



IV Международная научная конференция

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Казань

Главный редактор: Г. Д. Ахметова

Редакционная коллегия сборника:

*М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов,
Н. М. Сараева, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов,
А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев, М. А. Игнатова, В. В. Коварда,
М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, В. М. Кузьмина, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева,
Т. В. Матроскина, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин,
А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова*

Ответственные редакторы:

Г. А. Кайнова, Е. И. Осянина

Международный редакционный совет:

*З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), Б. Б. Бидова (Россия),
В. В. Борисов (Украина), Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия),
А. Данатаров (Туркменистан), А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия),
З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан),
Н. С. Игисинов (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия),
А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия),
В. А. Куташов (Россия), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина),
М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев (Россия),
М. А. Прокофьева (Казахстан), Р. Ю. Рахматуллин (Россия), М. Б. Ребезов (Россия),
Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан),
А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан)*

Современные тенденции технических наук: материалы ІМ Междунар. науч. конф.
С56 (г. Казань, октябрь 2015 г.). — Казань: Бук, 2015. — vi, 124 с.
ISBN 978-5-9907031-3-1

В сборнике представлены материалы III Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Алешко Р.А., Шошина К.В.Разработка методики тематической обработки аэрокосмической съемки
на основе структурных моделей 1**Андрянов Н.А., Дементьев В.Е.**

Применение системы уравнений Юла-Уолкера для имитации изотропных случайных полей 2

Борисова М.Н.Выявление современных тенденций совершенствования программного обеспечения
как составной части информационных технологий на примере программного продукта Statgraphics ... 6**Дошина А.Д., Михайлова А.Е., Карлова В.В.**

Криптография. Основные методы и проблемы. Современные тенденции криптографии. 10

Латыпова В.А., Тюрганов А.Г.

Обучение человека и машины 13

Михайлова А.Е., Дошина А.Д., Карлова В.В.

Эволюция веб-фреймворков Microsoft. ASP. NET vNext (ASP. NET 5). 16

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Бойков Д.В.Повышение контроля целостности навигационного обеспечения в алгоритмах обработки информации
навигационных систем летательных аппаратов при использовании ВОС-радиосигналов 19**Хузягулова К.Л.**

Применение электроокулографии для управления указателем компьютерной мыши 24

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Чепрасова А.С., Мамелин Ю.В., Якуба Д.Ю.

Автономный дирижабль для мониторинга местности. 27

5. ЭНЕРГЕТИКА

Каримов Р.Ч.Исследование нелинейной динамической цепи с тиристорными элементами в системе
электропитания. 30**Каримов Р.Ч.**Исследование нелинейной динамической цепи с диодными элементами
в системе электропитания 33**Картамышева Е.С., Кустарникова К.А., Солуянов В.А., Гукайло С.**

Энергосберегающие технологии будущего 36

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Филиппов В.В., Филиппов И.В.

Исследование температурно-тепловых режимов нагрева металла в печи отжига предприятия «ПромметизРусь» 40

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Водин Д.В.

Криогенная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента 48

Воробьев В.И., Бондаренко Д.А., Товпеко Н.И.

Техническая инновационика как теоретическая модель научного обеспечения производства локомотивов. 50

Добровольский В.Г., Смирнов И.В.

Исследование повышения производительности сварки и снижении энергозатрат на формирование сварных швов равного сечения 51

Зарипов Р.Э.

Обоснование выбора системы рециркуляции отработавших газов для газовых двигателей КАМАЗ 56

Ли А., Каримов М.С., Ибрагимова Х.Р., Саидмуратова Ш.А.

К определению основных параметров дамбоуплотнителя 59

Сенюшкин Н.С., Рожков К.Е., Белобровина М.В.

Обзор особенностей работы камер сгорания ПВРД 63

Фидоровская Н.Н., Слепужников Е.Д., Чернышенко А.В., Варченко И.С.

Новая конструкция ходовых колес мостовых кранов 66

8. СТРОИТЕЛЬСТВО

Ефремов А.М.

Мониторинг эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов 70

Лисин И.Ю.

Прогнозирование показателей организационных процессов производства в условиях реализации технологических процессов ремонтно-строительными предприятиями. 72

Неганов Д.А.

Функционирование электрохимической защиты линейной части магистральных трубопроводов с учетом фактического состояния антикоррозионных покрытий 74

Попова Е.С.

Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона. 76

Степанов Д.В.

Регистратор динамических параметров колебаний на основе МЭМС-акселерометра 79

9. ТРАНСПОРТ

Тюфанова А.А.

Зависимость дальности обнаружения целей радиолокационных станций системы управления движением судов от метеорологических условий на примере порта Новороссийск 83

10. АРХИТЕКТУРА

Смирнова В.Ю.

Определение напряженно-деформированного состояния трубопроводной обвязки аппаратов воздушного охлаждения газа 88

11. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О.

Исследование нетканых полотен на тепловые свойства 90

12. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Воронова Н.С., Бередина Л.С.

Исследование состава льняного жмыха как нового ингредиента в производстве
молочных продуктов 93

Костин А.М., Яблоков А.Е., Благовещенская М.М.

Экспертные системы в задачах технического диагностирования оборудования
пищевых производств 96

Слабляк В.П.

Интенсификация процесса посола рыбы под воздействием механических колебаний 101

13. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Джолманова М.М., Айтуганова С.Г.

Строительный материал столетия 105

Сарсеналиева А.Е., Айтуганова С.Г.

Использование растворов силиката натрия в производстве бетонов 107

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Герасименко И.В., Потешкин К.С.

Результаты производственной проверки экспериментального щелевателя 110

Помеляйко С.А., Белоусова А.И., Белоусов С.В.

Конструкция опрыскивателя «ОМЕГА СТЕПЬ 1» 115

Попова Е.С.

Внедрение комплексной системы постоянного улучшения («Кайдзен») на российских предприятиях:
проблемы и ограничения 119

Юнин В.А., Зыков А.В.

Оценка эффективности применения консервантов при производстве кормов в условиях
Северо-Западного региона 121

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Разработка методики тематической обработки аэрокосмической съемки на основе структурных моделей

Алешко Роман Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Шошина Ксения Владимировна, старший преподаватель

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (г. Архангельск)

На сегодняшний день в России существует острая необходимость в совершенствовании технологий сбора и обработки информации о лесных ресурсах. Разработано множество разнообразных методов мониторинга территории начиная от непосредственно полевых, до применения фото и лазерной съемки с воздушных судов, получения цифровых спутниковых изображений территории из космоса.

Авторами предлагается новая методика на основе структурных моделей процесса распознавания аэрокосмических изображений. В исследовании применяются как съемочные данные среднего разрешения, так и детальные снимки.

Ключевые слова: структурные модели, автоматизация дешифрирования, данные дистанционного зондирования, методы, алгоритмы.

В выборе состава дешифровочных признаков при тематической обработке спутниковых снимков лесных территорий важным фактором являются характеристики исходного съемочного материала. В частности, наибольшее значение имеют спектральное и пространственное разрешения снимков. Обзорность исходного снимка и создаваемой с его помощью тематической карты можно условно разделить на два уровня: детальный и обзорный, которые определяют, в том числе, состав используемых признаков дешифрирования. Несмотря на то, что анализируются разные съемочные данные, методы, с точки зрения структурного подхода, используются одинаковые.

В опубликованных ранее работах [1–6] представлены результаты создания структурных моделей распознавания обзорных спутниковых снимков с космического аппарата Landsat. На основе спектральных отражательных характеристик наземных объектов, были разработаны методы идентификации различных классификационных групп на примере лесных территорий.

Значительное внимание при выполнении научного исследования уделяется детальной съемке как наиболее перспективной и информативной с точки зрения получаемого объема данных об объектах местности. В частности, была разработана методика обновления информации о лесных ресурсах с использованием съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Методика включает

набор методов обработки изображений, работы с картографическими и атрибутивными геоинформационными слоями, статистических методов расчета параметров лесных насаждений. Наибольший научный интерес представляет метод автоматизированного выделения крон деревьев.

Исходный материал со съемочной системы БПЛА был представлен цифровым снимком, на котором изображен лесной участок, пространственное разрешение снимка 5 сантиметров на пиксель. Результатом предложенной методики является набор контуров крон деревьев в лесном массиве, полученных автоматизировано. После получения изображения с выделенными контурами крон была проведена процедура векторизации с целью интегрирования и последующей обработки в геоинформационной системе.

После получения набора контуров, аналогично подходу к обработке обзорных снимков, были разработаны структурные модели идентификации параметров лесных насаждений в соответствии с различными характеристиками изображаемых на снимке объектов [7,8]. В частности, был выделен ряд характеристик на основе формы и цветовых характеристик отдельных крон.

На основе представленных разработок был выполнен проект актуализации таксационной информации об арендном участке лесного фонда на территории Архан-

гельской области по заказу коммерческой организации. В результате были получены актуальные картографические и атрибутивные материалы, которые были переданы заказчику.

Литература:

1. Абрамова, Л. В., Алешко Р. А., Батраков Н. М., Гурьев А. Т., Шошина К. В., Щеников В. С. Разработка методов и алгоритмов тематической обработки спутниковых снимков на основе структурного моделирования // Международный студенческий научный вестник. — 2014. — № 4; URL: www.eduherald.ru/121-11929 (дата обращения: 19.12.2014).
2. Алешко, Р. А., Абрамова Л. В., Шошина К. В. Автоматизация тематического дешифрирования спутниковых снимков на основе структурного моделирования // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIV науч.-метод. конф., Воронеж, 6–8 февраля 2014 г.: в 4 т./Воронежский государственный университет. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. — Т. 2. — с. 112–115
3. Алешко, Р. А., Гурьев А. Т., Шошина К. В. Щеников В. С. Технологии мониторинга и управления лесными ресурсами с применением ДДЗ // «Дистанционное зондирование Земли — сегодня и завтра», 2-я международная конференция 7–8 июля 2014 г./Сборник тезисов. — М.: Инженерно-технологический Центр СканЭкс, 2014 г. — с. 114–116
4. Алешко, Р. А., Гурьев А. Т., Шошина К. В. Щеников В. С. Технологии непрерывной обработки пространственных данных // Сборник трудов Всероссийской конференции с международным участием «Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата», — Архангельск: Издательско-полиграфический центр САФУ, 2014 — с. 68–74
5. Алешко, Р. А., Гурьев А. Т. Структурное моделирование взаимосвязей дешифровочных признаков спутниковых снимков и таксационных параметров лесных насаждений // Труды СПИИРАН. Вып. 29 (2013). с. 180–189.
6. Алешко, Р. А., Гурьев А. Т. Методика тематического дешифрирования спутниковых снимков лесных территорий на основе структурных моделей // Известия Вузов. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 7. с. 76–77.
7. Алешко, Р. А., Шошина К. В. Разработка методов и алгоритмов тематической обработки детальных спутниковых снимков на основе структурного моделирования // Журнал «Молодой ученый» — 2015. — № 13 (93) — с. 1–4
8. Алешко, Р. А., Шошина К. В. Разработка методики автоматизированной идентификации крон деревьев по данным аэрофотосъемки // Журнал «Молодой ученый» — 2015. — № 13 (93) — с. 4–6.

Применение системы уравнений Юла-Уолкера для имитации изотропных случайных полей

Андриянов Никита Андреевич, аспирант;

Дементьев Виталий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент

Ульяновский государственный технический университет

Рассмотрена возможность использования двумерных систем уравнений Юла — Уолкера для расчета коэффициентов корреляции по заданной корреляционной функции. Выполнено сравнение для трехточечных и восьмиточечных моделей.

Ключевые слова: модели изображений, оценивание параметров, уравнения Юла — Уолкера

Широкое распространение различных систем регистрации земной поверхности обеспечивает человека огромным количеством информации и, вместе с тем, требует разработки качественно новых алгоритмов обработки получаемых данных. Такими данными, в частности, являются данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Вообще говоря, спутниковые снимки могут быть описаны в четырехмерном пространстве: первая координата и вторая координата — собственно пространственные координаты; третья — время, т. е. имеются последовательности изображений; четвертая — номер спектрального диапазона, т. к. съемка происходит в различных частотных диапазонах. В связи с этим желательно, чтобы разрабатываемые алгоритмы вместе с высокой эффективностью работы сочетали бы в себе и быстроедействие. Возникает задача цифровой обработки многомерных сигналов [1].

Вместе с тем, на начальном этапе исследования подобных многомерных массивов данных допустимо упрощение, заключающееся в переходе к двумерным сигналам. Действительно, зачастую предлагаются модели изображений, в которых функция яркости является функцией двух переменных: пространственных координат по осям X и Y соответственно. В их числе авторегрессионные модели [2,3]. Основным преимуществом таких моделей является удобное математическое описание, что позволяет достаточно быстро исследовать их свойства. Тем не менее, для описания пространственно-неоднородного материала авторегрессионные модели являются малоприменимыми. Решение этой проблемы может быть получено с переходом к дважды стохастическим моделям изображений [4–6]. С помощью авторегрессионных моделей достаточно хорошо описываются анизотропные случайные поля (СП), однако их использование для описания изотропных СП вызывает трудности.

Таким образом, цель данной работы — определение таких параметров авторегрессионных моделей, которые бы позволяли получить СП, близкие по характеристикам к изотропным. При этом предлагается использовать системы уравнений Юла-Уолкера, т. к. с их помощью по заданной корреляционной функции (КФ) могут быть найдены коэффициенты корреляции.

В начале рассмотрим, например, модель Хабиби

$$x_{ij} = \rho_x x_{i-1j} + \rho_y x_{ij-1} - \rho_x \rho_y x_{i-1j-1} + \sigma_x \sqrt{(1-\rho_x^2)(1-\rho_y^2)} \xi_{ij}, \quad (1)$$

где ρ_x и ρ_y — корреляционные параметры по строке и столбцу; σ_x^2 — дисперсия формируемой модели; ξ_{ij} — случайная величина, математическое ожидание которой равно нулю, а дисперсия — единице.

Запишем ковариационную функцию модели (1)

$$B_{ij} = \sigma_x^2 \rho_x^{|i|} \rho_y^{|j|}. \quad (2)$$

Анализ выражения (2) показывает, что имитируемое СП является анизотропным, а оценка корреляционных параметров может быть успешно произведена по отдельным осям.

Для описания изотропного СП будем исходить из предположения о том, что модель состоит из нескольких точек. Соответственно, сколько точек, столько и коэффициентов корреляции. Представим модель в виде

$$x_{ij} = \rho_1 x_{i-1j} + \rho_2 x_{ij-1} + \rho_3 x_{i-1j-1} + \xi_{ij}. \quad (3)$$

Здесь коэффициенты $\rho_1 - \rho_3$ уже не представляют собой корреляционные параметры по строке и по столбцу, а дисперсия случайной величины ξ_{ij} зависит от значений коэффициентов $\rho_1 - \rho_3$.

Для полной реализации модели (3) необходимо несколько начальных условий. Получим их из значений ковариационной функции изотропного СП

$$B_{ij} = \sigma_x^2 \rho^{\sqrt{i^2+j^2}}. \quad (4)$$

Или, выполняя нормировку выражения (4), запишем его как

$$B_{ij} = \rho^{\sqrt{i^2+j^2}}.$$

Далее необходимо построить и решить систему уравнений Юла — Уолкера [7]. При этом необходимо обобщить ее одномерную запись на двумерный случай.

Пусть имеется модель

$$x_i = \rho_1 x_{i-1} + \rho_2 x_{i-2} + \dots + \rho_m x_{i-m} + \xi_i, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (5)$$

где m — порядок авторегрессии, ξ_i — случайная величина с гауссовым распределением, M — длина последовательности.

С помощью подбора коэффициентов $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$ можно получить гауссовские случайные последовательности $\{x_i\}$, $i = 1, 2, \dots, M$, с разнообразными корреляционными свойствами. Показано [7], что для значений КФ можно использовать соотношение:

$$R_x(k) = \rho_1 R_x(k-1) + \rho_2 R_x(k-2) + \dots + \rho_m R_x(k-m), \quad k > 0 \quad (6)$$

Подстановка в (6) значений $k = 1, 2, \dots, m$ дает известную систему уравнений Юла — Уолкера, которая, например, для систем второго порядка примет вид:

$$\begin{aligned} \rho_1 + \rho_2 R(1) &= R(1), \\ \rho_1 R(1) + \rho_2 &= R(2). \end{aligned}$$

Решение этой системы позволяет найти коэффициенты $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$ уравнения авторегрессии (5) по заданным заранее или оцененным на основе эксперимента, значениям $R_x(1), R_x(2), \dots, R_x(m)$ корреляционной функции случайного процесса.

Аналогичную связь корреляционных параметров и значений КФ легко записать также для двумерного процесса или изображения.

$$R(k_1, k_2) = \rho_{10}R(k_1 - 1, k_2) + \rho_{01}R(k_1, k_2 - 1) + \rho_{11}R(k_1 - 1, k_2 - 1), \\ k_1 > 0, k_2 > 0.$$

Для увеличения числа коэффициентов запишем модель в следующем виде

$$x_{i,j} = \sum_{l=0}^{m_j} \sum_{k=0}^{m_i} \rho_{kl} x_{i-k, j-l} - \rho_{00} x_{i,j} + \xi_{i,j}, \quad i = \overline{1, M_1}, j = \overline{1, M_2},$$

где $\{x_{i,j}\}$ — реализация СП (изображения); ρ_{kl} — коэффициенты корреляции для элементов, отстающих друг от друга по осям i и j на k и l пикселей соответственно; $\{\xi_{i,j}\}$ — двумерная случайная последовательность независимых гауссовских случайных величин с нулевым средним $M\{\xi_{i,j}\} = 0$ и дисперсией

$M\{\xi_{i,j}^2\} = \sigma_\xi^2 = [1 - \sum_{l=0}^{m_j} \sum_{k=0}^{m_i} \rho_{kl} R(k, l) + \rho_{00} R(0, 0)] \sigma_x^2$; m_i и m_j — порядки авторегрессий; M_1 и M_2 — размеры изображения.

Тогда выражение для расчета значений КФ

$$R(k_1, k_2) = \sum_{l=0}^{m_j} \sum_{k=0}^{m_i} \rho_{kl} R(k_1 - k, k_2 - l) - \rho_{00} R(k_1, k_2), \quad k_1 > 0, k_2 > 0.$$

С помощью статистического моделирования в Matlab сравним результаты для трехточечной и восьмиточечной моделей. При этом КФ изотропного СП рассчитаем для коэффициента $\rho = 0.95$. Начальные условия в этом случае

$$R_{ny} = \begin{pmatrix} 1 & 0.95 & 0.903 \\ 0.95 & 0.93 & 0.892 \\ 0.903 & 0.892 & 0.865 \end{pmatrix}.$$

Тогда, решая систему уравнений, находим вектора коэффициентов корреляции

— $\bar{\rho}_{(3)} = (0.532 \quad 0.532 \quad -0.081)$ — для трехточечной модели;

— $\bar{\rho}_{(8)} = (0.531 \quad 0.022 \quad 0.531 \quad -0.001 \quad -0.047 \quad 0.022 \quad -0.047 \quad -0.032)$ для восьмиточечной модели.

Используя полученные коэффициенты, выполним реализацию модели (размер 200x200). Затем по полученной модели рассчитаем ее ковариационную функцию. Будем сравнивать значения экспериментальной ковариационной функции со значениями теоретической функции изотропного СП. Результаты имитации представлены в таблице 1 (трехточечная модель) и таблице 2 (восьмиточечная модель)

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- применение уравнений Юла-Уолкера для двумерного случая позволяет получить СП с корреляционными свойствами, близкими по форме к свойствам изотропных СП;
- убывание статистической связи в таких моделях по строке и по столбцу в целом происходит быстрее, чем по диагонали;
- точность, полученных в результате имитации, моделей увеличивается при переходе от трехточечной модели к восьмиточечной. Дисперсии ошибки результатов таблицы 1 и таблицы 2: $\sigma_\varepsilon^2 = 0.139$ и $\sigma_\varepsilon^2 = 0.046$ соответственно.

На рис. 1 представлены, полученные при моделировании, изображения.

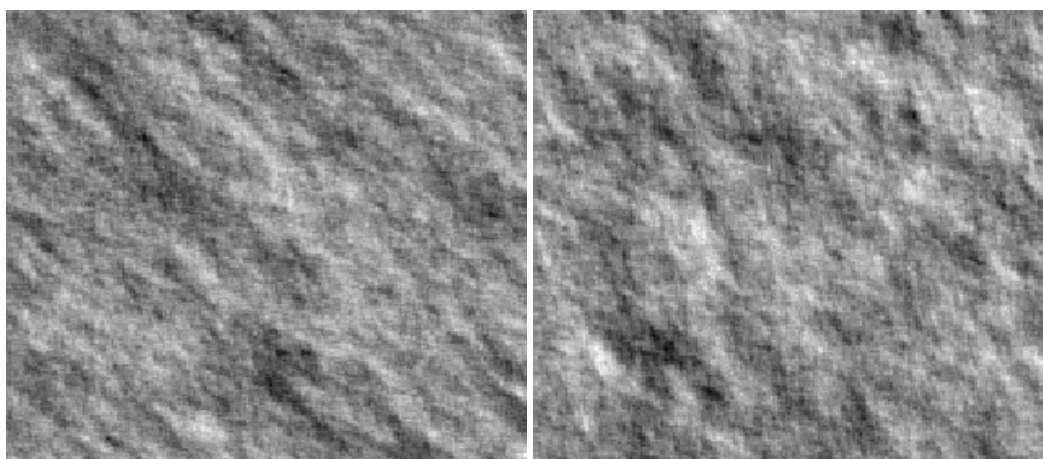
Таким образом, предложен способ формирования изотропных СП на основе авторегрессионных моделей с коэффициентами, рассчитанными из уравнений Юла — Уолкера. При этом, чем больше коэффициентов в модели, тем точнее будет приближение к заданной КФ.

