергетических установок», утвержден приказом № 2060 Министерства образования и науки РФ от 24.12.2010 г. – URL: <http://минобрнауки.рф> (дата обращения 14.03.2015).

4. Радионовская Т. И., Баева Л. С. Практическая подготовка как основополагающий фактор формирования профессиональных компетенций // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: www.science-education.ru/120-17175 (дата обращения: 14.03.2015).

Нормы вибрации для винтовых насосов

Сергеев К. О., Жуков А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: Kepstr@rambler.ru, sanya_51@mail.ru.)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы нормирования вибрации винтовых насосов для диагностики их технического состояния.

Abstract. Rationing of screw pumps vibration in order to diagnose their technical condition is analyzed in this article.

Ключевые слова: нормы, диагностика, вибрация, винтовые насосы.

Key words: content words: rationing, diagnosis, vibration, screw pumps.

Введение

Судовые насосы, являясь неотъемлемой частью большинства судовых систем, в значительной степени влияют на безопасность и надежность работы судна в целом. В связи с этим существует необходимость выявления дефектов на рабочем насосе без вывода его из эксплуатации. Техническая диагностика, как область знаний о распознавании состояния технического объекта, посредством своих методов и средств, позволяет вести оценку состояния любых судовых технических средств (СТС).

Методы диагностики

Существует целый ряд методов безразборной диагностики СТС (вибрационные, тепловые, измерение ударных импульсов, утечек, давлений и т. д.). К судовым насосам могут быть применены лишь некоторые из них [1]:

- контроль отклонений рабочих параметров;
- контроль уровня вибрации;
- метод ударных импульсов;
- тепловой метод.

При контроле состояния судовых насосов с использованием данных методов могут быть сделаны выводы о возможных неисправностях насоса, с проведением соответствующего ТО, в чем и заключается сущность безразборной диагностики.

Из всех вышеперечисленных методов наиболее эффективным на, наш взгляд, является контроль уровня вибрации, так как он позволяет вести диагностику, как самого насоса, так и его подшипников и подшипников электродвигателя. Выбор данного метода не исключает остальные, перечис-

ленные выше, а, наоборот, является, по сути, их продолжением. Как правило, измерение вибрации судовых насосов (как и других механизмов) проводится, тогда когда определенные параметры насоса выйдут за пределы допускаемых значений или появятся субъективные жалобы на повышенную вибрацию

Таким образом, основным методом вибродиагностики судовых насосов, является метод абсолютной виброметрии в условиях периодического или постоянного контроля вибрации СТС на штатном месте. Статистическая обработка результатов периодического контроля (общий уровень вибрации, спектры) позволяет выявить тенденции изменения вибрации по времени (тренды) и, путем экстраполяции линейного тренда параметра до его предельного значения, прогнозировать остаточный ресурс машины [1].

Рассматривая данный метод в контексте судовых винтовых насосов, можно заметить, что основной частотой вынужденных колебаний винтовых насосов является винтовая частота, f_v . При этом, в отличие от центробежных и шестеренчатых насосов высокий уровень вибрации на данной частоте не является естественным следствием рабочего процесса насоса и должен интерпретироваться как признак наличия дефектов монтажа или изготовления винтов насоса. Наиболее распространенным дефектом монтажа винтовых насосов является непараллельность осей вращения винтов. На этапе послеремонтной обкатки винты имеют тенденцию к приработке, однако, в случае значительных дефектов монтажа и изготовления такая приработка может привести к значительному изменению геометрии зацепления винтов и в итоге к потере производительности насоса. В большинстве случаев к росту уровня вибрации на винтовой частоте приводит увеличение зазоров в опорах винтов.

Нормирование вибрации насосов

Возможны различные подходы к нормированию вибрации насосов, например общепромышленный стандарт ИСО 2372 нормирует общий уровень виброскорости (общий уровень, среднеквадратичное значение) в диапазоне от 10 до 1 000 Гц для различных классов технического состояния [1].

Другой подход к нормированию у Российского морского регистра судоходства (РМРС).

Нормирование осуществляется в третьоктавных полосах среднеквадратичного значения виброскорости в частотном диапазоне до 500 Гц. Размещение точек контроля, согласно правилам РМРС, приведено на рис 1.