Таблица 1. Сравнительная характеристика КФ трехточечной модели и изотропного СП

КФ трехточечной модели						КФ изотропного СП					
j \ i	1	2	3	4	5	j \ i	1	2	3	4	5
1	0.930	0.687	0.467	0.303	0.190	1	0.930	0.892	0.850	0.809	0.770
2	0.687	0.655	0.542	0.411	0.296	2	0.892	0.865	0.831	0.795	0.759
3	0.467	0.542	0.523	0.453	0.365	3	0.850	0.831	0.804	0.774	0.741
4	0.303	0.411	0.453	0.440	0.392	4	0.809	0.795	0.774	0.748	0.720
5	0.190	0.296	0.365	0.392	0.381	5	0.770	0.759	0.741	0.720	0.696

Таблица 2. Сравнительная характеристика КФ восьмиточечной модели и изотропного СП

КФ восьмиточечной модели						КФ изотропного СП					
j \ i	1	2	3	4	5	j \ i	1	2	3	4	5
1	0.930	0.892	0.713	0.507	0.347	1	0.930	0.892	0.850	0.809	0.770
2	0.892	0.865	0.751	0.598	0.459	2	0.892	0.865	0.831	0.795	0.759
3	0.713	0.751	0.714	0.621	0.514	3	0.850	0.831	0.804	0.774	0.741
4	0.507	0.598	0.621	0.586	0.521	4	0.809	0.795	0.774	0.748	0.720
5	0.347	0.459	0.514	0.521	0.494	5	0.770	0.759	0.741	0.720	0.696



а

б

Рис. 1. Моделирование свойств изотропных СП с помощью трехточечной (а) и восьмиточечной (б) моделей

Литература:

1. Даджион, Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. — М.: Мир, 1988, 488 с.
2. Васильев, К. К., Ташлинский А. Г., Крашенинников В. Р., Статистический анализ последовательностей многомерных изображений // Научные технологии, 2013, № 5, с. 5–11
3. Васильев, К. К., Дементьев В. Е. Авторегрессионные модели многомерных изображений // Научные технологии, 2013, т. 14, № 15, с. 12–15
4. Васильев, К. К., Дементьев В. Е., Андриянов Н. А. Оценивание параметров дважды стохастических случайных полей // Радиотехника. — 2014. — № 7, с. 103–106
5. Андриянов, Н. А., Дементьев В. Е. Формирование временных последовательностей дважды стохастических моделей изображений // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: Сборник научных трудов девятой Всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ), г. Ульяновск, 1–2 октября 2015 г. — Ульяновск, УлГТУ, 2015. — с. 89–93.

6. Андриянов, Н.А. Идентификация параметров дважды стохастических авторегрессионных моделей случайных процессов/Н.А. Андриянов, К.К. Васильев, В.Е. Дементьев // 16-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение — DSPA-2014», Москва, Россия. Доклады, 2014. Т. 1. с. 109–113.
7. Васильев, К.К. Методы обработки сигналов: учебное пособие/К.К. Васильев. — Ульяновск, 2001. — 80 с.

Выявление современных тенденций совершенствования программного обеспечения как составной части информационных технологий на примере программного продукта Statgraphics

Борисова Марина Николаевна, магистрант

Уральский государственный лесотехнический университет (г. Екатеринбург)

В статье приводится анализ модернизации программного продукта с течением времени на примере программы Statgraphics с целью выявления современных тенденций совершенствования программного обеспечения. Программное обеспечение — составная часть информационных технологий, которые меняются под влиянием все новых потребностей развивающегося общества.

Начиная с самых древних времен, человек изобретал различные приспособления, которые помогали ему справиться с различными трудностями и задачами. На сегодняшний день самым важным изобретением, ставшим движущей силой общества, являются информационные технологии. С их появлением практически все процессы жизни и деятельности человека стали автоматизированы.

Наличие огромного изобилия различных программных продуктов позволяет решать человеку огромный спектр задач, что не только снижает затраты времени, но также позволяет привлекать к решению задач меньше трудовых ресурсов и исключает наличие человеческого фактора при ошибках в расчетах. Иными словами, информационные технологии позволяют эффективно решать все поставленные задачи. Однако, общество продолжает развиваться, и для того, чтобы соответствовать его требованиям, информационные технологии нуждаются в модернизации.

В статье будет рассмотрен программный продукт Statgraphics (STATistical GRAPHICs system), исследование различных версий которого, с помощью таких эмпирических методов как сравнение и наблюдение, а также таких экспериментально-теоретических методов как анализ и моделирование, позволит выявить современные тенденции развития информационных технологий.

Пакет Statgraphics — универсальный статистический пакет компании Manugistics Inc, позволяющий проводить всевозможные виды анализов данных (дисперсионный, корреляционный, регрессионный и многие другие) и статистических процедур. Эта программа существует с 1982 года и продолжает развиваться.

Одна из наиболее ранних версий программы — Statgraphics Plus for Windows 2.1 по сравнению со своей новой версией имеет довольно примитивный интерфейс и не большой выбор набора команд (Рис. 1.).

В новой версии Statgraphics Centurion XVI 16.1.17 помимо панели инструментов и панели состояния появляется также панель навигации, что очень удобно при использовании. Расширился также и набор команд и самих операций (Рис. 2.).

Увеличение числа операций над данными обусловлено не только добавлением новых вариантов анализа, а еще и тем, что расширился сам набор типов этих данных: если в старой версии можно было работать только с численными, символьными, целочисленными, а также с типами «дата» и «месяц», то в новой версии добавляются временные данные, квартальные, данные типа «дата-время», и даже формульный тип данных (Рис. 3.).

Проанализировав внешние различия, необходимо рассмотреть изменения непосредственно в процессе использования программы. В качестве примера было взято статистическое исследование параметров таксационных показателей древесного ствола сосны и их взаимосвязи. Интересующими показателями являлись диаметр (D), высота (H) и объем (V) ствола дерева сосны. Анализ проводился по выборочной совокупности из 75 элементов. Были построены вариационные ряды для каждого параметра, получены основные статистики и графики рядов распределений, а также проведен однофакторный дисперсионный анализ влияния признаков друг на друга. Все это было сделано в двух версиях программ — Statgraphics Plus for Windows 2.1 и Statgraphics Centurion XVI 16.1.17. Очевидно, что результаты были получены одинаковые, однако сам процесс анализа немного отличался, ввиду того, что последняя версия более модернизирована.

Первое, что предлагает нам и та и другая версия — открыть существующий файл данных (data file), либо создать новый, фактически — это таблица с данными, ко-

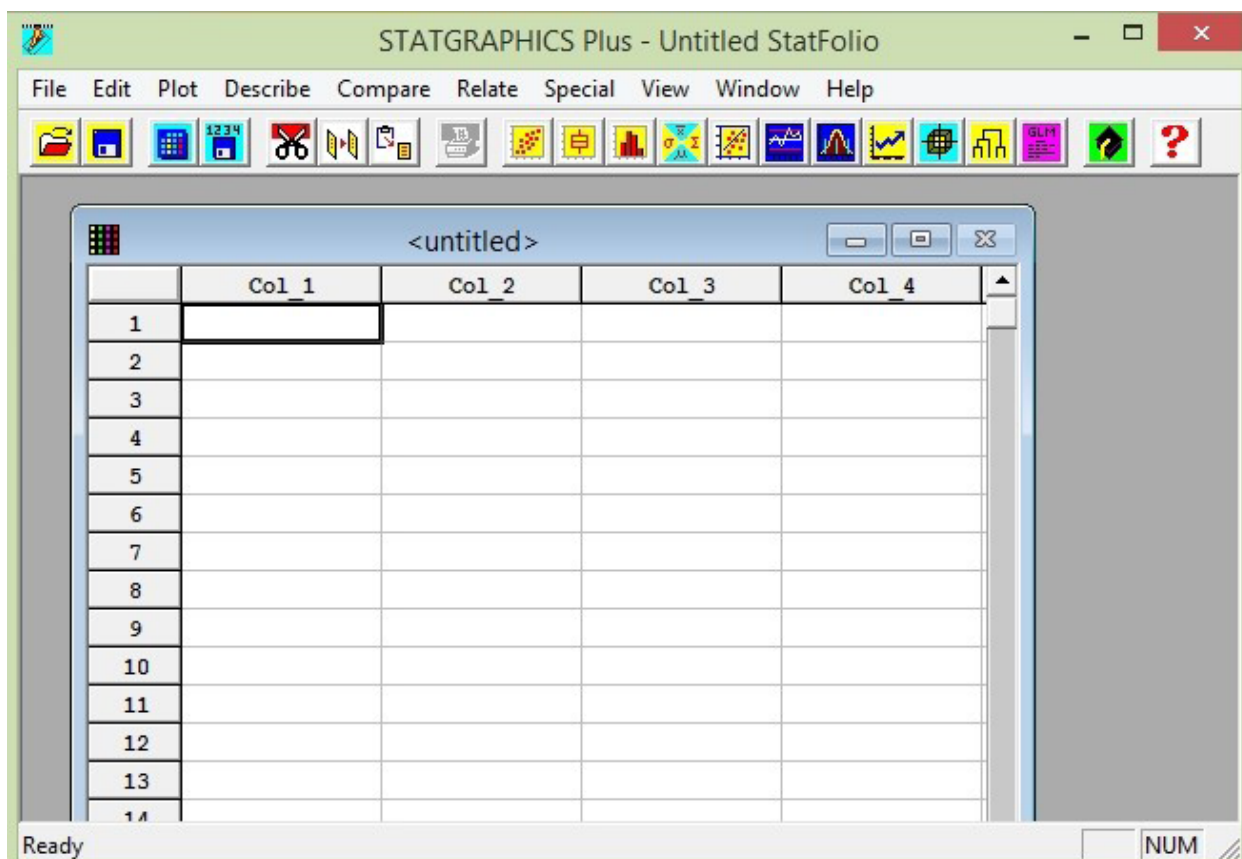


Рис. 1. Интерфейс Statgraphics Plus for Windows 2.1

торые можно ввести вручную, либо скопировать из Excel. Что касается открытия существующего data-файла, новая версия программы не только способна открыть файлы

любых более ранних версий, но также предлагает выбрать из файлов других типов, например, инструкцию SQL-запроса, либо просто файл «блокнота».

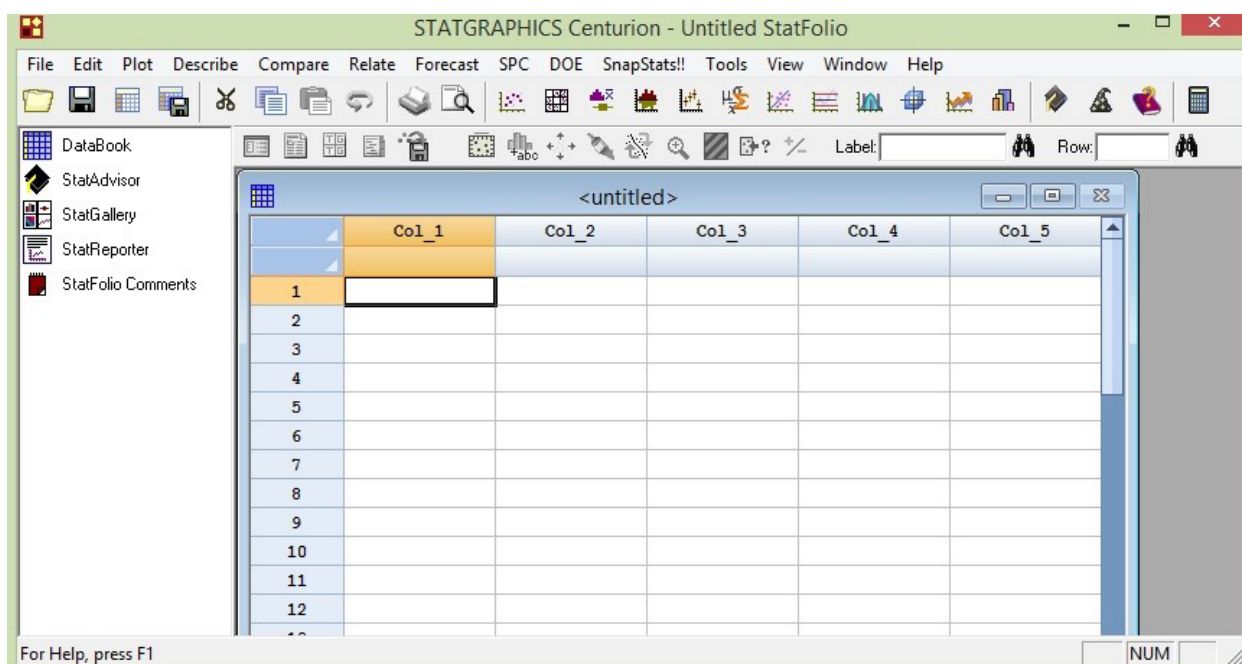


Рис. 2. Интерфейс Statgraphics Centurion XVI 16.1.17

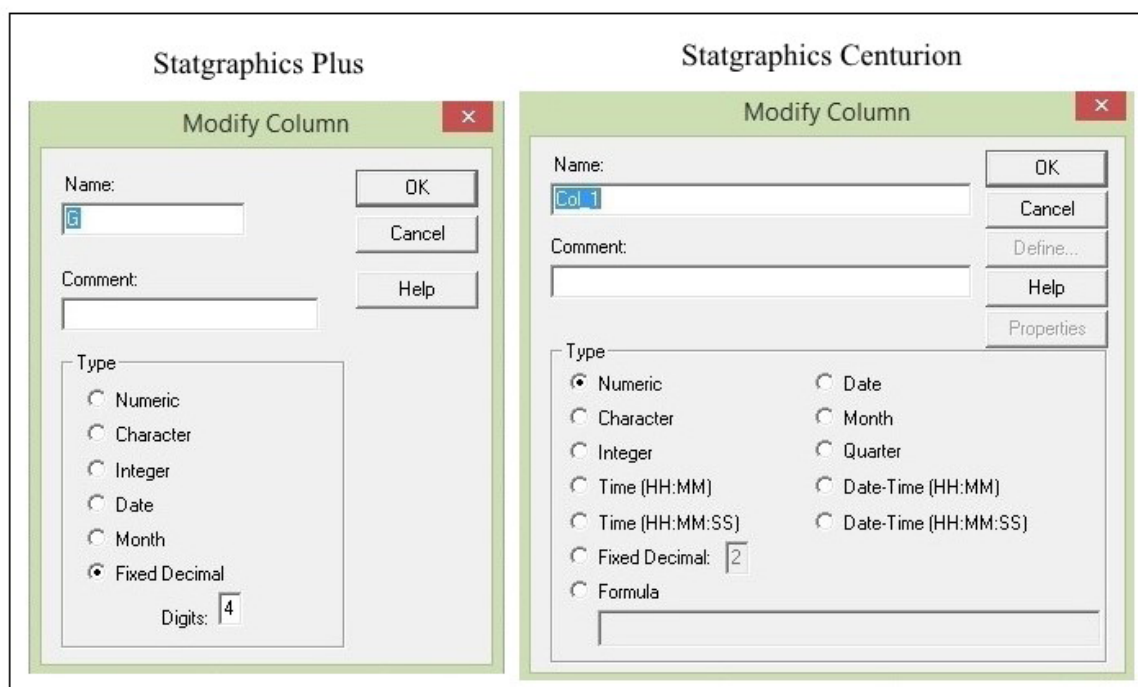


Рис. 3. Типы данных в старой и новой версии программы

Когда таблица с данными готова, можно начинать анализ ее данных. При построении вариационных рядов и таблиц основных статистик для каждого параметра, были выявлены и другие достоинства новой версии Statgraphics. Во-первых, после выбора вида анализа, программа сразу предлагает выбрать, какие именно результаты нам необходимо вывести на экран, причем и табличные, и графические, в отличие от старой версии,

где выводится сначала табличные значения по умолчанию (изменить состав можно кнопкой на панели инструментов), а графические вызываются и настраиваются отдельно.

Во-вторых, сама интерпретация табличных и графических данных наиболее корректна в новой версии: в старой версии у таблиц нету как таковых колонок, саму таблицу можно посмотреть полностью, только открыв ее на все

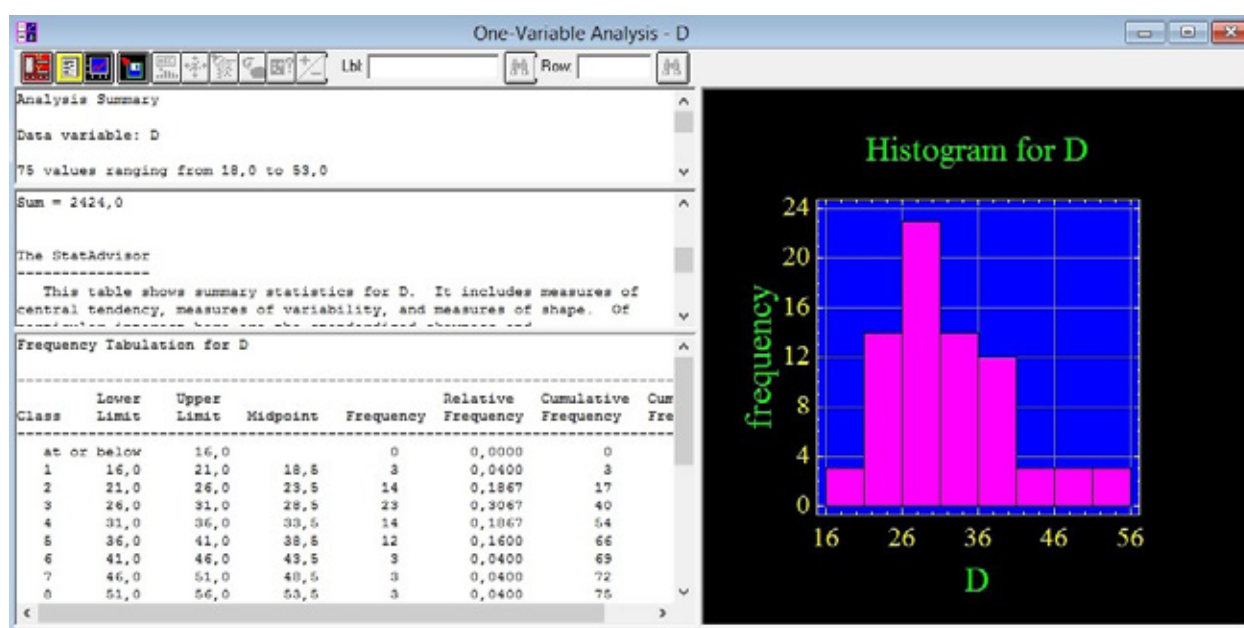


Рис. 4. Табличные и графические результаты анализа в Statgraphics Plus

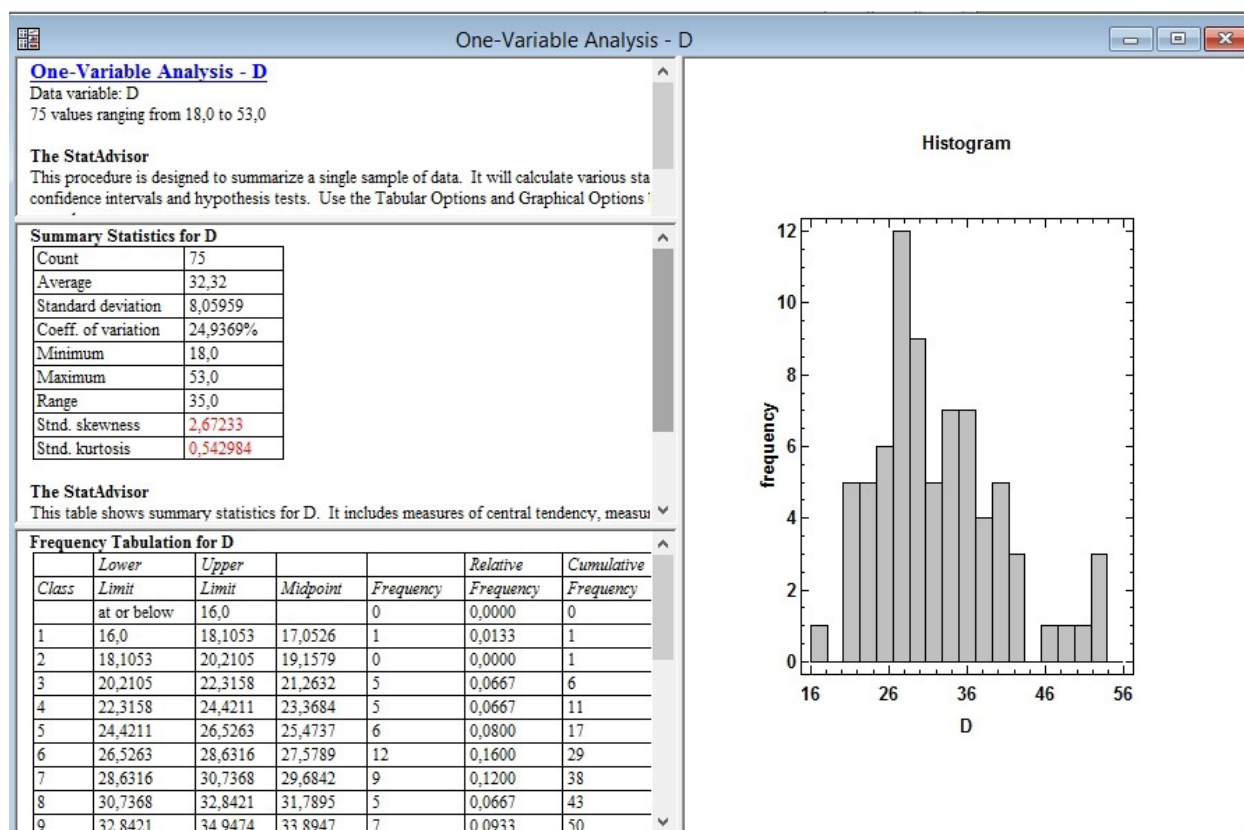


Рис. 5. Табличные и графические результаты анализа в Statgraphics Centurion

окно (невозможно просмотреть информацию с помощью прокрутки колесика мыши), а графики изображены на угнетающем черном фоне. В той и другой версии под каждой таблицей так называемый StatAdvisor пишет небольшое пояснение, характеристику таблицы, и даже подсказку относительно проводимого анализа (что очень удобно для новичков) (Рис. 4, 5.).

По окончании сравнительного анализа работы двух версий программы Statgraphics были сделаны выводы о современных тенденциях в совершенствовании программного обеспечения как составной части информационных технологий:

1. Совершенствование интерфейса программы (для создания удобного, современного, а главное более понятного для работы интерфейса).

2. Наличие панели навигации (для более удобного и быстрого использования инструментов программы).

3. Наличие всех типов операций (набор операций в программе должен отвечать требованиям современного общества).

4. Возможность работы со всеми возможными типами данных (для расширения сферы применения предлагаемых операций).

5. Возможность импорта данных из файлов с другим расширением (позволяет взаимодействовать с другими программными продуктами).

6. Поддержка открытия файлов наиболее ранних версий программы (для отсутствия проблем в открытии файлов на разных системах).

7. Наличие подсказок при выполнении операций (позволяет быстрее сориентироваться новому пользователю).

8. Усовершенствование графической интерпретации предлагаемых операций (для того, чтобы результат работы был понятен и не только исполнителю).

9. Интеграция табличных и графических данных (для экономии времени при вводе параметров и улучшения восприятия благодаря наглядности).

10. Удобность чтения результатов операций (наличие привычных современному пользователю действий, таких как прокрутка списка колесиком мыши и др.).

Литература:

1. Гайдышев, И. Анализ и обработка данных/Спб: Питер, 2001. — 750 с.
2. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика/М.: Физматлит, 2006. — 816 с.
3. Пузаченко, Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях/Изд-во: ИЦ Академия, 2004. — 416 с.

Криптография. Основные методы и проблемы. Современные тенденции криптографии

Дошина Анна Дмитриевна, студент;

Михайлова Александра Евгеньевна, студент;

Карлова Виктория Васильевна, студент

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова

Данная статья раскрывает понятие криптографии. Описывает существующие методы и проблемы криптосинтеза. Рассказывает о том, как важна криптография на сегодняшний день и как эта наука будет развиваться в дальнейшем.

На протяжении всей своей истории человечество нуждается в шифровании той или иной информации. Из такой потребности выросла целая наука — **криптография**. Ранее криптография служила только интересам государства, но с появлением интернета ее методы стали интересовать и частных лиц. На сегодняшний день криптография широко используется хакерами, борцами за свободу информации и простыми пользователями, желающими защитить свои данные в сети.

Чтобы понять, как развивалась наука криптография, обратимся к ее истории. **Криптография** (с греческого — «тайнопись») — наука о защите информации с использованием математических методов. Первый труд о криптографии был написан еще до Рождества Христова. Первые уже надежные системы защиты информации были разработаны в Китае. Чаще всего шифрование информации использовалось в военных делах.

Криптография активно развивалась в Средние века, шифрованием сообщений часто пользовались дипломаты и купцы. Одним из самых известных шифров Средних веков называют кодекс *Scipio* — изящно оформленную рукопись с водяными знаками, не расшифрованную до сих пор. Во времена Эпохи Возрождения Френсис Бэкон

описал 7 методов скрытого текста, а также он предложил двоичный метод шифрования.

Во время Первой мировой войны криптография стала признанным боевым инструментом. Вторая мировая война послужила своеобразным катализатором развития компьютерных систем — через криптографию. Используемые шифровальные машины (немецкая «Энигма» (Рис. 1), английская «Бомба Тьюринга» (Рис. 2)) ясно показали жизненную важность информационного контроля. [1, с. 2]

В 20 в. сформировался современный подход к криптографии. Эта наука была разделена на две части: криптосинтез и криптоанализ. Криптосинтез обеспечивал защиту информации, а криптоанализ ищет пути взлома системы.

Как упоминалось ранее, в криптографии определены некоторые методы. Их можно подразделить в зависимости от количества ключей, которые используются в соответствующих алгоритмах:

- двухключевые;
- одноключевые;
- бесключевые.

В двухключевых алгоритмах используется два ключа: открытый и секретный. В одноключевом используется



Рис. 1. Шифровальная машина Третьего рейха «Энигма»

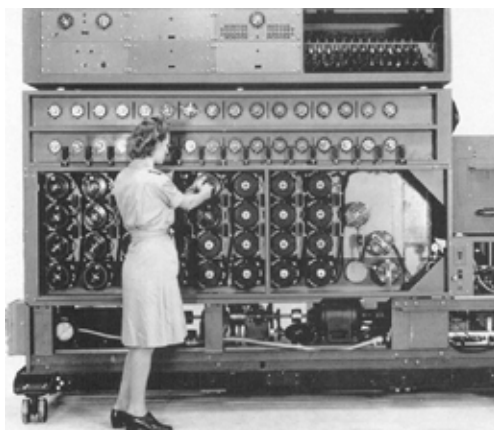


Рис. 2. Шифровальная машина «Бомба Тьюринга»

обычный секретный ключ. И в бесключевом алгоритме не используются какие-либо ключи вообще.

Следует также отметить и остальные криптографические методы, такие как:

1. Электронная подпись, где алгоритм использует два вида ключей: секретный и открытый. Используется для подтверждения целостности данных и авторства.

2. Аутентификация. Данный метод позволяет определить действительно ли пользователь является тем, за кого себя выдает.

3. Методы криптографического контрольного суммирования:

- вычисление имитоприставок;
- ключевое и бесключевое хеширование;

— использование кодов аутентификации сообщений.

Все эти методы используются в защите данных, когда нельзя использовать электронную подпись и в разных схемах аутентификации.

4. Генераторы случайных и псевдослучайных используются в криптографии, в частности:

- для генерации секретных ключей;
- в большинстве алгоритмов электронной подписи;
- в большинстве схемах аутентификации.

Как видно из рис. 3 алгоритмы шифрования можно разделить на две категории:

- алгоритмы асимметричного шифрования;
- алгоритмы симметричного шифрования.

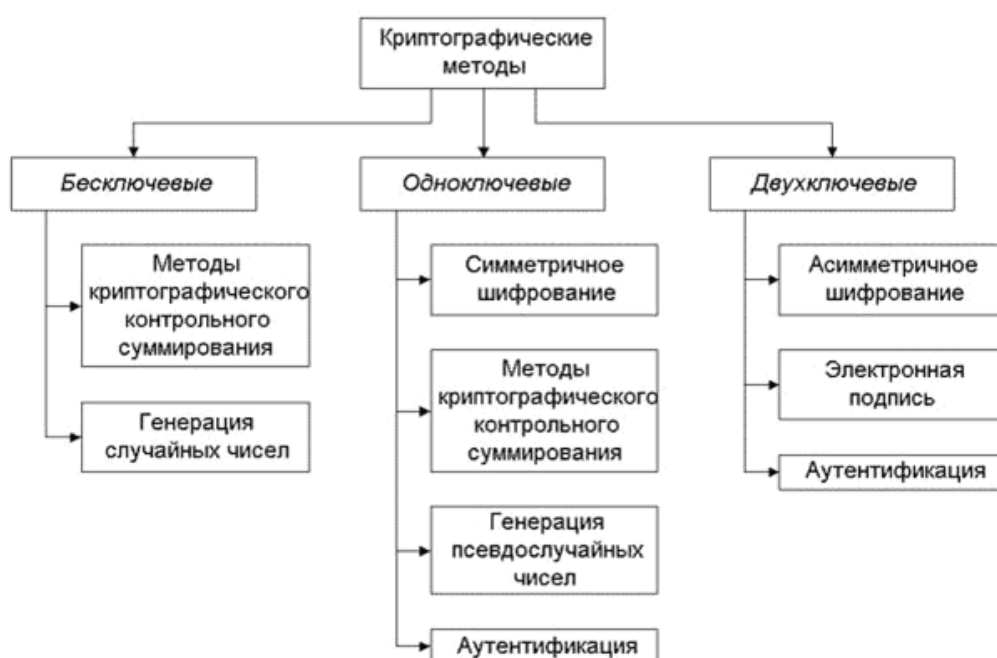


Рис. 3. Классификация криптографических методов

В алгоритме симметричного шифрования обычно используется тот же самый ключ, которым зашифровывали данные, или используют другой ключ, который связан с основным ключом простым соотношением. А в алгоритме асимметричного шифрования используется ключ зашифрования k_1 , который легко вычисляется из ключа k_2 таким образом, что обратное вычисление невозможно. [6, с. 28]

Не смотря на новизну криптографии как науки, у нее уже имеются нерешенные проблемы. На сегодняшний день специалисты выделяют несколько проблем в криптографии. К ним относят:

- ограниченность рабочих схем с открытым ключом;
- отсутствие перспектив;
- увеличение размера шифруемых блоков данных и ключей к ним;
- ненадежность фундамента шифрования.

Рассмотрим каждую из них в отдельности.

«Ограниченность рабочих схем с открытым ключом».

Не смотря на то, что в криптографии существует множество алгоритмов для шифрования данных, о чем говорилось ранее, которые могут быть получены путем комбинации разных простых изменений, каждая схема основывается, на так называемой, «нерешаемой» задаче. Таким образом, мы понимаем, что количество криптографических схем крайне ограничено.

«Отсутствие перспектив». В настоящее время в теории науки криптография существуют *квантовые вычисления* — эффективная вычислительная модель, основанная на параллелизации вычислительных процессов за счет преобразования входной информации. Это значит, что можно одновременно вычислить значение функции для всех её аргументов за один вызов функции. Такие вычисления позволяют в будущем решать задачи гораздо быстрее, чем на обычных компьютерах, а значит будущее криптографии весьма туманно.

«Увеличение размера шифруемых блоков данных и ключей». Быстрые темпы развития вычислительной техники приводят к увеличению размеров блоков данных и их ключей. В доказательство своих слов, приведем пример. Изначально для создания криптосистемы RSA было достаточно 512 бит, а сейчас рекомендуемый объем составляет не менее 4096 бит. Аналогичная ситуация происходит и в других методах шифрования. В традиционной криптографии объем памяти для создания системы увеличился всего лишь в 2 раза.

«Ненадежность фундамента шифрования». В рамках теории вычислительной сложности, доказана связь между сложновычисляемыми задачами и их аналогами. Это значит, что если будет подобран ключ к одной криптосистеме, то откроются и остальные, так как аналогичные задачи имеют одинаковую или весьма похожую основу.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что сейчас в криптографии актуальны проблемы усложнения криптосистем, повышение стойкости алгоритмов, а также уменьшение размеров блоков данных.

Криптографические исследования несомненно впечатляют и являются важным вкладом в будущее. Но следует помнить о том, что криптографические алгоритмы — это всего лишь строительные блоки, используемые для разработки систем и протоколов. Почти все самые громкие уязвимости в распространенных криптосистемах связаны именно с недостатками проектирования и реализации. Пока нет оснований полагать, что этот тренд в ближайшее время изменится, поэтому наравне с теоретическими исследованиями нельзя забывать и о повышении качества работы инженеров, проектирующих, разрабатывающих и внедряющих системы, использующие криптографию.

На сегодняшний день, криптография занимает в жизни каждого человека важное место. Любой человек хотя бы раз в день сталкивается с шифрованием данных. Все большее и большее количество информации передается по тем каналам связи, которые требуют особой защищенности данных. Современная криптография полностью основана на математике. Основная задача, которую преследует математика в криптографии — это криптографическая стойкость, т.е. способность противостоять теоретическому и практическому взлому. Таким образом, системы шифрования, применяющиеся в криптографических системах сети Интернет (RSA, ElGamal, Shamir и др.) используют последние достижения теории чисел и алгебры. Взломать их — значит решить сложные математические задачи.

Некоторые проблемы имеющихся методов криптографии может решить, так называемая, квантовая криптография. Квантовая криптография — это сравнительно новое направление исследований, позволяющее применять эффекты квантовой физики для создания секретных каналов передачи данных. В квантовой криптографии используется фундаментальная особенность квантовых систем, заключающаяся в принципиальной невозможности точного детектирования состояния такой системы, принимающей одно из набора нескольких неортогональных состояний. На пути практической реализации систем квантовой коммуникации возникает ряд таких технических трудностей. В настоящее время уже несколько фирм предлагают первые коммерческие системы квантовой криптографии. Очевидно, что квантовые системы еще не скоро войдут в массовое пользование, однако уже сейчас они могут найти свое применение для защиты особо важных каналов связи. [11, с. 34]

Криптографию и криптоанализ называли наиболее важными формами разведки в современном мире. А они сводятся к математическим вычислениям. В то же время, криптография — это искусство. Иногда объекты, которые она исследует, могут не подчиняться математическим законам, и тогда на помощь приходит воображение.

Одно из новых направлений в исследовании криптографии — исследование методов защиты шифров от атак по сторонним каналам, от «нечестного» криптоанализа, который проводится на основе «прослушивания» реализации шифра.

Несомненно, криптография будет развиваться дальше весьма активно. Одна из ее задач на будущее — разработка скоростных методов шифрования с высоким уровнем се-

кретности. Эта задача обусловлена большим количеством каналов связи (беспроводные сети, сотовая связь), по которым передаются очень большие объемы информации.

Литература:

1. Нил Стивенсон «Криптономикон». 1999 г.
2. Партыка, Т.Л., Попов И.И. Информационная безопасность. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004.
3. Крысин, А.В. Информационная безопасность. Практическое руководство — М.: СПАРРК, К.:ВЕК+, 2003.
4. Тарасюк, М.В. Защищенные информационные технологии. Проектирование и применение — М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
5. Лукашов, И.В. Криптография? Железно! // Журнал «Мир ПК». 2003. № 3.
6. Панасенко, С.П., Защита информации в компьютерных сетях // Журнал «Мир ПК» 2002 № 2.
7. Бунин, О. Занимательное шифрование // Журнал «Мир ПК» 2003 № 7.
8. Панасенко, С.П., Ракитин В.В. Аппаратные шифраторы // Журнал «Мир ПК». 2002. № 8
9. Панасенко, С.П. Чтобы понять язык криптографов // Журнал «Мир ПК». 2002. № 5.
10. Панасенко, С.П. Чтобы понять язык криптографов // Журнал «Мир ПК». 2002. № 6.
11. Lieven, M.K. et al. Experimental realization of Shor's quantum factoring algorithm using nuclear magnetic resonance // Nature 414. 20–27 Dec. 2001.

Обучение человека и машины

Латыпова Виктория Александровна, старший преподаватель;
Тюрганов Анатолий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент
Уфимский государственный авиационный технический университет

В работе рассмотрены особенности обучения человека и машины, описаны особенности представления знаний при данных типах обучения, эффективность и применимость добычи знаний. Для такого типа обучения как обучение человека рассмотрены особенности, отличающие его от машинного обучения. При учете данных особенностей можно добиться высокой эффективности обучения человека.

Ключевые слова: машинное обучение, обучение человека, эффективное обучение.

Процесс обучения, приобретения знаний имеет свои особенности в зависимости от того, кто эти знания получает: человек или машина. Искусственный интеллект занимается проблемами обучения машины. Педагогика и когнитивная психология занимаются проблемами обучения человека, выявляя, как и в какой последовательности происходит процесс формирования знаний у человека, чтобы в дальнейшем применить это в процессе обучения. Активное внедрение информационных технологий в сферу обучения человека, использование смешанного и дистанционного автоматизированного обучения также способствует выявлению новых аспектов в обучении человека, которые ранее не затрагивались. Помимо автоматизированных обучающих систем начинают использоваться интеллектуальные обучающие системы, которые используют методики искусственного интеллекта и позволяют организовать адаптивное обучение. Для управления процессом обучения используются модели предметной области, обучаемого, обучения. Применение адаптивных методик в обучении человека рассмотрено в работах [1], [2], [3].

Машина и человек обучаются по-разному. Сравнивая специфику машинного обучения и обучения человека, можно понять, что должно в первую очередь учитываться для обеспечения эффективного обучения, в какой форме должны даваться знания.

1 Машинное обучение

Машинное обучение используется при анализе текстов на естественном языке, распознавании образов и др. Например, существуют такие системы как системы автоматической проверки эссе (AES — automated essay scoring systems) [4], которые позволяют проверять стиль и/или содержание эссе студентов. Но прежде чем проверять работы данные системы проходят этап обучения. Преподаватель загружает сотни примеров для каждого задания и соответствующие оценки, чтобы система смогла обучиться оцениванию.

Знания могут быть представлены в явной и неявной форме. Знания в неявной форме — это экстенциональные знания. Экстенциональные знания — это сведения, факты о конкретных объектах предметной области [5]. Знания в явной форме — это готовый алгоритм, сеть, программа.

Добыча знаний — это выявление интенциональных знаний, правил, связывающих между собой факты. Добыча знаний происходит с помощью формальных методик: статистических, индуктивных, вариантов логики, нейросетей (аппроксимационные подходы). Из фактов индуктивно получаются знания, или используется аппроксимация, если знаний недостаточно.

В случае машинного обучения знания отделяются от носителей и представляются в такой форме, чтобы машина смогла их интерпретировать. У машины правильность результатов гарантируется алгоритмом вывода. Метазнания (знания о том, как приобретать знания) закладываются в машину человеком.

Таким образом, знания для компьютера могут быть представлены в явной или неявной форме.

2 Обучение человека

Обучение человека, по сравнению с машинным обучением, обладает рядом особенностей. Во-первых, знания должны быть представлены явно. Экстенциональные знания не подходят для передачи знаний человеку. Для добычи знания необходимо провести большой объем аналитической, вычислительной работы, а это вызывает у человека трудности. Самостоятельное формирование результата, получение интенциональных знаний — задача сложная, требует много времени, больше чем время, отводимое на урок, лекцию или самоподготовку. Работа

студента в данном случае ведется на пределе своих возможностей. При этом результат обучения не может гарантироваться. Студенты могут сделать не те выводы, которые предполагал автор курса, могут получить ошибочные выводы. Чтобы этого избежать автор учебного курса, преподаватель, должен формализовать свои выводы.

При неявном представлении знаний заявленные показатели качества обучения скромные и сомнительные. Люди могут ошибаться или могут не использовать алгоритмы, а также выборка фактов может быть не представительна. Например, есть архив истории болезней. Прочитав весь архив, человек не сможет стать врачом. В данном случае нужна машина, чтобы формировать интенционал, знания в явной форме. И только получив последнее, студент сможет выучиться на врача. Чтобы улучшить показатели эффективности обучения, нужно упрощать процесс усвоения знаний, а не усложнять, заставляя студентов добывать знания самостоятельно.

Во-вторых, в обучении должен быть некий процесс, контролирующий процесс приобретения знаний. Должно происходить выявление отклонений в полученных знаниях и их устранение с помощью повторного изучения студентом неусвоенного материала.