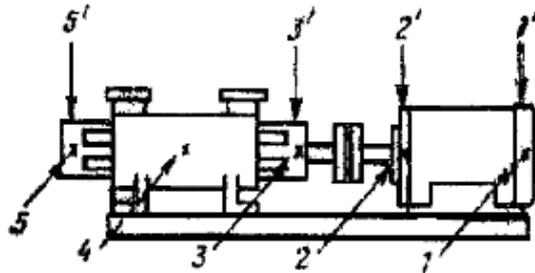


Рисунок 1 – Расположение точек измерения вибрации

Для различных неисправностей характерны определенные диапазоны частот. Частоты «ответственные» за отдельные дефекты винтовых насосов могут быть выше предельных частот по нормам Регистра. Например, кавитация может проявляться на частотах 2 000–3 000 Гц, которые не попадают в нормируемую зону частот. Нормирование виброскорости с высокой точностью позволяет классифицировать дефекты типа «расцентровки», дисбалансов, биений, но плохо реагирует, например, на зарождающиеся задиры. Поэтому представляется более целесообразным проводить контроль технического состояния винтовых насосов, измеряя виброускорение в полосе до 5 кГц, что позволяет производить более глубокий анализ работы механизма.

Разработка статистической нормы

Для получения статистически достоверной нормы вибрации были замерены (ООО «ДиаМАНТ» совместно с кафедрой судовых энергетических установок ФГБОУ ВПО «МГТУ») уровни виброускорения на 17 однотипных винтовых насосах ледокола «Капитан Николаев». Точки контроля принимались по требованиям правил РМРС. Вибрация нормировалась в третьоктавных полосах частот в диапазоне от 10 до 5 000 Гц. Среднестатистическое значение для каждой заданной полосы частоты определялись по методике МКШС – 71. Полученная норма приведена на рис. 2.

Для сравнения полученной статистической нормы с Нормой РМРС последняя была переведена в виброускорение (см. рис. 3). При сравнении полученной нормы с регистровыми значениями, можно отметить, что она, в целом, не выходит за рамки допустимых значений в спектре от 0 до 320 Гц. Также следует отметить, что данная норма является более универсальной по своей структуре, чем регистровая, в связи с тем, что охватывает спектр до 5 кГц. Расширение диапазона контролируемых частот позволяет включить в норму и диагностику подшипников электродвигателя насоса.

В случае превышения статистической нормы, в какой либо полосе частот, необходимо проводить узкополосный анализ для более точного определения вида дефекта

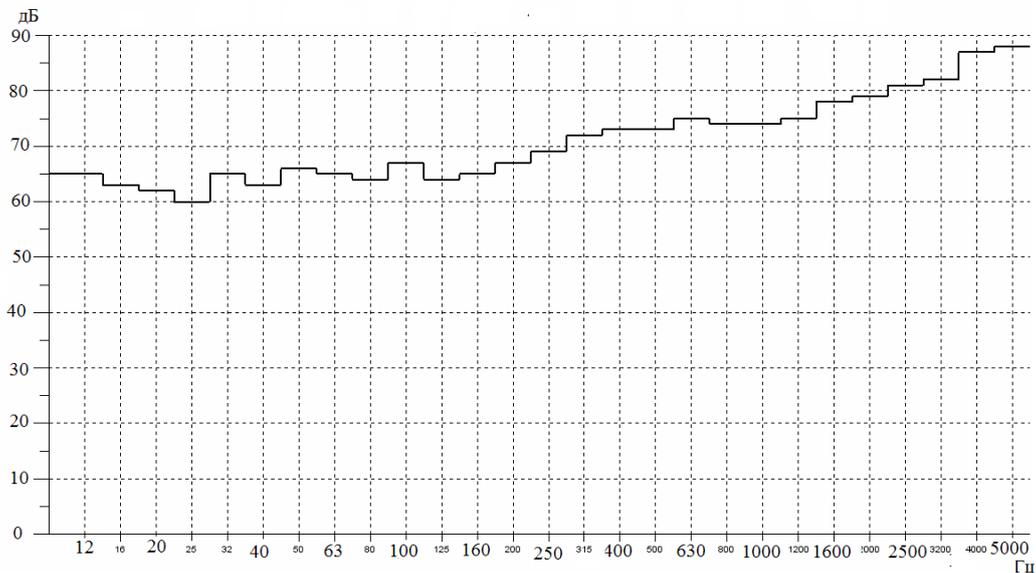


Рисунок 2 – Среднестатистическая норма вибрации винтовых насосов

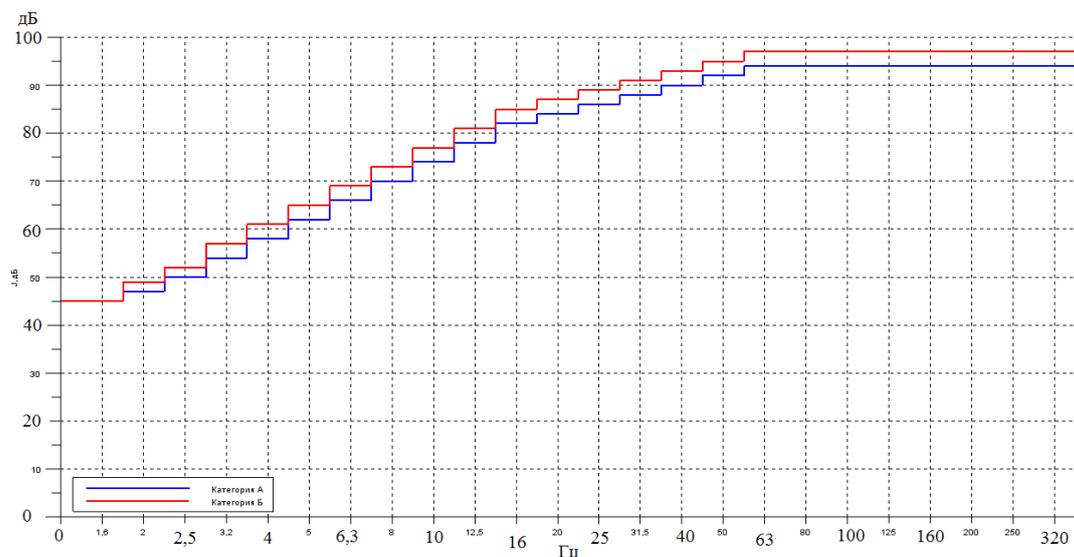


Рисунок 3 – Регистровые значения допустимых уровней виброускорения винтовых насосов

Выводы

Полученная среднестатистическая норма (СКЗ виброускорения, третьоктавные полосы частот) может использоваться для определения технического состояния винтовых насосов судовых энергетических установок ледоколов типа «Капитан Николаев» как совместно с нормами РМРС, так и независимо от них.

При проведении замеров обязательным условием достоверности и воспроизводимости результатов является соблюдение определенного режима работы насосов при контроле.

Литература

1. Голуб Е. С., Мадорский Е. З., Розенберг Г. Ш. Диагностирование судовых технических средств : справочник. – М. : Транспорт, 1993. – 150 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 2. – СПб. : РМРС, 2015. – 765 с.

Стенд для калибровки датчиков давления в цилиндре ДВС

Сергеев К. О., Кузнецов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: Kerstr@rambler.ru, artemku@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается конструкция стенда для калибровки датчиков давления, предназначенных для измерения давления в цилиндрах ДВС.

Abstract. A stand design to calibrate pressure transducers for measuring the pressure in internal combustion engine cylinders is analyzed in this article.

Ключевые слова: датчик давления, стенд, калибровка, двигатель внутреннего сгорания.

Key words: pressure transducers, a stand, calibration, an internal combustion engine.

Введение

Регулировка дизелей невозможна без измерений параметров рабочего процесса. По результатам этих измерений делают заключения о необходимости изменения тех или иных контролируемых параметров. Измерения параметров дают исходную информацию о качестве регулировки двигателя. Сравнивая действительные величины основных параметров рабочего процесса с нормативными их значениями, в каждом отдельном случае принимается решение об увеличении или уменьшении на ту или иную величину отдельных контролируемых параметров. Низкая точность измерений может привести к неверным действиям при осуществлении регулировки. В конечном итоге это затрудняет регулировку, приводит к неоправданным затратам времени и делает маловероятным достижение желаемого результата, т. е. получение хорошо отрегулированного двигателя. Степень точности результатов измерений зависит от точности самого прибора и погрешностей вносимым измерительным каналом. Для контроля метрологических характеристик датчиков давления проводят их периодическую тарировку (калибровку).