Также необходимо поэтапное представление материала согласно уровню усвоения. В работе [6] описана последо-

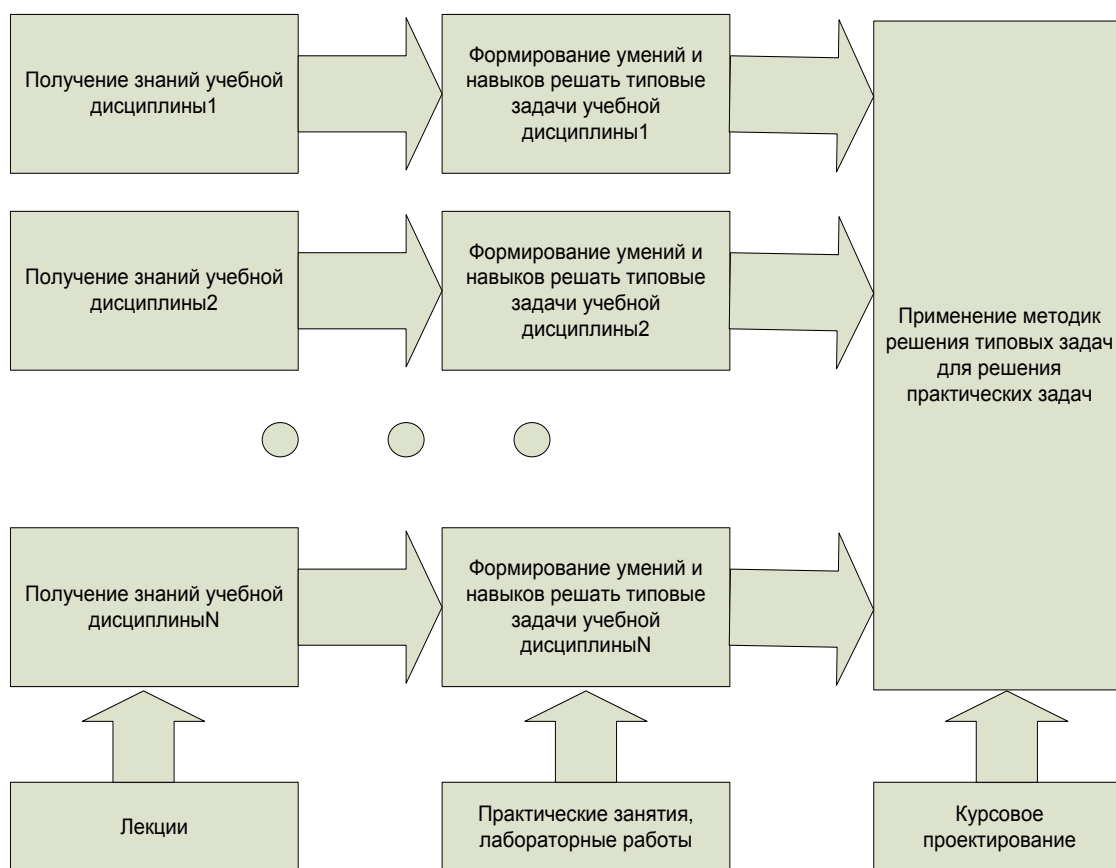


Рис. 1. Последовательность обучения в вузе, согласно уровню освоения



Рис. 2. Дерево целей для обеспечения эффективного обучения человека

вательность освоения деятельности в процессе обучения, разработанная на основе таксономии Блума [7]. Процесс обучения в вузе, согласно данной последовательности представлен на рисунке 1.

В-третьих, у студентов метазнания различны.

В-четвертых, должен учитываться «бэкграунд» студента (багаж знаний, приобретенный студентом к моменту получения нового знания). Знания связаны друг с другом, и отсутствие некоторых из них препятствуют освоению других знаний. К началу обучения у всех студентов «бэкграунд» разный. Он зависит от того, как знания были сформированы ранее. Должны быть процедуры, позволяющие организовать получение недостающих знаний. Например, студенты-медики, изучая методику проведения полостной операции, должны обладать навыками, как остановить кровотечение. Из-за индивидуальных особенностей пациента, даже правильно произведенный разрез может привести к кровотечению.

В-пятых, в отличие от машины человек обладает разным типом восприятия информации. Одни лучше воспринимают текст, другие — аудио, третьи — видео и т.д. Поэтому для обеспечения эффективного обучения учебный материал должен быть представлен в разных формах. Тип восприятия обучающихся определяется с помощью тестирования.

В-шестых, студент нуждается в обратной связи, в общении с преподавателем, иметь возможность задавать вопросы и получать ответы.

Также немаловажным является время отклика преподавателя. В процессе решения задачи, у студента могут возникнуть трудности на одном из этапов решения, и он может обратиться с вопросом к преподавателю. Долгое ожидание, частая безрезультативная проверка, ответил преподаватель или нет (в случае дистанционного обучения), негативно влияют на процесс обучения. Для решения данной проблемы в работе [8] рассмотрена методика оперативного информирования.

Учет данных особенностей при организации процесса обучения человека позволяет добиться высокой эффективности обучения. Дерево целей для обеспечения эффективного обучения человека представлено на рисунке 2:

Заключение

Были рассмотрены особенности обучения машины и человека. Определены особенности представления знаний при данных типах обучения, эффективность и применимость добычи знаний. Выявлены основные составляющие обучения человека, которые позволяют добиться высокой эффективности обучения человека: необходимость только явного представления знаний, необходимость контроля приобретения знаний, различие в метазнаниях у разных студентов, разный бэкграунд, и тип восприятия информации у разных студентов, необходимость обратной связи с преподавателем и быстрого отклика.

Литература:

1. Шабалина, О.А. Модели и методы для управления процессом обучения с помощью адаптивных обучающих систем: дис.... канд. тех. наук: 05.13.10. Астрахань, 2005. 158 с.

2. Доррер, А.Г. Моделирование и разработка интерактивных обучающих систем с адаптацией: дис.... канд. тех. наук: 05.13.01. Красноярск, 2005. 156 с.
3. Филиппов, С.А. Модели и программное обеспечение стратификационных адаптивных систем управления обучением: дис.... канд. тех. наук: 05.13.01. Москва, 2006. 169 с.
4. Balfour, S. Assessing writing in MOOCs: automated essay scoring and calibrated peer review // Research & Practice in Assessment. 2013. Vol. 8. pp 40–48.
5. Искусственный интеллект. В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник/Под ред. Д.А. Поспелова — М: Радио и связь, 1990. 304 с.
6. Евсеев, А. И., Савкин А. Н. О необходимости учета познавательной деятельности учащихся при разработке компьютерных средств обучения // Электронный журнал ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ. Теория и практика. 2006. № 2 (9). URL: network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=9&pa=14&ar=2.
7. Krathwohl, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview // Theory Into Practice. 2002. Vol. 41. Num. 4. pp. 212–218.
8. Латыпова, В.А. Оперативное информирование участников учебного процесса в условиях дистанционного и смешанного обучения // Молодой ученый. Ежемесячный научный журнал. 2014. № 6 (65). с. 102–106.
9. Тюрганов, А.Г., Боровская Р.В. Data Mining and a priori intensional knowledge // CSIT'2003. Сборник научных трудов. V. 1. Уфа: УГАТУ, 2003. С. 217–219.

Эволюция веб-фреймворков Microsoft. ASP. NET vNext (ASP. NET 5)

Михайлова Александра Евгеньевна, студент;

Дошина Анна Дмитриевна, студент;

Карлова Виктория Васильевна, студент

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова

(Новочеркасский политехнический институт)

Данная статья рассказывает о платформе Microsoft. NET Framework и технологии создания веб-приложений и веб-сервисов от вышеупомянутой компании — ASP. NET. Описывается история развития данной технологии и последние новшества, такие как ASP. NET vNext.

Ключевые слова: платформа Microsoft. NET Framework, веб-приложения, веб сервисы, ASP. NET, ASP. NET vNext, кроссплатформенность, Roslyn компилятор, Dependency Injection, ASP. NET 5.

На данный момент насчитывается огромное количество различных технологий, которые облегчают жизнь как программисту с большим опытом выполнения различных задач, так и начинающим разработчикам, которые только пытаются понять мир программирования. Наиболее популярной платформой с вышеупомянутыми качествами является платформа Microsoft. NET Framework.

В конце прошлого века компания Microsoft занимала ведущее положение в области программного обеспечения. В связи с развитием компьютерных технологий, даже в то время было уже понятно, что значительную часть вычислительной нагрузки необходимо переносить с персональных компьютеров на сервер. При этом все больше ускорялось развитие Интернета. На тот момент предлагалось множество различных языков и сред разработки для создания веб-приложений. Очевидно, что большое разнообразие приводило к большим затратам времени и сил разработчиков. В силу этих причин в Microsoft приняли решение разрабатывать собственный язык программирования и собственный набор программных библиотек, позволяющих облегчить разработку разнообразных при-

ложений, в том числе и распределённых. В результате был разработан язык программирования C#, а также среда исполнения программ (виртуальная машина) и набор библиотек. Совокупность этих элементов получила название платформа Microsoft. NET Framework.

Платформа Microsoft. NET Framework — это комплекс сервисов и приложений. Она является одной из лучших благодаря высокой производительности, поддержки множества языков программирования и работой с современными сервисами, а также решать задачи развертывания и использования интернет-приложений. NET Framework можно поделить на 2 составляющие:

- Common Language Runtime (CLR);
- Framework Class Library (FCL).

Common Language Runtime (CLR) — это исполняющая среда, которая предназначена для выполнения, как обычных программ, так и для сервисных приложений. Framework Class Library (FCL) — это библиотека классов, которая содержит в себе множество компонентов для работы с базами данных, вводом/выводом, сетью, файлами, пользовательским интерфейсом и т.д. Это об-

легчает работу программисту, так как можно использовать уже готовые классы.

В 1996 году компания Microsoft предложила технологию — Active Server Pages (ASP) для создания Web-приложений. Принцип работы приложения ASP был такой: веб-страница на сервере содержала серверные скрипты на VBScript или JScript и при запросе страницы происходил запуск и выполнение кода скриптов с последующей генерацией HTML. В 2002 году вышла новая платформа для разработки веб-приложений ASP.NET, и в 2003 году она была обновлена до версии ASP.NET 1.1. Это было огромным прорывом в мире веб-разработки. Тогда и началась история ASP.NET. Это была новая технология, у которой было масса преимуществ перед ASP. Это был уже полноценный фреймворк для разработки веб-приложений. В 2005 году было выпущено крупное обновление ASP.NET. Основными нововведениями были: темы, мастер-страницы, глобализация. В 2007 году было выпущено ещё одно масштабное обновление — ASP.NET 3.5. Именно тогда появилась поддержка таких мощных средств как: ASP.NET AJAX, LINQ, Dynamic Data. С выпуском ASP.NET 3.5 SP1 в 2009 году был добавлен новый подход для обработки запросов веб-страниц на основе шаблона MVC.

С обновлением до ASP.NET 4.5, появились такие средства как Web API и SignalR. С выходом Visual Studio 2013 появилась новая концепция — «Единый ASP.NET».

ASP.NET (Active Server Pages) — это технология, которая была разработана компанией Microsoft для создания WEB-приложений и WEB-сервисов. Она облегчает процесс создания динамических страниц HTML. Динамические страницы отличаются от просмотра к просмотру, и содержание ее зависит от того, кому она предназначена. Это среда программирования, которая обеспечивает возможность комбинирования HTML, скриптов и компонент для создания Web-приложений. В данной технологии содержится огромное количество готовых элементов управления, использование которых позволяет быстро создавать самые разнообразные интернет-сайты. Приложения могут быть написаны на любом языке, совместимом со средой CLR, включая VisualBasic и C#. Актуальным для написания приложений является язык C#, так как он позволяет в полной мере использовать концепции, методы и паттерны объектно-ориентированного программирования. Также она позволяет использовать сторонние сервисы, которые предоставляются другими сайтами, не нагружая функциями свой проект.

Одним из актуальных вопросов разработчиков веб-приложений является необходимость в обеспечении поддержки множества различных браузеров. В разных браузерах технологии HTML, CSS и JavaScript поддерживаются по-разному. В ASP.NET эта проблема решена.

В итоге были обновлены все компоненты платформы, а также появилась новая спецификация OWIN — открытый интерфейс веб-сервера для .NET (Open Web

Server Interface for .NET), которая стала основой ASP.NET vNext. В 2014 году была выпущена предварительная версия кардинально переработанной технологии для разработки веб-приложений от Microsoft, которая получила официальное название — ASP.NET 5.

ASP.NET vNext (ASP.NET 5)

ASP.NET vNext — это насыщенный релиз ASP.NET, который используется для создания клиент-серверных приложений. Для поддержки гибкости при построении решений данная платформа состоит из модульных компонентов с минимальными накладными расходами. Пользователей ожидают кардинальные перемены, а именно:

- открытый исходный код;
- использование нового Roslyn компилятора;
- кроссплатформенность (Поддерживает работу с Mono на Mac и Linux);
- в MVC6 объединены MVC, WebPages и WebAPI;
- Dependency Injection встроен внутрь фреймворка;
- отсутствие зависимости от веб-сервера и платформы для хостинга.

Все изменения, которые были сделаны в ASP.NET 5 были основаны на запросах клиентов и обратной связи. Эти изменения упрощают разработку, хостинг и обслуживание и ориентированы на современные веб-приложения.

Рассмотрим подробно ключевые нововведения, такие как модульность и кроссплатформенность. Используя фреймворк как часть пакета для развертывания, устраняется проблема конфигурации среды хостинга для приложения. Каждое приложение будет иметь независимую платформу. Стоит обозначить, что вся платформа написана с нуля. Весь исходный код новой платформы открыт и доступен на GitHub. ASP.NET MVC технология и WebAPI объединены в одну. ASP.NET vNext. ОС Windows будет работать используя одну из двух версий. NET Framework: .NET 4.6 и .NET Core. На Linux и Mac OS X будет использоваться только .NET Core.

Также стоит отметить новый Roslyn компилятор для динамической компиляции. Первая версия была выпущена в 2011 году. С тех пор он значительно изменился. Для начала стоит отметить, что он с открытым кодом (под лицензией Apache License 2.0). Во-вторых, компилятор поддерживает скриптовые сценарии. Что касается работы, стоит отметить, что время ожидания компиляции и обновления страницы при внесенных изменениях существенно сократится. В нем присутствуют множество функциональных дополнений, таких как IntelliSense, переформатирование кода и т.д. Компилятор Roslyn обеспечивает совместимость языков. Это предоставляет множество возможностей для инноваций в мета-программировании, генерации кода и его преобразование, интерактивное использование языков C# и VisualBasic.

Еще одной значимой особенностью ASP.NET 5 является намного более быстрая и легковесная среда выполнения, возможность хостинга приложений, где и как удобно разработчику.

Итоги:

Платформа ASP.NET стоит на пороге глобальных изменений, которые сильно повлияют на процесс разработки веб-приложений.

Познакомившись с alpha версией ASP.NET MVC vNext очно можно сделать выводы, что разработчиков ждут кардинальные перемены. Они связаны не только с рефакторингом ASP.NET, но и с адаптацией фреймворка под обновленный Runtime.

Измененные внутренние концепции будут легко изучаемым для разработчиков, имевших дело с OWIN и предыдущими версиями ASP.NET MVC.

Со стороны самого фреймворка наиболее важным составляет переход на открытый веб-интерфейс и разграничение ответственности между хостом и веб-приложением. Добавление гибких возможностей расширения, открывают новые перспективы при разработке веб-приложений.

Литература:

1. Мэтью Мак-Дональд, Адам Фримен, Марио Шпушта. Microsoft ASP.NET 4 с примерами на C# 2010 для профессионалов, 4-е издание: Вильямс, 2011
2. Гайдар Магдануров, Владимир Юнев ASP.NET MVC Framework//БХВ-Петербург 2010
3. <http://habrahabr.ru>
4. www.asp.net/vnext
5. <http://www.msdr.ru>

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Повышение контроля целостности навигационного обеспечения в алгоритмах обработки информации навигационных систем летательных аппаратов при использовании ВОС-радиосигналов

Бойков Дмитрий Валерьевич, аспирант
Тамбовский государственный технический университет

В работе рассмотрены алгоритмы обработки информации в навигационных системах, включающих в свой состав спутниковые радионавигационные системы, с контролем целостности навигационного обеспечения. Повышение контроля целостности навигационного обеспечения при использовании ВОС-радиосигналов.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, RAIM (англ. Receiver Autonomous Integrity Monitoring — автономный контроль целостности приемника (АКЦП)), контроль целостности, навигационное поле, BPSK- и ВОС-радиосигналы.

Для решения задач навигации и посадки летательных аппаратов (ЛА) используются бортовые навигационно-посадочные комплексы (НПК), включающие в свой состав аппаратуру приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС), инерциальную навигационную систему (ИНС), радиовысотомер (РВ) малых высот и барометрический высотомер (БВ). Разработаны комплексные алгоритмы которые позволяют: во-первых, обеспечить требуемую точность при решении задач захода на посадку и посадки за счет совместной обработки информации; во-вторых, обеспечить целостность навигационного обеспечения.

Для обеспечения должной точности и надежности используют системы обеспечения целостности, которые делят на две группы:

- системы с использованием информации внешних по отношению к потребителю средств контроля целостности;
- автономные системы мониторинга целостности на борту ЛА либо с привлечением дополнительной информации других автономных бортовых навигационных датчиков, либо только за счет избыточности информации в приемнике — избыточного количества каналов параллельного приема радиосигналов.

Применительно ко второй группе систем обеспечения целостности для НПК синтезированы алгоритмы совместного многоальтернативного обнаружения и оценивания радиосигналов. Алгоритмы позволяют успешно работать в аномальных режимах, выявляя факт пропадания радиосигнала навигационного космического аппарата (НКА) на входе аппаратуры приема с целью изолирования отказавшего НКА, путем реконфигурации структуры аппаратуры потребителей. Однако в нормальном режиме функционирования в случае неточных данных об орбитах космических аппаратов (сбой или искусственный ввод неточных данных о координатах НКА) данные алгоритмы не обеспечивают целостность навигационного обеспечения, для устранения этого в работе [1] был предложен алгоритм автономного контроля который использует оперативную и не оперативную (альманах) информацию и осуществляет прогнозирование координат НКА.

В настоящее время большое распространение нашли меандровые псевдослучайные сигналы (Binary offset carrier — ВОС), в которых используют дополнительную модуляцию меандровой последовательностью разной частоты

Цель работы — рассмотреть существующие алгоритмы обработки с контролем целостности радионавигационного поля ГЛОНАСС при использовании ВОС радиосигналов.

Эвристический подход

Применение эвристического метода рассмотрим на примере интегрированного навигационно-посадочного комплекса (НПК), обеспечивающего решение задач захода на посадку и посадки. В его состав входят: аппаратура приема сигналов СРНС, инерциальная навигационная система (ИНС), радиовысотомер (РВ), барометрический высотомер (БВ), бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ).

Для осуществления контроля целостности навигационных данных СРНС на вход схемы разрешения поступают:

- сигнал относительной высоты H с выхода БЦВМ, который получается в результате совместной обработки информации, поступающей с датчиков и систем на ее вход;

– выходной сигнал барометрического высотомера $H_{БВ}$, который можно представить в виде

$$H_{БВ} = H_{ИСТ} + \Delta H,$$

где $H_{ИСТ}$ истинное значение относительной высоты, ΔH случайная ошибка измерения, включающая постоянную ошибку и флуктуационную погрешность.

Случайная ошибка измерения ΔH барометрического высотомера обычно не превышает некоторого максимально допустимого значения $\Delta H_{МАКС}$, определяемого типом используемого барометрического высотомера. Схема разрешения включает в свой состав ключевое устройство, пороговое устройство и вычитающее устройство. В вычитающем устройстве из сигнала барометрического высотомера $H_{БВ}$ вычитается сигнал относительной высоты H с выхода БЦВМ

$$\delta H = H_{БВ} - H = H_{ИСТ} + \Delta H - H = \Delta H_1 + \Delta H,$$

где введено обозначение $\Delta H_1 = H_{ИСТ} - H$.

При совместной обработке информации нескольких измерителей, определяющих один и тот же или функционально связанные параметры, ошибка определения этого параметра всегда меньше максимальной ошибки наименее точного измерителя. Так как точность определения высоты СРНС в нормальном режиме работы (без отказов, сбоев или искусственного ввода неточных данных о координатах навигационных космических аппаратов) значительно выше точности барометрического высотомера, то величина сигнала на выходе вычитающего устройства не должна превышать величины

$$\delta H < 2\Delta H.$$

В случаях отказов, сбоев или искусственном вводе неточных данных о координатах НКА приемная аппаратура СРНС будет выдавать информацию о высоте с ошибкой равной или большей, чем ошибка барометрического высотомера. В этом случае

$$\delta H \geq 2\Delta H.$$

Полученный на выходе вычитающего устройства сигнал поступает на пороговое устройство, имеющее порог $H_{МАКС} = 2\Delta H$. Данное устройство управляет работой ключевого устройства. Если $\delta H < H_{МАКС}$, то сигналы, поступающие с выхода приемной аппаратуры СРНС, проходят через ключевое устройство на вход БЦВМ. Если $\delta H \geq H_{МАКС}$, то сигналы с выхода приемной аппаратуры СРНС не проходят через ключевое устройство на вход БЦВМ и необходимо менять рабочее созвездие.

Предложенный подход позволяет осуществить автономный контроль целостности навигационных данных. При этом величина $H_{МАКС}$ должна определяться экспериментальным путем.

Методы оптимальной линейной фильтрации

Для создания автономной системы контроля целостности используем датчики и устройства, обеспечивающие определение высоты объекта. Обычно в состав навигационных комплексов, как воздушных, так и наземных объектов, входят барометрический высотомер (БВ) и аппаратура приема сигналов спутниковых радионавигационных систем.