Методы калибровки

Конструктивно датчики различаются принципом действия чувствительного элемента, преобразующего давление в аналоговый или цифровой электрический сигнал. Чувствительный элемент может быть реализован на основе емкостного принципа действия (измерение емкости при деформации мембраны под действием давления газов), на основе тензорезисторов и на основе пьезоэлектрического эффекта (пьезокварцевые датчики).

Калибровка датчиков может проводиться на обыкновенном гидравлическом прессе, предназначенном для поверки манометров (например, грузопоршневом манометре МП – 600). Калибровка в этом случае заключается в сравнении показаний эталонного манометра с показаниями датчика давления. Но многие современные датчики давления газов, например, GT-20 и GT-21 фирмы «Аутроника» укомплектованы усилителями, которые не позволяют выполнять подобную статическую калибровку из-за наличия обратных связей предназначенных для компенсации температурного дрейфа нуля. Калибровка пьезокварцевых датчиков имеющих чувствительный элемент, основанный на пьезоэлектрическом эффекте, в статике в принципе не возможна. Кроме того, следует учитывать, что условия калибровки на гидравлическом стенде сильно отличаются от реальных условий из-за отсутствия действия температуры на чувствительный элемент и корпус датчика.

Стенд для калибровки датчиков

На кафедре судовых энергетических установок ФГБОУ ВПО «МГТУ» был разработан стенд для калибровки датчиков давления на основе двигателя от цетановой установки ИТ-9. Стенд состоит из одноцилиндрового четырехтактного предкамерного двигателя с воспламенением от сжатия, электродвигателя служащего для запуска и поддержания постоянных оборотов двигателя при недостаточной степени сжатия для воспламенения, пульта управления с контрольно-измерительной аппаратурой и вспомогательного оборудования.

Топливная система с аппаратурой непосредственного впрыска обеспечивает подачу топлива форсункой в камеру сгорания двигателя.

Установка имеет устройство позволяющее изменять степень сжатия от 7 до 23 и угол опережения впрыска от +10 до –10 п.к.в.

Возможность изменения степени сжатия и угла опережения подачи топлива позволяет в широких пределах изменять как давление сжатия, так и давление сгорания. Указанное обстоятельство позволяет в широких пределах менять максимальное давление цикла, что и положено в основу процедуры калибровки. Проведенная доработка двигателя – уменьшение объема камеры сжатия, позволяет получать максимальное давление сгорания порядка 10 МПа, что вполне достаточно для калибровки датчиков давления применяемых для контроля большинства двигателей.

В качестве эталонного датчика используется датчик индикатора МАИ-2А. Конструкция датчика и принцип действия индикатора подробно изложены в [1] и по этому здесь не приводятся. Следует отметить, что, не смотря на ряд недостатков способа измерения давления индикатором МАИ-2А, подробно рассмотренных в [1], [2] и другой литературе, он практически не имеет динамической составляющей погрешности, а статическая ошибка при определении давления легко определяется при тарировке самого датчика.

Стенд, с установленным на нем калибруемым датчиком давления и датчиком МАИ-2А, приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Стенд для калибровки датчиков давления

Процедура калибровки

Калибруемый и эталонный датчики устанавливаются на один индикаторный канал, как это показано на рис. 1. В данном случае на стенде установлен датчик давления ДДГ от комплекса контроля «Дизель – Адмирал». Калибруемый датчик используется вместе со своей штатной аппаратурой, что позволяет калибровать весь измерительный тракт. Схема подключения датчика и режим подготовки к измерениям определяется инструкцией по эксплуатации каждой конкретной аппаратуры.

В воздушном баллоне, обеспечивающем работу индикатора МАИ-2А, необходимо создать давление воздуха 15 МПа, сам индикатор подключается к сети и прогревается согласно инструкции по эксплуатации, на датчик давления подается охлаждение.

Перед началом калибровки производится регулировка зазора между контактом и мембраной датчика (на специальном приспособлении) и оценка погрешности измерения возникающей вследствие упругости мембраны и необходимости некоторого давления для ее перемещения и замыкания внутреннего контакта датчика МАИ-2А.