Полагаем, что измерение высоты при помощи БВ осуществляется относительно уровня, соответствующего известному R_0 радиус-вектору геоцентрической системы координат, систематическая ошибка учитывается при его выставке, сигнал на выходе дискретизирован по времени и имеет вид [2]:

$$H_{ОТН}^{БВ}(t_{k+1}) = H_{ОТН}(t_{k+1}) + \Delta H(t_{k+1}) + u_{БВ}(t_{k+1}), \quad (1)$$

где $\Delta H(t_{k+1})$ и $u_{БВ}(t_{k+1})$ соответственно постоянная ошибка и флуктуационная погрешность, описываемые выражениями:

$$\Delta H(t_{k+1}) = \Delta H(t_k),$$

$$u_{БВ}(t_{k+1}) = \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k)u_{БВ}(t_k) + \gamma_u(t_{k+1}, t_k)n_u(t_k), \quad u_{БВ}(t_0) = u_{БВ0}, \quad (2)$$

в которых $\varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k) = \exp(-\gamma_{BB}T)$; $\gamma_u(t_{k+1}, t_k) = \sigma_{BB}[1 - \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k)]^{0,5}$; γ_{BB} и σ_{BB}^2 — коэффициент, характеризующий ширину спектра погрешности, и дисперсия флуктуационной погрешности, соответственно; $n_u(t_k)$ — независимые выборки гауссовского процесса с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Аппаратура приема сигналов СРНС обеспечивает прием радиосигналов НКА. Сигнал о высоте объекта относительно центра Земли на выходе аппаратуры приема в дискретные моменты времени представим в виде [3]:

$$H^{CPHC}(t_{k+1}) = H_{OTH}(t_{k+1}) + R_0 + \sigma_z n_z(t_{k+1}) \quad (3)$$

где $H^{CPHC}(t_{k+1})$ — измеренное значение высоты объекта; R_0 радиус-вектор геоцентрической (сферической) системы координат; $n_z(t_{k+1})$ — независимые выборки гауссовского процесса с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией; σ_z — среднеквадратическая ошибка флуктуационной погрешности измерения высоты объекта.

Представление «полезного» сигнала на выходе вертикального канала в аппаратуре приема сигналов СРНС (3) через радиус-вектор R_0 позволяет определить относительную высоту $H_{OTH}(t_{k+1})$ по выходным данным СРНС.

Найдем относительную высоту $H_{OTH}(t_{k+1})$ из выражения (1) и подставим в (3), в результате получим

$$H^{CPHC}(t_{k+1}) = H_{OTH}^{BB}(t_{k+1}) - \Delta H(t_{k+1}) - u_{BB}(t_{k+1}) + R_0 + \sigma_z n_z(t_{k+1}) \quad (4)$$

Представим выражение (4) в виде

$$H^{CPHC}(t_{k+1}) = \mathbf{H}(t_{k+1})\mathbf{X}(t_{k+1}) + V(t_{k+1}) + \Gamma N(t_{k+1}) \quad (5)$$

где $\mathbf{X}(t_{k+1}) = [\Delta H(t_{k+1}), u_{BB}(t_{k+1})]^T$ — вектор состояния; $\mathbf{H}(t_{k+1})$ — вектор наблюдения размером (1×2) с элементами $h_{11} = h_{12} = -1$; $V(t_{k+1}) = H_{OTH}^{BB}(t_{k+1}) + R_0$ — известная величина; $\Gamma = \sigma_z$; $N(t_{k+1}) = n_z(t_{k+1})$ — шум наблюдения.

Вектор состояния $\mathbf{X}(t_{k+1})$ в соответствии с (2) описывается разностным векторно-матричным стохастическим уравнением

$$\mathbf{X}(t_{k+1}) = \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}(t_k) + \Gamma_x(t_{k+1}, t_k)N_x(t_k), \quad (6)$$

где $\Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k)$ — фундаментальная матрица размером (2×2) с ненулевыми элементами $\phi_{xx_{11}} = 1$, $\phi_{xx_{22}} = \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k)$; $\Gamma_x(t_{k+1}, t_k)$ — переходной вектор возмущения размером (2×1) с элементами $\mathcal{C}_{x_{11}} = 0$, $\mathcal{C}_{x_{21}} = \gamma_u(t_{k+1}, t_k)$; $N_x(t_k) = n_u(t_k)$ — независимые формирующие стандартные гауссовские случайные величины.

Уравнение наблюдения (5) и модель изменения вектора состояния (6) являются линейными. Оценка вектора состояния $\mathbf{X}(t_{k+1})$ в соответствии с методами оптимальной линейной фильтрации определяется выражением [4]

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^*(t_{k+1}) &= \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}^*(t_k) + \\ &+ \mathbf{K}(t_{k+1})[H^{CPHC}(t_{k+1}) - \mathbf{H}(t_{k+1})\Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}^*(t_k) - V(t_{k+1})], \end{aligned} \quad (7)$$

где $\mathbf{K}(t_{k+1}) = [k_{11}(t_{k+1}), k_{21}(t_{k+1})]^T$ — вектор оптимальных коэффициентов передачи размером (2×1) , который определяется соотношениями:

$$\begin{aligned} \mathbf{K}(t_{k+1}) &= \mathbf{P}(t_{k+1} | t_k) \mathbf{H}^T(t_{k+1}) [\mathbf{H}(t_{k+1}) \mathbf{P}(t_{k+1} | t_k) \mathbf{H}^T(t_{k+1}) + \Gamma^2(t_{k+1})]^{-1}; \\ \mathbf{P}(t_{k+1} | t_k) &= \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}(t_k) \Phi_{xx}^T(t_{k+1}, t_k) + \Gamma_x(t_{k+1}, t_k) \Gamma_x^T(t_{k+1}, t_k); \\ \mathbf{P}(t_{k+1}) &= [\mathbf{I} - \mathbf{K}(t_{k+1}) \mathbf{H}(t_{k+1})] \mathbf{P}(t_{k+1} | t_k), \end{aligned} \quad (8)$$

в которых $\mathbf{P}(t_{k+1} | t_k)$ — матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок прогнозирования размером (2×2) ; $\mathbf{P}(t_{k+1})$ — матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (2×2) ; \mathbf{I} — единичная матрица размером (2×2) .

Для контроля целостности используем оценку постоянной ошибки $\Delta H^*(t_{k+1})$ барометрического высотомера, которая в соответствии с (7) определяется выражением

$$\Delta H^*(t_{k+1}) = \Delta H^*(t_k) + k_{11} \left[H^{CPHC}(t_{k+1}) - H_{OTH}^{BB}(t_{k+1}) - R_0 + \Delta H^*(t_k) + \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k) u_{BB}^*(t_k) \right], \quad (9)$$

где входящая в (9) оценка $u_{BB}^*(t_k)$, согласно (7), имеет вид

$$u_{BB}^*(t_{k+1}) = \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k) u_{BB}^*(t_k) + k_{21} \left[H^{CPHC}(t_{k+1}) - H_{OTH}^{BB}(t_{k+1}) - R_0 + \Delta H^*(t_k) + \varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k) u_{BB}^*(t_k) \right]. \quad (10)$$

Следует отметить, что в нормальном режиме функционирования СРНС оценка постоянной ошибки $\Delta H^*(t_{k+1})$ барометрического высотомера будет стремиться к некоторому постоянному значению, определяемому типом барометрического высотомера. Кроме того величина невязки — величины стоящей в квадратных скобках выражения (9) будет малой величиной. При сбоях в работе НКА или при искусственной передаче ошибочной информации с НКА произойдет резкий скачок невязки измерений, а значение оценки постоянной ошибки $\Delta H^*(t_{k+1})$ начнет возрастать. Данные свойства можно использовать для контроля целостности путем:

- обнаружения резкого скачка невязки измерений;
- задания некоторого порога ΔH_{\max} величины оценки постоянной ошибки $\Delta H^*(t_{k+1})$ барометрического высотомера. Если $\Delta H^*(t_{k+1}) \geq \Delta H_{\max}$, то использовать данные полученные от НКА нельзя.

В состав схемы входят сумматоры, линии задержки, усилители с переменными коэффициентами усиления $k_{11}(t_{k+1})$, $k_{21}(t_{k+1})$, усилитель с коэффициентом усиления $\varphi_{uu}(t_{k+1}, t_k) = \exp(-\gamma_{BB} T)$, ключевое устройство (КУ). Схема принятия решения на использование сигналов СРНС анализирует значение оценки ошибки $\Delta H^*(t_{k+1})$ и поведение невязки измерений. По результатам анализа принимается решение на использование информации о координатах ЛА (широта, долгота, высота) с выхода приемной аппаратуры СРНС для решения задач навигации. Если использовать данные СРНС нельзя, то сигнал, поступающий на КУ от схемы принятия решения на использование СРНС, запрещает прохождение данных СРНС для их дальнейшей обработки.

Разработанные алгоритмы представляют собой алгоритмы автономного контроля целостности навигационных данных на основе использования информации датчиков и систем, применяемых для определения высоты полета ЛА (вертикальный канал). В отличие от эвристического метода алгоритмы, разработанные методами оптимальной линейной фильтрации для контроля целостности навигационных данных СРНС, позволяют непосредственно оценить значение ошибки барометрического высотомера, а также дополнительно использовать информацию о невязке измерений.

Существенным недостатком разработанных алгоритмов является невозможность однозначного определения причин превышения оценки постоянной составляющей погрешности барометрического высотомера $\Delta H^*(t_{k+1})$ величины порогового уровня. То ли это произошло из-за изменения (отсутствия) радиосигнала НКА на входе аппаратуры приема в результате сбоя в работе НКА или в результате прохождения радиосигнала через ионосферу. То ли это произошло в результате отказа самого канала аппаратуры приема и обработки радиосигналов СРНС. В последнем случае схема выдаст сигнал на запрет использования данных с выхода аппаратуры приема сигналов СРНС. Однако при этом радиосигналы НКА могут присутствовать на входе приемной аппаратуры СРНС.

Оценка применение сигналов с BPSK и BOC модуляцией в алгоритмах

Отличие меандровых шумоподобных сигналов (BOC-сигналов) от традиционных шумоподобных сигналов заключается в использовании при формировании сигнала поднесущей частоты. При этом сигнал гармонического несущего

колебания манипулируется по фазе результатом перемножения псевдослучайной последовательности и поднесущего колебания.

При распространении сигнала от НС до потребителя возникает τ и фазовая $\varphi_\tau = \omega_0 \tau$ задержка сигнала.

Для определения $H^{\text{СРНС}}$ в первом и во втором алгоритме нам необходима оценка задержки радиосигнала и его амплитуды.

Проведем анализ потенциальной точности оценки этих параметров. Рассмотрим связь параметров сигнала и точности оценки сигналов с BPSK и BOC модуляцией. Сравним точности оценки параметров этих видов сигналов.

В работе [5] показано, что использование сигналов с модуляцией BOC(1,1) уменьшает дисперсию ошибки задержки в 1,5 раза по сравнению с использованием модуляции BPSK(4), соответственно, по среднеквадратическому отклонению (СКО) оценки задержки составляет значение, равное 1,225.

При использовании сигналов с модуляцией BOC(3,1) преимущество по дисперсии ошибки оценки задержки по сравнению с модуляцией BPSK(4) (занимающей ту же полосу частот) составляет значение, равное 4,05, соответственно, по СКО оценки задержки составляет значение, равное 2. Аналогичное преимущество при использовании модуляции BOC(3,1) в сравнении с модуляцией BOC(1,1) составило значение, равное 2,7 и по СКО значение, равное 1,64.

Таким образом, из сигналов с модуляцией BPSK(4), BOC(1,1) и BOC(3,1), занимающих одинаковую полосу частот, наибольшую точность оценки задержки обеспечивает использование сигнала с модуляцией BOC(3,1)

Мощность навигационного сигнала $P_e = A^2/2$ у поверхности Земли гарантируется на уровне минус 161 дБВт (ГЛОНАСС) или минус 158 дБВт (GPS, Galileo), и она может меняться в незначительных пределах в зависимости от условий распространения сигнала. Поэтому в большинстве приложений СРНС амплитуда сигнала A полагается известной величиной $A = \sqrt{2P_e}$

Если в тех или иных приложениях амплитуду сигнала в точке приема нельзя считать известной, то ее следует полагать величиной с плотностью вероятности, описываемой рэлеевским законом [6]

Можно сделать вывод, что при применении меандровых шумоподобных сигналов (BOC-сигналов), по сравнению с сигналами BPSK модуляцией, параметры, полученные по сигналам СНС и используемые в алгоритмах можно определить с большей точностью. Следовательно, это повысится контроль целостности навигационного обеспечения в целом.

Заключение

В работе рассмотрены алгоритмы обработки информации в навигационных системах летательных аппаратов с контролем целостности навигационного обеспечения.

Показано, что использование меандровых шумоподобных сигналов (BOC-сигналов) в алгоритмах обработки информации с контролем целостности навигационного обеспечения, повышает контроль целостности навигационного обеспечения.

— выходной сигнал барометрического высотомера $H_{БВ}$, который можно представить в виде

$$H_{БВ} = H_{ИСТ} + \Delta H$$

Литература:

1. Бойков, Д. В. // Технические науки в России и за рубежом: материалы III междунар. науч. конф. (г. Москва, июль 2014 г.). — М.: Буки-Веди, 2014. — с. 27–32.
2. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков. — М.: Радио и связь, 1985. — 344 с.
3. Иванов, А. В. Оптимизация и комплексирование обработки информации в навигационно-посадочном комплексе с контролем целостности навигационного обеспечения по информации барометрического высотомера / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2009. — № 7. — с. 72–82.
4. Браммер, К. Фильтр Калмана-Бьюси / К. Браммер, Г. Зиффлинг. — М.: Наука, 1982.
5. Перов, А. И. Методы и алгоритмы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем // Москва Радиотехника, 2012 г.
6. Перов, А. И. Статистическая теория радиотехнических систем // Москва Радиотехника, 2003 г., 400 с.

Применение электроокулографии для управления указателем компьютерной мыши

Хузягулова Каролина Людвиговна, студент

Уфимский государственный авиационный технический университет

В статье описано устройство для снятия электроокулографических сигналов, которое может применяться для управления указателем компьютерной мыши при помощи движений глаз.

Ключевые слова: электроокулография, окулография, глаз, айтрекинг, интерфейс, саккады, EPIC, ZigBee, WBAN.

В современном мире широко распространенной и актуальной является задача определения движений глаз, так как она имеет множество приложений в самых различных областях (маркетинговые исследования, медицинская диагностика и другое). В частности, существует задача управления устройствами при помощи глаз. Устройство, осуществляющее такое управление, позволит управлять средствами передвижения, бытовыми приборами, освещением. Также оно может использоваться в качестве устройства ввода информации при работе с компьютером (например, для перемещения курсора компьютерной мыши), что может существенно облегчить жизнь людям с ограниченными возможностями. По данным Росстата, в настоящее время на каждую тысячу населения РФ приходится около 85 инвалидов, причем из них возможность для выхода в Интернет имеет всего около 15 %. Это обусловлено многими факторами, в том числе недостаточным количеством специализированных аппаратных средств для инвалидов, реализующих интерфейс «человек — компьютер».

Существует несколько методов слежения за направлением взгляда. Один из них, видеоокулография, используется наиболее часто, но имеет ограничения применимости из-за следующих недостатков: относительно большая вычислительная мощность, невозможность использования при закрытых глазах, нестабильная работа при светлых глазах или при плохом освещении. Другой метод — электроокулографический. Его достоинствами является невысокая вычислительная сложность, дешевизна аппаратуры и небольшое количество ограничений при использовании.

В основе электроокулографического метода лежит использование электрических свойств глазного яблока. По физической природе оно является диполем, в котором сетчатка является отрицательным полюсом, а роговица — положительным [1]. Электрическая ось глазного яблока примерно совпадает с оптической осью, поэтому она может служить индикатором направления взгляда. При поворотах глазного яблока на коже вокруг глаз возникают «броски» потенциалов. Изменение разности потенциалов между роговицей и сетчаткой обнаруживается через изменение потенциала в тканях, прилегающих к глазнице. Движения глаз регистрируются с помощью электродов, которые устанавливаются крестообразно вокруг глазной впадины. Electroды, расположенные около

виска, регистрируют горизонтальную составляющую, Electroды, расположенные около верхнего и нижнего края глазной впадины — вертикальную составляющую движений глаз. Когда глаз фиксирован в точке, совпадающей со зрительной осью, Electroды расположены примерно одинаково как от положительного роговичного полюса, так и от отрицательного. В этом случае может быть зарегистрирован лишь постоянный положительный потенциал роговицы по отношению к нейтральному Electroду. При повороте глаз один из Electroдов оказывается ближе к положительному полюсу, а другой — к отрицательному. Соответственно, первый Electroд становится электроположительным, а второй становится электроотрицательным. Знак потенциала отражает направление, величина изменения разности потенциалов — угол поворота глаз, при этом величина изменения потенциала и угол поворота глаз связаны линейной зависимостью.

Для снятия биопотенциалов глаз возможно использование датчиков EPIC (сокращение от Electric Potential Integrated Circuit, то есть интегральная микросхема для измерения электрического потенциала) от компании Plessey Semiconductors [2]. Эти датчики представляют собой совершенно новую область сенсорных технологий. Они измеряют изменения в электрическом поле аналогично тому, как магнитометр обнаруживает изменения в магнитном поле. Датчики EPIC не требуют механического или резистивного контакта для измерений. EPIC — это бесконтактный электрометр, что подразумевает отсутствие прямого прохождения сигналов постоянного тока извне через входные каскады датчика, подобно Electroду затвора МОП-транзистора. Electroд защищен слоем диэлектрического материала, который нанесен на него, чтобы изолировать Electroд от измеряемого объекта. Устройство имеет полосу пропускания по переменному току от нескольких десятков до 200 МГц, причем эта характеристика регулируемая и может быть адаптирована в зависимости от конкретного применения. При использовании такого датчика входное сопротивление устройства может быть повышено путем использования компенсационной обратной связи, а входная емкость может быть уменьшена с помощью блокировочных цепей (Рис. 1). Таким образом, удастся достичь уровня входной емкости в 10^{-17} Ф с входным сопротивлением примерно 10^{15} Ом,

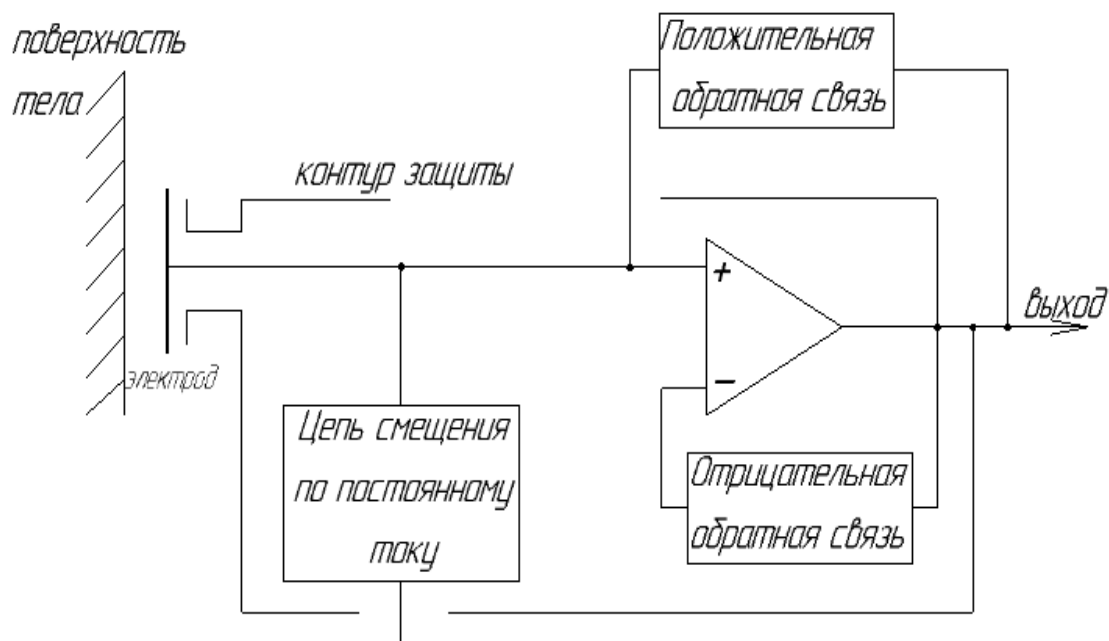


Рис. 1. Блок-схема датчика ЕРІС

при этом обеспечивается минимальное влияние на поле исследуемого объекта и гарантируется наличие только малых токов смещения между датчиком и объектом.

То есть датчики ЕРІС способны различать уникальные для различных групп мышц потенциалы, что может повысить качество снимаемых сигналов электроокулографии. Они не требуют плотного механического контакта с поверхностью тела человека, поэтому возможно крепление датчиков на оправе очков, что может повысить комфортность при использовании предлагаемого электроокулографического интерфейса.

Известны восемь основных видов движений глаз: тремор, дрейф, микросаккады, саккады, прослеживающие, вергентные, торзионные движения и нистагм [3]. Каждый из них обладает характерными свойствами (амплитудой, скоростью, частотой, траекторией). Полезными в данном случае являются лишь саккады, резкие изменения позиции глаза, отличающиеся высокой скоростью и точностью. Именно они несут информацию об изменениях положений глаз и взгляда человека.

Устройство, реализующее сбор значений окулограммы, оцифровку и анализ саккадических движений работает следующим образом (Рис. 2). Дифференциальный сигнал от каждой пары электродов поступает на вход устройства. Амплитуда сигнала очень мала и обычно лежит в пределах от 0,4 до 1 мВ, поэтому для качественного усиления сигналов с исключением постоянной составляющей используются прецизионные дифференциальные усилители. После усиления сигнал подвергается фильтрации. Полезная часть сигнала лежит в области частот от 0,1 до 30 Гц. Более высокочастотные составляющие сигнала, в которых присутствуют сетевые помехи (50..60 Гц), шумы, возникающие из-за плохого контакта электродов, от сокращения

мышц рядом с электродами, а также другие биосигналы необходимо отфильтровать. После фильтрации сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь для преобразования в цифровую форму. Работой схемы управляет микроконтроллер. Он используется для настройки работы схемы, для обработки поступающей информации, а также для отсылки ее по протоколу беспроводной связи ZigBee на компьютер. Сделано это для уменьшения энергопотребления устройства. Анализ данных будет производиться непосредственно компьютером. Кроме того, быстродействие и многозадачность компьютера позволит ускорить процесс.

Вместо протокола ZigBee может использоваться беспроводная нательная сеть (WBAN), стандарт IEEE 802.15.6 — это стандарт для беспроводных коммуникационных систем малого радиуса действия, предназначенных для работы в окрестности или внутри тела человека [4]. Сети WBAN поддерживают обширную область приложений медицинской электроники. По сравнению с широко распространенными устройствами ZigBee, WBAN предназначены для более коротких расстояний передачи: от 2 до 5 метров. Но их скорость передачи данных выше, что является большим преимуществом. Также системы WBAN имеют чрезвычайно малое потребление энергии и меньшую излучаемую мощность по сравнению с ZigBee. Это обеспечивает устройству длительный срок автономной службы. Поскольку рабочая среда связана с телом человека, беспроводные нательные сети отвечают требованиям безопасности и дружественны по биологическим параметрам.

Таким образом, описанное устройство является портативным, простым в реализации и относительно недорогим. Оно может существенно повысить качество жизни людям



Рис. 2. Структурная схема устройства

с ограниченными возможностями. Так как обработка полученных сигналов производится непосредственно на компьютере, путем разработки соответствующего про-

граммного обеспечения возможно использование данного устройства не только для передвижения указателя мыши, но и для управления различными бытовыми приборами.

Литература:

1. Шамшинова, А. М., Волков В. В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. — М.: Медицина 1999.
2. Бекмачев, А. Датчики Epoc от Plessey Semiconductors — прорыв в сенсорных технологиях/А. Бекмачев //Компоненты и технологии. — 2013. — № 1.
3. Барабанщиков, В. А. Методы регистрации движений глаз: теория и практика/В. А. Барабанщиков, А. В. Жегалло //Психологическая наука и образование. — 2010. — № 5
4. Дмитриев, А. С. Сверхширокополосные беспроводные нательные сенсорные сети/А. С. Дмитриев [и др.] // Радиотехника и электроника. — 2013. — Т. 58, № 12.

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Автономный дирижабль для мониторинга местности

Чепрасова Анастасия Сергеевна, студент;

Мамелин Юрий Валерьевич, студент;

Якуба Денис Юрьевич, студент

Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

Дирижабль — летательный аппарат легче воздуха. Он представляет собой комбинацию аэростата с силовой установкой (например, двигатель внутреннего сгорания с воздушным винтом) и системой управления (рули управления), благодаря чему дирижабль может двигаться в любом направлении независимо от воздушных потоков.

Изобретателем дирижабля считается Жан Батист Мари Шарль Мёнье. Дирижабль Мёнье должен был быть сделан в форме эллипсоида. Управляемость должна была быть осуществлена с помощью трёх пропеллеров, вращаемых вручную усилиями 80 человек. Изменяя объём газа в аэростате путём использования баллонета, можно было регулировать высоту полёта дирижабля, и поэтому он предложил две оболочки — внешнюю основную и внутреннюю.

На сегодняшний день конструкция дирижабля представляет собой оболочку для размещения газа, который будет легче воздуха, систему управления подъемной силой, основная задача которой в том, что бы компенсировать влияние метеоусловий и компенсировать уменьшение массы аппарата, а так же обеспечить возможность вертикальной посадки. В данной системе используется аэродинамическая подъемная сила оболочки, возникающая при увеличении угла ее атаки, а также путём сжатия атмосферного воздуха и хранения его в баллонетах внутри оболочки или выпуска его из баллонетов. Кроме того, в состав оболочки обязательно включаются газовые (для несущего газа) предохранительные клапаны (для предупреждения разрыва оболочки из-за увеличения растягивающих оболочки сил при увеличении высоты полёта и при увеличении в ней температуры), а также предохранительные воздушные клапаны на воздушных баллонетах. Газовые клапаны открываются только после того, когда полностью опорожнятся воздушные баллонеты. Кроме оболочки, гондол и движителя в конструкции классического дирижабля предусмотрена обычно простейшая гравитационная и аэродинамическая система управления ориентацией и стабилизацией аппарата.

Конструкция дирижабля, её экологичность и экономия затрат на изготовления по сей день дают широкий спектр применения. Его используют во многих отраслях начиная

с туризма и заканчивая военным делом. Так же интересно и малоизученно его применение в современной робототехнике. Дирижабль возможно сделать незаменимым летательным аппаратом для изучения труднодоступных мест или составления общей картины некоторого участка земли. Главной сложностью этого проекта остается система сенсорного управления (ССУ) мини-дирижабля с видео камерой, который можно использовать для мониторинга местности. Для проектирования СДУ необходимо в первую очередь разобраться с простой системой управления стандартного дирижабля.

Об управлении

Управление дирижаблем в горизонтальной плоскости, как и для каждого корабля, служит для удержания определенного курса. Без указанного управления происходит постоянное изменение направления: только при помощи управления можно взять новый курс.

Способ управления дирижаблем включает управление двигателями, контроль параметров движения дирижабля из центров управления в носовой и кормовой частях, которые выполнены с возможностью изменения функций и прикреплены снизу к оболочке дирижабля. При этом создается вращение дирижабля в вертикальной и/или горизонтальной плоскости. Обратимый дирижабль имеет жесткую оболочку в форме эллипсоида с несущим газом, двигатели с винтовыми движителями, идентичные гондолы с главным и резервным центрами управления соответственно в носовой и кормовой частях дирижабля, которые прикреплены снизу к оболочке и выполнены с возможностью обмена функций. Дирижабль снабжен неподвижными крестообразными кронштейнами на окончаниях носовой и кормовой частей, имеет реверсивные двигатели с винтовыми движителями, которые установлены на перекладинах упомянутых кронштейнов. Технический результат — повышение надежности управления.

Дирижабли, имеющие винтовые движители и аэродинамические рули курса и высоты, которые работают за счет энергии набегающих потоков воздуха, выполняют поворот в горизонтальной или вертикальной плоскости в следующей последовательности:

- дирижаблю придают скорость, при которой рули работают эффективно;
- поворачивают рули курса или высоты, которые поворачивают дирижабль за счет энергии набегающих потоков воздуха;
- следят за значением угла поворота дирижабля;
- при достижении углом поворота дирижабля требуемого значения рули устанавливают в начальное положение.

При нулевой скорости дирижабля относительно окружающего воздуха и при значительной инерционности дирижабля время выполнения поворота, особенно на угол более 90° , и его траектория могут оказаться недопустимо большими. Практически все дирижабли не могут перемещаться «задним ходом» — кормой вперед, т.к. при этом его аэродинамическая схема из статической становится астатической, т.е. неустойчивой. Изменения направления движения на 180° по классическому способу, описанному выше, производится за наибольшее время и по самой длинной траектории.

Тот факт, что при свободном или закреплённом в любом положении руле дирижабль описывает рулевой круг, дает возможность измерить во время полета направление и силу ветра, не зная воздушной скорости дирижабля. Таким образом, если дирижабль описал один раз рулевой круг, то это показывает, что его килевое направление стало параллельным исходному направлению, т.е. он вернулся как бы опять к тем частицам воздуха, которые он покинул, тут он опять мог бы встретить небольшой выпущенный с него уравновешенный аэростат. Отсюда мы можем сделать простой вывод: если во время полета необ-

ходимо измерить скорость ветра, то руль должен быть отпущен или же закреплён в любом положении, если дирижабль повернулся примерно на 90° , то мы можем принять, что дирижабль стал описывать рулевой круг.

Теперь перейдем непосредственно к системе сенсорного управления мини-дирижаблем, оснащенного видео камерой.

ССУ мини-дирижабля

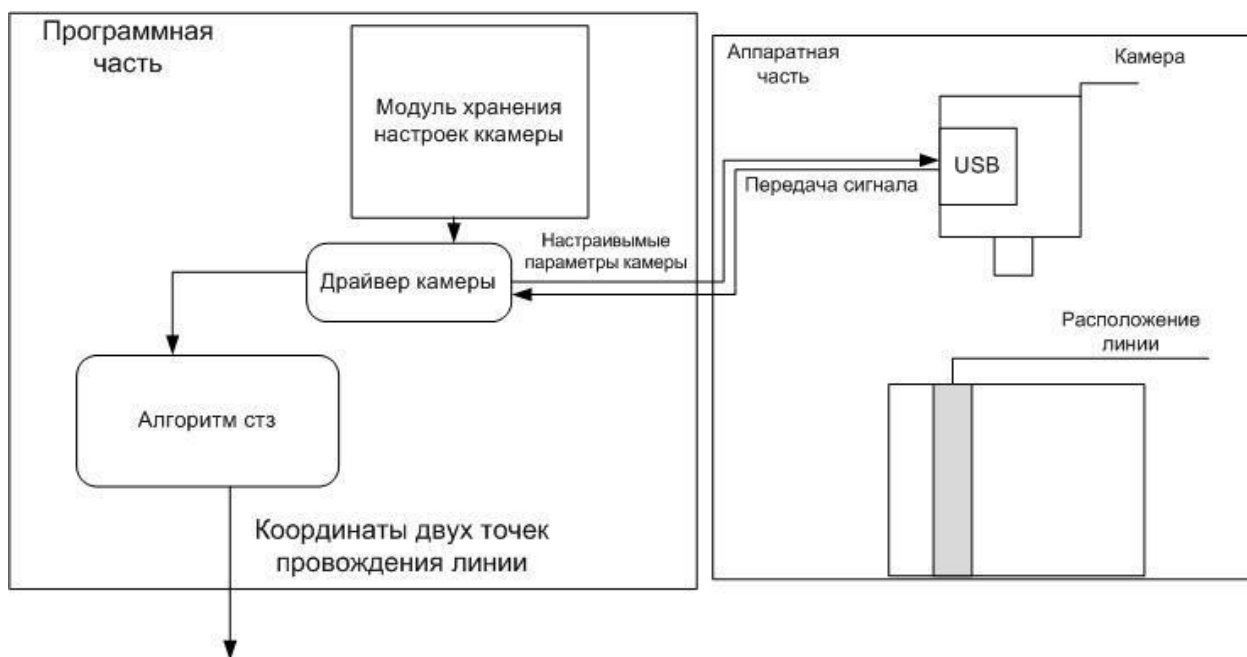
Нашей целью является разработка системы технического зрения для обнаружении траектории движения (в лабораторных условиях — линия), разработка курсового регулятора, учитывающего факторы положения выбранной траектории движения и угла ее отклонения относительно дирижабля, разработка регулятора высоты и разработка системы дистанционного управления.

Конструкция мини-дирижабля основана на простых компонентах в виде фольгированных шариков, заполненных легким газом.

Аппаратная часть мини-дирижабля состоит из:

- raspberry pi — одноплатный компьютер;
- широкоугольной Веб камеры;
- ультразвукового датчика высоты hc-sr05;
- двух электродвигателей;
- сервопривода отклонения тяги двигателей;
- подсистемы питания.

Поворот мини-дирижабля вокруг вертикальной оси осуществляется разнотягом двигателей. Регулировка высоты дирижабля осуществляется отклонением вектора тяги двигателей по вертикальной оси.



Двигатели дирижабля имеют возможности установки максимальной скорости вращения в 4000 об./мин. Рабочее напряжение двигателей 12 вольт. Двигатели размещены от центра дирижабля на 30 см., и находятся в нижней точке дирижабля.

Техническое зрение мини-дирижабля состоит из аппаратной и программной частей.

Аппаратная часть связана с программной частью проводным соединением, где передается уже сформиро-

ванный сигнал формата MJPG. В аппаратную часть входит веб камера.

В программную часть входит:

- драйвер камеры для получения видео изображения формата MJPG и задания настроек камеры;
- модуль обработки изображения.

С учетом выбранного метода обработки и алгоритма определения расположения линии были выявлены в программной реализации следующие подзадачи:

- произвести настройку внутренних параметров видеокamеры;
- получить изображение с камеры;
- преобразовать изображение из формата MJPG в цветовой формат HSV;
- организовать поиск области пересечения по цветовому соответствию;
- реализовать алгоритм для определения координат точки пересечения,
- отфильтровывая не полезный сигнал;
- реализовать интегрирование блока СТЗ с блоком регулятора направления.

Получение изображение с камеры и преобразование в цветовой формат HSV возложены на библиотеку `opencv`.

Регулятор направления так же состоит из программной и аппаратной части, у каждой из которых свой алгоритм реализации.

Программная реализация состоит из:

- нечеткого регулятора;
- математического модуля просчета поворота линии;
- программного ШИМа.

Аппаратная реализация состоит из:

- Драйвера двигателя L293DNE;
- Левого и правого электродвигателя.

Структурная схема регулятора направления состоит из программной части, основанной на нечетком регуляторе. Алгоритмом дефазификации является алгоритм Мамдани.

Применение программного ШИМа обусловлена отсутствием в используемом одноплатном компьютере Raspberry pi аппаратного ШИМа.

Драйвер двигателя применяется для усиления ШИМ сигнала.

Программная и аппаратная составляющая регулятора высоты следующие:

Программная реализация состоит из:

- ПИ регулятора на нечеткой логике;
- математического модуля расчета расстояния;
- программного ШИМа;

Аппаратная часть Raspberry pi состоит из Процессора `bcm2835`, соединяющего gpio выводы по результатам работы программного ШИМа.

Аппаратная реализация состоит из:

- Сервопривода, изменяющего вектор тяги двигателей;
- Ультразвукового датчика HC-SR05.

И одна из самых важных составляющих данного проекта, система дистанционного управления (СДУ)

СДУ реализовано в управлении разности тяговых моментов на двигателях. Принцип реализации позаимствован у компьютерных игр, когда нажатие на кнопку реализует плавное отклонение тяговых моментов, а отпускание — плавное возвращение, таким образом в некоторых пределах можно поддерживать разность тяги двигателей.

Передача сигналов нажатия клавиш осуществляется через беспроводной канал wi-fi по протоколу ssh, при котором от наземной базовой станции (ПК) нажатие клавиш клавиатуры передается на удаленный компьютер.

Передача видео потока осуществляется таким же способом ввиду того, что протокол ssh позволяет наблюдать экран удаленной машины.

Таким образом, получился лабораторный прототип мини-дирижабля, который в последствие сможет осуществлять более сложные задачи. С его помощью можно будет подробно составить карту небольшого участка местности, например полей и изучить более засушливые участки или участки пораженные насекомыми и птицами. Появится возможность мониторинга заповедников, без людского вмешательства и многое другое. Главное преимущество дирижабля, по сравнению с распространенными беспилотниками коптерами является длительность полета и дальность. Конструкция дирижабля позволяет удерживать его в воздухе с гораздо меньшей затратой ресурсов и гораздо большее время, нежели коптеры.

Литература:

1. Ионов, П. Дирижабли и их военное применение. — М.: Государственное военное издательство, 1933. — 120 с. — Тираж 10000.
2. Система управления мини-дирижаблем/Хабрахабр. [Электронный ресурс]. — URL: <http://habrahabr.ru/post/234609/> (дата обращения: 30.09.2015).
3. Шульгин, Н. Б.: Способ управления дирижаблем и реализующее устройство — обратимый дирижабль.

5. ЭНЕРГЕТИКА

Исследование нелинейной динамической цепи с тиристорными элементами в системе электроснабжения

Каримов Рахматилло Чориевич, магистр технических наук, старший преподаватель
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

В статье рассмотрены исследование переходные процессы в нелинейных динамических цепях, приведено решение дифференциальных уравнений состояния численным методом в системе электроснабжения.

Research nonlinear dynamic chains with thyristor elements in system of power supply

R.Ch. Karimov

In article transition processes in nonlinear dynamic chains are considered research, the solution of the differential equations of a state by a numerical method is provided in system of power supply.

Необходимость повышения производительности труда и усложнения технических процессов обуславливает широкое применение на промышленных предприятиях силовых полупроводниковых устройств, которые позволяют осуществлять безударный пуск электродвигателей, ограничивают токи короткого замыкания и используются для уменьшения перенапряжения в момент коммутации.

При этом находят широкое применение нелинейные динамические цепи с тиристорами.

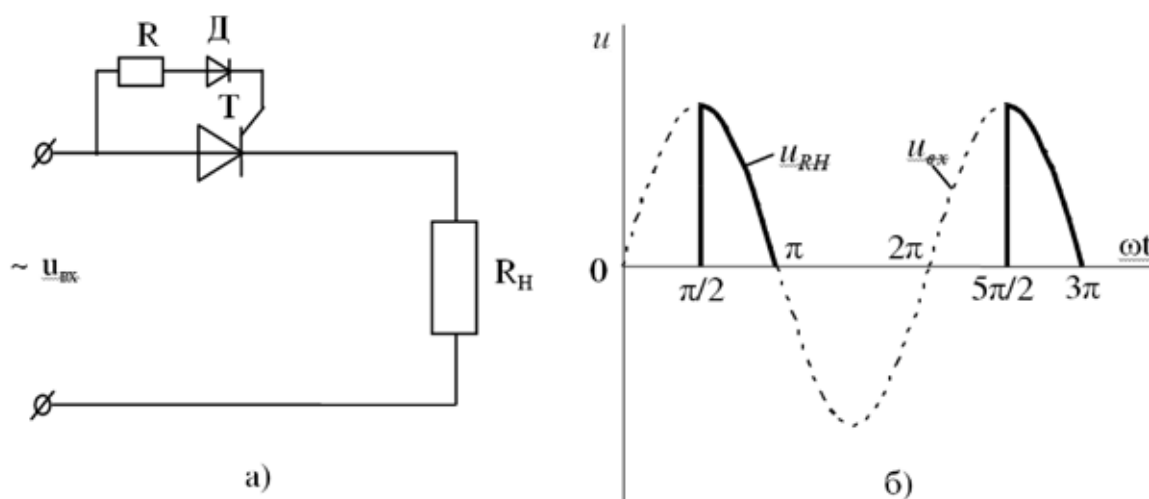


Рис. 1.

Рассмотрим цепь, когда тиристор последовательно подключается к сети через активное сопротивление, а в цепь управления подается ток из сети через активное сопротивление R и диод D (рис. 1., а). В данной цепи угол открытия тиристора зависит от амплитуды управляющего сигнала. Если медленно повышать величину входного напряжения, то при определенном значении входного напряжения U_I , тиристор открывается при угле $\alpha=90^\circ$ (рис. 1., б), дальнейшее увеличения

напряжения приводит к уменьшению угла почти до нуля, т. е. тиристор будет пропускать полную положительную полу-волну напряжения источника питания [1]. Величина напряжения при котором тиристор открывается скачком, зависит от величины параметров R и R_H .

Для уменьшения пульсации на нагрузке R_H подключим параллельно к нему емкость C (рис. 2., а).

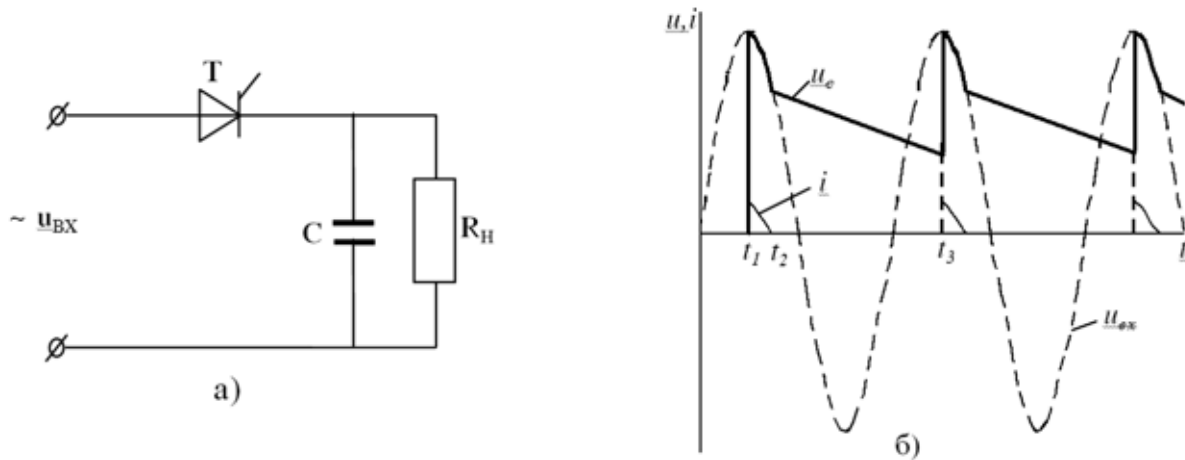


Рис. 2.