Для этого воздушная полость датчика, установленного на индикаторный канал, подключается вакуумному насосу. Под воздействием вакуума мембрана перемещается в замкнутое положение. Вакуум контролируется вакуумметром, установленным на пульте индикатора МАИ-2А. Давление перемещения определяется по значению вакуума, зафиксированного по показаниям вакуумметра в момент появления сигнала о замыкании мембраны датчика. Для контроля момента замыкания и размыкания мембраны используется электронный осциллограф, подключенный к соответствующему выходу блока управления. Паспортное значение давления перемещения лежит в пределах 0,03–0,05 МПа, оно должно обязательно контролироваться перед началом калибровки, так как может существенно меняться с увеличением наработки датчика.

Далее процедура калибровки проводится в следующем порядке. Двигатель установки запускается для прогрева датчиков, после работы двигателя на топливе в течение 5–10 мин он переводится в «компрессорный» режим, т. е. прокручивается от электродвигателя. Первые замеры проводятся при минимальной степени сжатия, что обеспечивает небольшие значения давления в цилиндре.

В воздушной полости датчика МАИ-2А создается давление воздуха, превышающее давление газов в индикаторном канале, давление медленно снижается. В момент выравнивания максимального давления в канале с давлением воздуха происходит замыкание мембраны, что вызывает срабатывание лампы индикатора на блоке управления. В этот момент фиксируются показания манометра на блоке управления МАИ-2А и значение максимального давления сгорания на калибруемой аппаратуре (оно определяется аппаратурой в автоматическом режиме). Необходимо как можно точнее определить момент выравнивания давлений, так как от этого зависит точность калибровки. Определение повторяют несколько раз.

Давление в цилиндре, в момент срабатывания индикатора замыкания мембраны, выше давления воздуха на значение давления необходимого для перемещения мембраны. Эта погрешность была определена в начале испытаний и должна быть вычтена из показаний калибруемой аппаратуры.

Для повышения точности калибровки можно использовать метод, приведенный в [1], и заключающийся в том, что индикаторная диаграмма и прямоугольный импульс, соответствующий замыканию и размыканию контакта датчика записывается (или выводится на осциллограф) и по фронту размыкания контакта определяется участок диаграммы соответствующий давлению на манометре прибора. Это существенно повышает точность калибровки. На кафедре судовых энергетических установок для отображения диаграмм или их записи с последующим просмотром используется АЦП ZET 210 и ЭВМ.

Далее последовательно увеличивается степень сжатия, что приводит к увеличению максимального давления в цилиндре двигателя которое и определяется, как описано выше. После достижения максимальной степени сжатия (что будет соответствовать давлению сжатия порядка 4 МПа), двигатель опять переводится в режим работы на топливе. Затем подбором степени сжатия и угла опережения топлива в нем последовательно создается несколько режимов с возрастающим максимальным давлением сгорания, которое и фиксируется на каждом испытательном режиме по показаниям манометра на пульте индикатора МАИ-2А. Записывающая часть индикатора в предлагаемой методике не используется, так как не приводит к существенному повышению точности калибровки.

В результате получается калибровочный график датчика давления совместно с измерительной аппаратурой. Точность определения давления в момент замыкания мембраны можно оценить значением давления, равным половине цены деления манометра. При использовании образцовых манометров эта погрешность может быть сведена к значению 0,05 МПа.

Заключение

Предлагаемый стенд, выполненный на базе одноцилиндрового дизельного двигателя и индикатора МАИ-2А, позволяет проводить калибровку аппаратуры для контроля давления в цилиндре ДВС в условиях максимально соответствующих работе датчика в эксплуатации.

Литература

1. Райков И. Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания : учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 1975. – 320 с.
2. Стефановский Б. С., Скобцов Е. А., Корси Е. К. Испытания двигателей внутреннего сгорания : учеб. пособие. – М. : Машиностроение, 1972. – 368 с.

Научное издание

НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 24–27 марта 2015 г.)

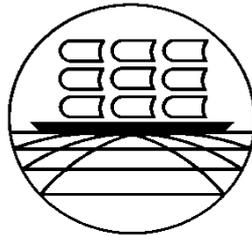
Ответственный за выпуск *А. Б. Власов*
Компьютерная верстка *Е. В. Малышевой*

*Материалы подготовлены отделом организации
научно-издательской деятельности*

Отпечатано в издательстве МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.
Сдано в набор 01.09.2015. Подписано в печать 09.10.2015. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага типографская. Усл. печ. л 16,97. Уч.-изд. л. 12,3. Заказ 184. Тираж 100.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ



НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 24–27 марта 2015 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2015

16+