Проведем теоретический анализ неавтономной динамической цепи находящийся под воздействием внешнего синусоидального напряжения. Известны различные способы анализа таких цепей [2,3,4], нами для этой цели предлагается использовать численные решения уравнения состояния цепи. При этом необходимо определить на некотором отрезке приближенное решение уравнения:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y) \quad (1)$$

Допустим, что напряжение источника питания изменяется по синусоидальному закону и тиристор имеет идеальную характеристику.

Очевидно, что до момента $t=t_1$ тиристор будет закрыт, напряжение на емкости C будет равно нулю. В момент $t=t_1$ тиристор скачком открывается и к емкости C будет приложено напряжение:

$$u_1 = u = U_m \sin \omega t, \quad t_1 \leq t \leq t_2$$

где, t_2 — момент времени, когда ток протекающий через тиристор принимает нулевое значение.

Запишем выражение тока протекающего через тиристор:

$$i = i_{R_H} + i_C = \frac{U_m}{R_H} \sin \omega t + U_m \omega C \cos \omega t = U_m \sqrt{\omega^2 C^2 + 1/R_H^2} \sin(\omega t + \beta_i) \quad (2)$$

где, $\beta_i = -\arctg \omega C R_H$.

Ток обратится в нуль при $\omega t + \beta_i = 0$ т. е. при $t_2 = \pi - \arctg \omega C R_H$.

В момент t_2 напряжение на емкости C будет равно напряжению источника, т. е. $u_C = U_m \sin \omega t_2$, а тиристор T закрыт, поэтому происходит разряд конденсатора на сопротивление R_H . Для определения закона изменения напряжения на емкости необходимо решить следующее уравнение состояния цепи:

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{u_C}{RC} \quad (3)$$

Определим значение u_C для различных точек от t_1 до t_2 задаваясь шагом интегрирования h .

$$u_{C_n} = u_{C_{n-1}} + \left(-\frac{u_{C_{n-1}}}{RC}\right)h. \quad (4)$$

На рис.2.,б представлен график напряжения на емкости, полученный численным решением уравнений 3.

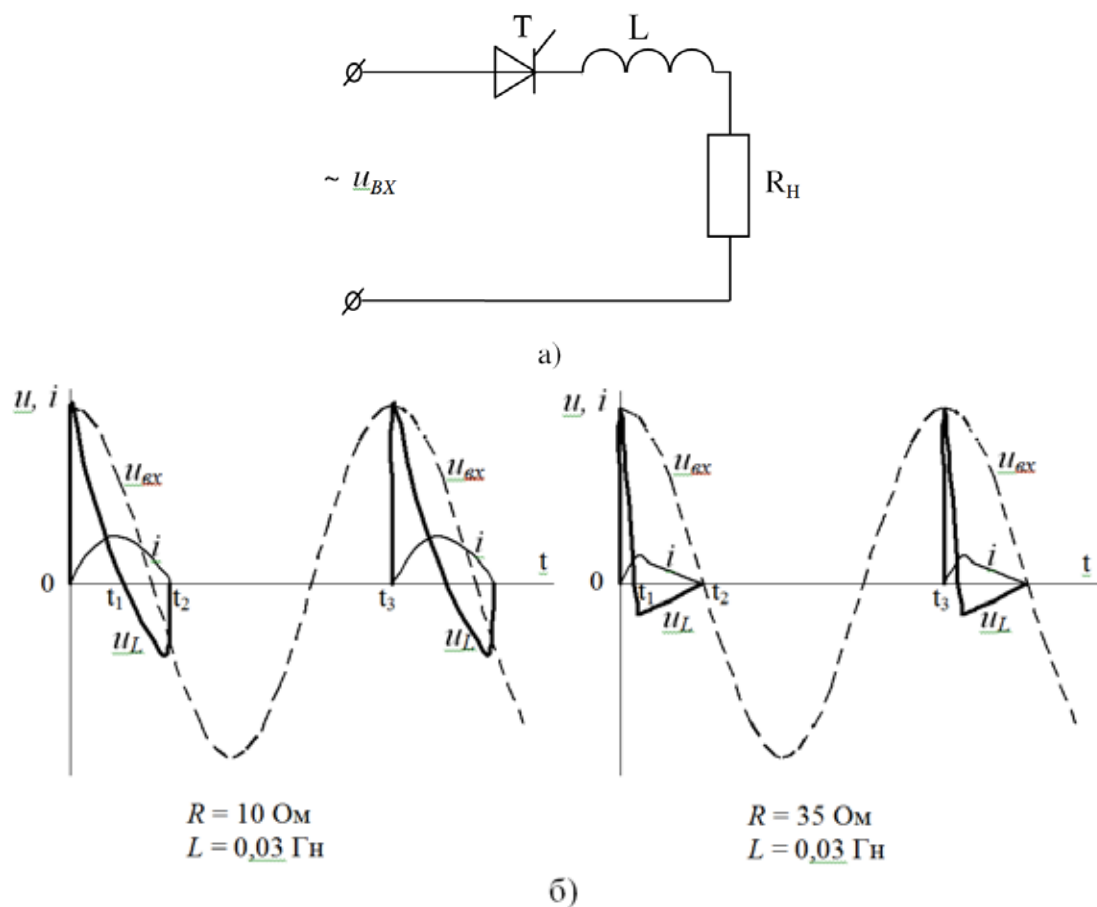


Рис. 3.

Рассмотрим цепь, состоящую из последовательно соединенных тиристора, индуктивной катушки и активного сопротивления (рис.3.,а). Уравнение данной цепи, имеет следующий вид:

$$u_{ex} = u_{тир} + L \frac{di}{dt} + Ri \quad (5)$$

Принимаем характеристику тиристора идеальной, тогда для открытого состояния тиристора уравнение 5 примет вид:

$$u_{ex} = L \frac{di}{dt} + Ri = U_m \sin(\omega t + \psi)$$

для $\psi = \pi/2$:

$$L \frac{di}{dt} + Ri = U_m \cos \omega t \quad (6)$$

Или

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_m \cos \omega t}{L} - \frac{R}{L} i \quad (7)$$

Отсюда

$$i_n = i_{n-1} + \left(\frac{U_m \cos \omega t_{n-1}}{L} - \frac{R}{L} i_{n-1} \right) h \quad (8)$$

На рис.3.б показаны кривые напряжения на зажимах элементов L и R и тока, построенных решением уравнения 7 численным методом с применением ЭВМ. Как видно из этого рисунка ток постепенно нарастает и происходит затягивание момента прекращения тока относительно момента перехода фазного напряжения через нулевое значение. Вид формы кривой тока зависит от соотношения параметров цепи L и R .

В заключении отметим, что анализ неавтономной динамической цепи, состоящей из тиристора, соединенного последовательно с параллельным контуром, включающим емкость и активное сопротивление, а также цепи состоящей из последовательно соединенных тиристора, индуктивности и активного сопротивления можно осуществить численным решением уравнений состояния цепи.

Предложенная методика позволяет производить качественный анализ установившихся режимов и переходных процессов цепей при различных вариациях параметров.

Литература:

1. Кублановский, Я. С., Тиристорные устройства., М.: Энергия., 1981 г.
2. Шопен, Л. В., Бесконтактные электрические аппараты автоматики., М.: Энергоатомиздат., 1986 г.
3. Г. И. Атабеков «Нелинейные электрические цепи», часть 2, М., «Энегия», 1979, 81–87 с.
4. П. Н. Матханов «Основы анализа электрических цепей», Высшая школа, М., 1977, 232–233 с.
5. Т. М. Кадыров, У. З. Узаков, Д. Н. Касимова «Анализ электрических цепей методом численного решения уравнений состояния», Вестник ТашГТУ, № 2, Ташкент, 2005, 56–60 с.
6. Усмонов, Э. Г., Абдураимов Э. Х., Каримов Р. Ч., Нелинейная динамическая цепь с тиристором, Журнал: «Проблемы информатики и энергетики», Ташкент, 2006 г, № 2–3, стр. 37–41.

Исследование нелинейной динамической цепи с диодными элементами в системе электроснабжения

Каримов Рахматилло Чориевич, магистр технических наук, старший преподаватель
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

В статье приведено решение дифференциальных уравнений состояния нелинейной динамической цепи численным методом и рассмотрен переходной процесс с помощью виртуальной компьютерной модели.

Research nonlinear dynamic chains with diode elements in system of power supply.

R.Ch. Karimov

The solution of the differential equations of a condition of a nonlinear dynamic chain by a numerical method is provided in article and process by means of virtual computer model is considered transitional.

Нелинейные динамические цепи, в связи с разработкой на их основе надежных высококачественных устройств, находят широкое применение в различных областях автоматики, радиоэлектроники, вычислительной техники и электроснабжения. При этом используются неавтономные нелинейные динамические цепи с диодом, активным сопротивлением и емкостью. При разработке систем управления для устройств автоматики могут быть применены различные схемные решения. Рассмотрим цепь, состоящую из резисторов, диода и емкости собранную по смещенной схеме (рис 1., а).

Настоящее время широко применяются различные методы анализа таких цепей. Нами для этой цепи предлагается использовать численные решения уравнений состояния цепи методом Эйлера. При этом необходимо определить на некотором отрезке приближенное решение уравнения:

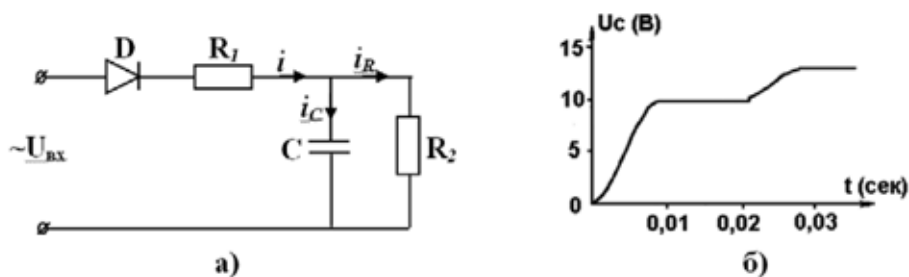


Рис. 1. Цепь последовательно соединенных диода Д, активного сопротивления R_1 , R_2 емкости C (а) и кривая изменения напряжения на емкости в зависимости от времени (б)

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$$

Принимаем характеристику диода идеальной и допускаем, что $U = U_m \sin \omega t$. Тогда для состояния диода имеет следующее уравнение:

$$U_m \sin \omega t = U_{R1} + u_C \quad (1)$$

Если

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}; i_{R1} = C \frac{du_C}{dt} + \frac{U_C}{R} \quad (2)$$

Из (1) имеем

$$U_m \sin \omega t = R_1 C \frac{du_C}{dt} + \frac{R_1}{R_2} u_C + U_{R1}$$

$$U_m \sin \omega t = R_1 C \frac{du_C}{dt} + \frac{R_1}{R_2} u_C + U_C$$

$$U_m \sin \omega t = U_C \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) + R_1 C \frac{du_C}{dt}$$

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{U_m}{R_1 C} \sin \omega t - \frac{R_1 + R_2}{R_2 R_1 C} U_C$$

где: u_C — напряжение на емкости.

Решение уравнения (2) по Эйлера выглядит следующим образом:

$$f(U_{C_K} \cdot t_K) = \frac{U_m}{R_1 C} \sin \omega t_K - \frac{R_1 + R_2}{R_2 R_1 C} U_{C_K}$$

$$U_{C_{(K+1)}} = U_{C_K} + f(U_{C_K} \cdot t_K) h \quad (3)$$

Здесь

$$i_K = \frac{U_{C_K}}{R_2} \quad (4)$$

где: $k=0, 1, 2, \dots$; h — шаг интегрирования.

До момента $t=t_1$ напряжение на емкости определяется по (3) с нулевым начальным условием. С момента $t'=t_1$ происходит размыкание диода и до момента t_2 напряжение на емкости остается на уровне напряжения для момента t_1 , с момента t_3 диод снова открывается и напряжение на емкости снова описывается зависимостью (3) с другим начальным условием.

На рис. 1, б показана кривая изменения напряжения на емкости, полученная решением уравнения (3) на ЭВМ. При этом приняты $U_m=100$ В, $R=300$ Ом, $C=200$ мкФ.

На рис. 2. а, показаны зависимости изменения напряжения на емкости от времени при различных значениях величины активного сопротивления R . Как видно из рисунка, изменение величины активного сопротивления R приводит к изменению времени заряда конденсатора.

Таким образом, изменением параметров цепи можно регулировать время, установившееся напряжение на емкости и его величиной.

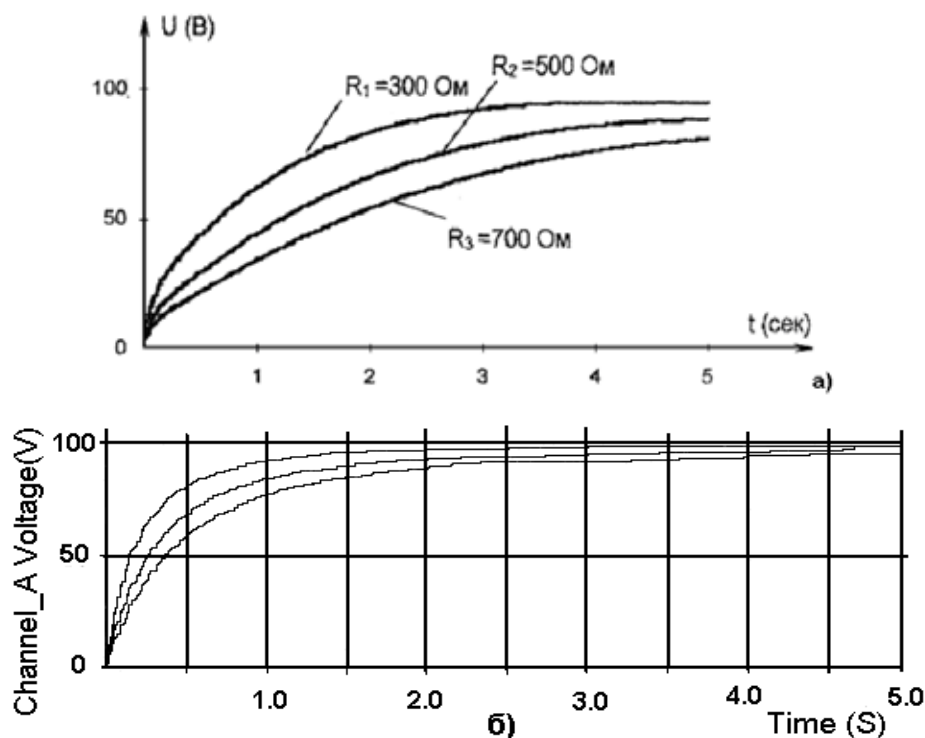


Рис. 2. Кривые изменения напряжения на емкости от времени при различных значениях величины сопротивления R (а) и виртуально-экспериментальные (б)

На рис. 2. б. показаны эти же кривые, полученные виртуально-экспериментальными исследованиями (на базе системы схемотехнического моделирования «MS-01»). Сравнение рис. 2. а и рис. 2. б показывает их незначительное различие, которое объясняется принятыми допущениями при теоретическом анализе.

Литература:

1. Кублановский, Я. С., Тиристорные устройства., М.: Энергия., 1981 г.
2. Кадыров, Т. М., Узakov У. З., Касымова Д. Н., «Анализ электрических цепей методом численного решения уравнений состояния», Журнал: Вестник ТашГТУ, № 2, Ташкент, 2005 г., 56–60 с.
3. Кадыров, Т. М., Усманов Э. Г., Абдураимов Э. Х., «Анализ нелинейной динамической цепи с диодным элементом», Журнал: Вестник ТашГТУ, Ташкент, 2006 г., № 3. С 50–53.
4. Усманов, Э. Г., Абдураимов Э. Х., Каримов Р. Ч., «Нелинейная динамическая цепь с тиристором», Журнал: «Проблемы информатики и энергетики», Ташкент, 2006 г, № 2–3, стр. 37–41.

Энергосберегающие технологии будущего

Картамышева Елена Сергеевна, студент;
Кустарникова Ксения Андреевна, студент;
Солуянов Владислав Александрович, студент;
Гукайло Сергей, студент
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В статье исследованы современные проблемы в сфере энергосбережения. Проанализированы основные направления энергосбережения, которые осуществляются путём внедрения новых технологий и оборудования, позволяющих сокращать потери энергоресурсов. Акцентируется внимание на том, что в последние годы в отечественной энергетике накопилось немало сложных проблем, требующих эффективного и быстрого решения. Среди них первоочерёдными являются проблемы надёжного и качественного энергообеспечения, повышение энергетической безопасности, разработки и внедрения энергосберегающих технологий, поиск новых источников энергии, развития возобновляемой энергетики, совершенствование структуры энергетики, интеграция энергетики страны с Европейской энергетической системой, повышение безопасности эксплуатации энергетических объектов.

Ключевые слова: энергосбережение, технологии, топливо, экология, энергетика, энергия.

Развитие экономики Российской Федерации в значительной степени зависит от решения задачи обеспечения энергоносителями. В условиях сокращения мировых запасов углеводородов и роста на них цен, решение энергетических проблем только приобретает всё более актуальный характер.

Энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетными направлениями энергетической политики большинства стран мира. Прежде всего это обусловлено исчерпанием невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов, отсутствием реальных альтернатив их замены, наличием рисков и значительных затрат при их производстве и транспортировке. В последнее время эти факторы приобретают всё большее значение в связи с общей нестабильностью в регионах добычи ТЭР, напряжением на топливно-ресурсных рынках и неблагоприятными прогнозами по дальнейшему росту цен на энергоресурсы. Развитые страны мира, которые уже достигли значительных успехов в решении проблем энергоэффективности, продолжают поиск новых источников энергообеспечения и разработку мероприятий по энергосбережению, что является позитивным примером для Российской Федерации.

Сегодня мир пытается решать проблему энергоносителей на основе новых подходов, в основе которых являются: во-первых, улучшение технологического процесса с точки зрения энергоёмкости производства; во-вторых, развитие энергосбережения; в-третьих, расширение производства энергии за счёт восстанавливающих источников. В экономически развитых странах доля энергии, производимой на восстанавливающих источниках, растёт.

Эффективное использование энергии — один из интегральных показателей развития экономики, науки и социокультурного развития нации. По этому показателю Россия находится в числе государств, где стагнация суще-

ствующего положения может спровоцировать серьёзный экономический кризис со следующими масштабными социальными потрясениями.

Министр энергетики России Александр Новак на открытии Третьего международного форума по энергоэффективности и энергосбережению ENES-2014 отметил, что «В последние пять лет теме энергосбережения уделяется довольно большое внимание, и эффект уже заметен: создана законодательная база, вышли соответствующие федеральный закон и государственная программа, изданы необходимые нормативно-правовые документы, действуют программы по энергоэффективности в каждом субъекте России» [5].

Значительные энергозатраты имеют место в промышленном производстве, особенно таких его отраслях как металлургия, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. Доля энергии в стоимости продукта здесь составляет 30–50%. На отдельных предприятиях этот показатель достигает 60%. Несмотря на то, что правительством Российской Федерации были предприняты масштабные директивные меры в области энергоэффективности, на единицу ВВП в нашей стране затрачивается в два раза больше энергии по сравнению со странами-членами МЭА [6].

А это значит, что изготовленный в Российской Федерации товар будет иметь себестоимость значительно выше по сравнению с аналогичным зарубежным образцом.

Высокая энергозатратность деятельности предприятий придаёт особую актуальность проблеме энергосбережения во всех отраслях, что требует снижения энергоёмкости технологических процессов и перехода на энергосберегающие технологии.

Чтобы решить такую задачу, необходимо сосредоточиться на изучении технологий, которые позволяют проводить анализ важнейших сторон проблемы и определить пути, средства и методы её решения.

Интерес к исследованиям, посвящённым проблемам разработки и внедрения энергосберегающих технологий, в последние годы стремительно возрастает в ведущих мировых научных центрах. Множество исследований было проведено в исследовательских центрах стран ЕС, США, Японии и т.д.

Развитые страны мира, прежде всего, страны ЕС, которые уже достигли значительных успехов в решении проблем энергоэффективности, продолжают поиск новых источников энергообеспечения и разработку мероприятий по энергосбережению. Учитывая ситуацию, которая сегодня складывается, решение этих проблем будет происходить в условиях общей нестабильности в мире (в том числе и на топливно-ресурсных рынках), неблагоприятных прогнозов относительно дальнейшего роста цен на энергоресурсы и незначительных иностранных инвестиций в отечественный рынок.

Целью данной работы является изучение перспектив использования и особенностей внедрения энергосберегающих технологий в современных условиях углубления проблем мировой экономики.

Итак, мы выяснили, что интерес к информации об энергосберегающих технологиях и мероприятиях нарастает. Это неудивительно, ведь от их внедрения и применения зависит более эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и существенное снижение денежных затрат. Основные направления в энергосберегающих технологиях можно разделить на несколько категорий: экономия тепловой энергии при производстве, в транспорте и потреблении; экономия электрической энергии; экономия воды при водозаборе, транспортировке и потреблении; экономия топлива в производстве электрической и тепловой энергии; учёт воды, газа, тепла и электричества; энергоаудит, составление энергетических паспортов, энергетические обследования, создание энергетических паспортов; возобновляемые источники тепловой и электрической энергии.

Растущие цены на энергоносители стимулируют экономно их использовать: бестопливные установки для производства электроэнергии, аккумулятирование тепловой энергии, остекление лоджий и балконов, замена ламп накаливания на люминесцентные и энергосберегающие лампы, создание и внедрение инфракрасных датчиков движения и присутствия, использование частотно-регулируемых приводов и многие другие направления. Вектор нашего настоящего и будущего в развитии и жизнедеятельности человека лежит через энергосберегающие технологии.

Опыт развитых стран мира свидетельствует о сокращении потребления традиционных и о переходе на альтернативные ресурсы энергии.

Высокая цена на традиционные энергоносители заставляет экономнее их тратить, а в будущем и вовсе от них отказаться. Таким образом, например, сооружение будет представлять собой энергонезависимый объект. Для достижения этих целей следует максимально использовать

энергию альтернативных источников энергии. Тем более, что по базовому сценарию, который был предоставлен Международным энергетическим агентством (МЭА), мировой спрос на энергию к 2030 году возрастёт примерно в два раза [12]. Из этого следует, что необходимо использовать весь накопленный опыт в энергосберегающих технологиях уже сейчас, и продолжать осваивать новые энергоэффективные технологии.

Согласно Государственной программе Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», утверждённой Правительством Российской Федерации в 2014-м году, на период до 2020 года предусматривается сформировать эффективную систему, стимулирующую и поддерживающую повышение энергетической эффективности, обеспечивающую снижение энергоёмкости валового внутреннего продукта Российской Федерации на 13,5% [1]. Должны быть приняты меры, направленные на сокращение энергозатрат в производстве энергоёмкой продукции, необходимо внедрить экономический механизм заинтересованности в экономии топливно-энергетических ресурсов, новых энергосберегающих малозатратных технологий, ввести на энергоёмких предприятиях автоматизированную систему учёта и управления расхода энергоносителей.

Одно из приоритетных направлений развития отечественной и мировой энергетики — использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, которыми являются метан угольных месторождений, ветроэнергетика и энергия солнца. Активизация разработки этих источников энергии позволит не только поднять энергетику страны на высокий уровень, значительно снизить цену на потребление электроэнергии, но и поставить экономику в один ряд с более развитыми странами. Поэтому стратегической задачей энергетики является внедрение энергосберегающих технологий, в частности выработки альтернативных источников энергии. К альтернативным энергоносителям относятся торф, горючие сланцы, природные битумы, газы угленосных отложений, водорастворимые газы, нефть и газ в породах с низкой проницаемостью, гидраты углеводородных газов, геотермальная энергия, энергия солнца, ветра, океана, биоэнергия, энергия малых рек, водородная энергия, энергия силикатов, топливных элементов и вторичные энергоресурсы. В мире всё чаще автомобили, автобусы, поезда, самолёты и даже подводные лодки заменяют традиционное топливо на водород. Весной этого года было объявлено о завершении создания первого в мире «водородного» трамвая в Китае. Китайская локомотивостроительная компания CSR Sifang завершила работы по созданию первого в мире трамвая, использующего топливные элементы, и трамвай сдан в эксплуатацию. В данное время только Китай располагает подобными технологическими решениями — впервые топливные элементы применены в рельсовом транспорте [3].

Согласно государственной энергетической концепции Германии, 35% электроэнергии в ФРГ до 2020 года

должно будет производиться из возобновляемых источников, а до 2050 года доля энергии из солнца и ветра должна вырасти до 80 %. [8].

Объём использования возобновляемых источников энергии постоянно растёт, значительные средства тратятся на разработку новых технологий и технических средств их применения. Этому способствует экологическая чистота использования геотермальных, солнечных, ветровых, приливных и других электростанций по сравнению с тепловыми.

Так, сельское хозяйство для производства продуктов питания может обходиться дизельным топливом или биотопливом, которое можно производить из сахарной свёклы, соломы, еловой ветки, рапса, водорослей [9, с. 25; 3]. Большинство стран мира приняли биоэнергетические программы. Особенно стремительное развитие биоэнергетики наблюдается в странах-членах ЕС. Развитие этой инновационной отрасли обусловлено, в том числе, и благодаря формированию технологических платформ (ТП). такой же механизм развития инноваций в настоящее время начинает использоваться и в России, где среди утверждённого перечня 29 технологических платформ является ТП «Биоэнергетика» [11]. Возможно использование технически доступных, но еще незадействованных гидроресурсов рек.

В развитых странах осуществляются крупные инвестиции в новые научные разработки, главная цель которых — удешевление солнечной энергии, идёт формирование новых рынков потребления. Достаточно вспомнить программу «Миллион солнечных крыш» в США, «100000 солнечных крыш» в Германии и Италии и другие. Правительства США, Японии и Западной Европы стимулируют потребление солнечной энергии населением, в первую очередь, потому что эта энергия экологически чистая и позволяет экономить ограниченные ресурсы органического топлива.

Последние исследования в области энергосберегающих технологий демонстрируют целесообразность использования солнечных систем питания на транспорте. Первым серийным автомобилем, который использует солнечную энергию, является гибридный автомобиль Toyota Prius корпорации Toyota Motor Corporation (Япония).

В Германии принят закон, согласно которому каждый гражданин имеет право получить беспроцентный кредит в банке для покупки солнечных батарей мощностью от 3 до 5 кВт. Правительство поощряет владельцев солнечных батарей, которые в дневное время включаются через инверторы в городскую сеть и подпитывают её, получая плату за 1 кВт/ч 0,5 евро. А ночью город отдаёт своим гражданам необходимое им количество электроэнергии по цене 0,1 евро за кВт/ч.

В Российской Федерации до конца 2015 года должно быть введено в эксплуатацию около 175 МВт. Система поддержки ВИЭ (возобновляемые источники энергии) на оптовом рынке действует с 2013 года. В соответствии с постановлением Правительства РФ N 449 от 28.05.2013

«О механизме стимулирования использования ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности» [2], раз в год ОАО «АТС» отбирает проекты строительства ветровых электростанций, солнечных электростанций и малых ГЭС, с которыми будут заключены договоры на поставку мощности, гарантирующие возврат инвестиций за счёт повышенных платежей потребителей [10].

Необходимость изменения акцента энергетической политики в пользу рационализации энергопотребления очевидна. Этот путь позволит одновременно решить ещё целый ряд проблемных вопросов: повысить конкурентоспособность отечественных товаров за счёт уменьшения энергетической составляющей себестоимости; провести обновление значительной части основных фондов на основе внедрения новых эффективных технологий как в энергетике, так и в экономике в целом; уменьшить вредные выбросы в окружающую среду (что очень важно при нынешней экологической ситуации в стране). Всё это приблизит нашу страну к европейским стандартам энергобезопасности, составляющие которой — энергоэффективность и экологическая приемлемость — являются приоритетными в странах ЕС.

В целом комплексное развитие всех направлений ресурсосбережения позволит сформировать новую идеологию хозяйствования, базирующуюся на экономном использовании имеющейся ресурсной базы, оптимальном соотношении первичных и вторичных ресурсов и малоотходном производственном цикле.

Определение приоритетности построения энергосберегающей структуры ТЭБ потребует сосредоточения усилий государства и направления инвестиций на развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и реализацию потенциала энергосбережения, что приблизит показатель энергоёмкости ВВП к мировому уровню.

Анализируя состояние эффективности энергопотребления в Российской Федерации по сравнению с другими странами и регионами мира, можно сформулировать одно из основных требований обеспечения энергетической безопасности — необходимость достижения высокого уровня энергоэффективности производства, а именно: достижение общемирового уровня энергоёмкости ВВП.

Таким образом, необходимость устойчивого энергоснабжения населения и экономики страны, снижение техногенной нагрузки на окружающую среду, снижение социальной напряжённости в сфере энергетики, общее повышение уровня энергетической безопасности Российской Федерации потребует решения проблем, связанных с целым рядом энергетической эффективности экономики страны, значительными затратами общества на своё энергообеспечение. Различные факторы влияния уровня энергетической эффективности на энергетическую безопасность, хотя и в разной степени, но однозначно показывают положительную роль повышения уровня энергетической эффективности в обеспечении энергетической безопасности страны.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики». — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/upload/iblock/b6b/b6b29df2dcbb578dc1073b4fb18f9412.pdf>
2. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 (ред. от 17.02.2014) «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (вместе с «Правилами определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии»). — [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/
3. Биотопливо на основе водорослей. Нам поможет новый микроб // Джулия Беларделли | La Repubblica. — InoPressa. — 31.01.2012. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inopressa.ru/article/31Jan2012/repubblica/bio.html>
4. В Китае создан первый в мире «водородный» трамвай. — 23.03.2015. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/247574/>
5. В России недостаточно энергоэффективных и энергосберегающих технологий // Ведомости. — № 3679 от 20.11.2014. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/business/news/2014/11/20/novak-v-rossii-nedostatochno-energoeffektivnyh-i>
6. Детальный обзор энергетической политики Россия-2014 // Официальный сайт Международного энергетического агентства. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iea.org/russian/relationswithrussia/>
7. До конца 2015 года в РФ должно быть введено в эксплуатацию около 175 МВт // Ассоциация солнечной энергетики России/ — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pvruussia.ru/>
8. Российский уголь греет немцев // Интернет-издание «Газета. ru» от 14.02.2015. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gazeta.ru/business/2015/02/13/6411501.shtml>
9. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии./Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — М.: Кнорус, 2010. — 228 с.
10. Солнечная энергетика России: перспективы и проблемы развития // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gisee.ru/articles/solar-energy/24510/>
11. Технологическая платформа «Биоэнергетика». Официальный сайт. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tp-bioenergy.ru/>
12. World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change — Executive Summary — Russian version. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo-2015-special-report-energy-climate-change-executive-summary-russian-version.html>

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Исследование температурно-тепловых режимов нагрева металла в печи отжига предприятия «ПромметизРусь»

Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Орловский государственный аграрный университет

Филиппов Илья Вадимович, студент
Российский государственный университет нефти и газа (г. Москва)

В связи с неуклонно возрастающими запросами к качеству со стороны потребителей предприятием «ПромметизРусь», находящимся в г. Орле, постоянно проводится большая работа по освоению новых наукоемких видов конкурентоспособной продукции, модернизации и реконструкции производства, совершенствованию технологических процессов.

В связи с этим была проведена исследовательская работа, в частности в области отжига низкоуглеродистой проволоки в протяжной печи.

В работе обобщаются результаты исследований.

Описание объекта исследования

Печь отжига предназначена для восстановления проволоки диаметром 2,40–3,15 мм после грубого волочения путем рекристаллизации и снятия внутренних напряжений быстрым кратковременным нагревом в нагревательной печи и дальнейшим смягчением проволоки путем охлаждения в промывочной ванне. Технические характеристики нагревательной печи отжига приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики нагревательной печи отжига

Характеристика	Значение
Длина печи, м	26
Предварительный нагрев, м	6
Длина зоны нагрева, М	15,5
Внутренняя ширина, м	1
Количество зон, шт.	5
Количество горелок, шт.	35
Число зон регулирования	4
Максимальная температура, °С	1100
Установленная мощность, ккал (кДж)	772000 (3235000)
Топливо	Природный газ
Температура проволоки на входе, °С	20
Температура проволоки на выходе, «С	810±20
Обрабатываемый материал	Проволока из низкоуглеродистой стали
Диаметр проволоки, мм	2,4–3,15
Количество параллельных нитей проволоки, шт.	24
Расстояние между двумя нитями, мм	32
Предусмотренная постоянная скорость, м/мин	72
Максимальная скорость, м/мин	30
Минимальная скорость, м/мин	22,85
Максимальная производительность, кг/ч	1960
Минимальная производительность, кг/ч	1400

Математическая модель процессов нагрева и окалинообразования

В силу незначительной термической массивности проволоки ($Bi < 0,1$; $Sk < 0,15$) [2] температурным перепадом по сечению проволоки можно пренебречь и, следовательно, процесс нагрева металла при лучисто-конвективном теплообмене может быть описан дифференциальным уравнением с сосредоточенными параметрами, представляющим собой уравнение элементарного теплового баланса [1]

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Fq}{Mc} \quad (1)$$

с начальным условием

$$T(0) = T_o, \quad (2)$$

где $T(t)$ — температура печи в момент времени t , F — площадь тепловоспринимающей поверхности; M — масса нагреваемого тела; q — удельный тепловой поток; c — теплоемкость металла; T_o — начальная температура проволоки.

Поскольку $F = 2\pi Rl$, $M = 2\pi R^2lp$, $q = \alpha(T_{пч} - T) + \sigma(T_{пч}^4 - T^4)$ где R , l — соответственно радиус и длина проволоки; p — плотность металла; α , σ — соответственно коэффициенты теплообмена конвекцией и излучением; $T_{пч}$ — температура печи, уравнение (1) можно записать в виде

$$\frac{dT}{dt} = \frac{2}{R\rho c} [\alpha(T_{пч} - T) + \sigma(T_{пч}^4 - T^4)] \quad (3)$$

Процесс роста толщины слоя окалины с достаточной степенью точности можно описать законом Эванса [3]

$$\frac{dT}{dt} = \frac{x}{T(t)} \exp\left(\frac{-\beta}{T(t)}\right), \quad w(0) = 0. \quad (4)$$

Здесь w — величина окалины; x — константа, характеризующая динамику роста окалины; β — отношение энергии активации к газовой постоянной.

Решить систему (3), (2), (4) в общем виде с учетом зависимости теплофизических величин от температуры нагреваемого металла возможно лишь численными методами.

Выполняя замену производной конечно-разностным отношением

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T(t+\Delta t) - T(1)}{\Delta t} \quad (5)$$

имеем следующую расчетную схему:

$$T(t+\Delta t) = T(1) + \frac{2\Delta t}{R\rho c} [\alpha(T_{пч}(t) - T(1)) + \sigma(T_{пч}^4(1) - T^4(t))]$$

Температура металла в начальный момент времени задается выражением (2).

Переменный характер теплофизических коэффициентов (теплоемкости c , плотности ρ) металла может учитываться в соответствии с результатами работ [3,4]. Зависимость теплофизических коэффициентов от температуры определяется эмпирическими формулами Маковского [4]. В работе [5] автором предлагается методика для расчета теплофизических коэффициентов материала исходя из химического состава стали. Данный метод предполагается использовать только на ЭВМ. Функциональная зависимость между теплофизическими коэффициентами, содержанием легирующих элементов и температурой описывается полиномом с двумя переменными. Путем рационального подбора коэффициентов (множителей) значения аппроксимирующего полинома идентифицируются к результатам замеров.

Для уравнения (4) расчетная схема соответственно принимает вид

$$w(t+\Delta t) = w(t) + \frac{x}{T(t)} \exp\left(\frac{-\beta}{T(t)}\right) \Delta t, \quad w(0) = 0.$$

Параметрическая настройка математической модели

С целью оценки точности математической модели был проведен анализ полученных численных и известных аналитических решений [6, 7] температурной задачи (1), (2). На рис. 1 показаны сравнительные результаты частных случа-

ев приближенного и точных решений. Как видно из рисунка, среднее отклонение приближенного решения от точного составляет около 5 %, что можно считать вполне удовлетворительным.

Для проверки адекватности приведенной методики реальным условиям и уточнения параметров внешнего теплообмена вначале была выполнена идентификация математической модели на основе данных, полученных в лабораторных условиях. Результаты сравнения расчетной средней температуры проволоки и экспериментальных данных приведены в [7]. Анализ результатов показал удовлетворительную сходимость расчетной и экспериментальной температур.

Проведенный затем расчет изменения средней температуры для трех характерных размеров проволоки диаметром 3,15, 2,8 и 2,4 мм при нагреве в печи по существующему температурному режиму [6] показал соответствие результатов расчетов требованиям технологической инструкции: время нагрева составляет 45–65 с (в зависимости от диаметра проволоки), а средняя температура проволоки к концу нагрева – 810–830°C.

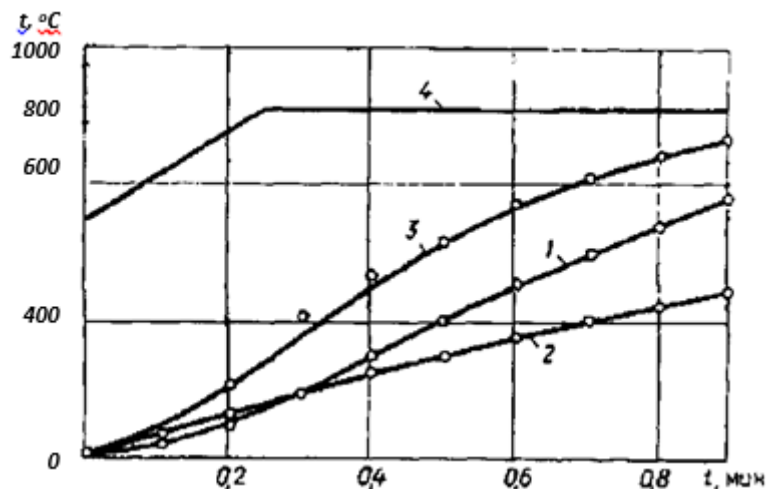


Рис. 1. Сравнение аналитических и численных решений задачи нагрева проволоки в печи отжига: 1 – нагрев излучением; 2 – конвективный нагрев; 3 – радиационно-конвективный нагрев; 4 – температура печи

Таким образом, полученное численное решение может быть использовано для анализа при разработке новых технологических режимов нагрева проволоки в печи отжига Промметиз Русь.

Настройка математической модели процесса окалинообразования проводилась по данным промышленного эксперимента.

Определение требуемой температуры печного отжига по заданному температурному режиму нагрева проволоки

Предложенную математическую модель можно использовать для определения температурного режима работы нагревательной печи отжига, соответствующую требуемой динамике температуры металла.

Однако из нелинейного уравнения (3) найти аналитически величину температуры печи в некоторый произвольный момент времени не представляется возможным. Поэтому приходится решать поставленную задачу численным методом. Обозначим

$$F(T_{\text{пч}}) = \frac{2}{R\rho c} [\alpha(T_{\text{пч}} - T) + \sigma(T_{\text{пч}}^4 - T^4)] - \frac{dT}{dt} = 0. \quad (6)$$

Тогда

$$F'(T_{\text{пч}}) = \frac{2}{R\rho c} [\alpha + 4\sigma T_{\text{пч}}^3]$$

Для определения корня трансцендентного уравнения (6) использовали метод Ньютона (касательных), обладающий высокой скоростью сходимости; как правило, абсолютная точность решения достигается уже через 5–6 итераций. В соответствии с алгоритмом Ньютона процесс определения температуры печи отжига записывается итерационной формулой

$$T_{nc}^{(i+1)} = T_{nc}^{(i)} - F(T_{nc}^{(i)}) / F'(T_{nc}^{(i)})$$

В качестве начального приближения $T_{nc}^{(i)}$ можно брать температуру металла в заданный момент времени. Учитывая (5), окончательно имеем

$$T_{nc}^{(i+1)} = T_{nc}^{(i)}(t) - \frac{\frac{2}{R\rho c} [\alpha(T_{nc}^{(i)}(t) - T(t)) + \sigma((T_{nc}^{(i)}(t))^4 - T(t)^4)] - \frac{T(t + \Delta t) - T(t)}{\Delta t}}{\frac{2}{R\rho c} [\alpha + 4\sigma T_{nc}^3]},$$

$$T_{nc}^{(0)}(t) = T(t)$$

Процесс вычисления заканчивается, когда достигается выполнение условия

$$\left| T_{nc}^{(i+1)}(t) - T_{nc}^{(i)}(t) \right| \leq \varepsilon,$$

где ε — требуемая точность расчетов.

Тепловой баланс печи отжига

Тепловой баланс печи патентирования складывается из следующих статей: прихода и расхода теплоты.

Приход теплоты.

1. Химическое тепло топлива $Q_{х.т.}$:

$$Q_{х.т.} = Q_p^p B_r^n,$$

где Q_p^p — теплотворность топлива; B_r^n — среднечасовой расход топлива на печь.

2. Тепло экзотермических реакций $Q_{экз.}$:

$$Q_{экз.} = G_{\text{ч}} \delta \cdot 0,01 \cdot 1350,$$

$$G_{\text{ч}} = 60\rho(w_1 V_1 n_1 + w_2 V_2 n_2),$$

где $G_{\text{ч}}$ — среднечасовая производительность печи; δ — угар металла при нагреве; ρ — плотность материала проволоки; w_1, w_2 — соответственно скорость проволоки 1 и 2 линий; V_1, V_2 — соответственно объем 1 пог. м проволоки 1 и 2 линий; n_1, n_2 — соответственно количество нитей проволоки на 1 и 2 линиях.

Расход теплоты.

1. Тепло, идущее на нагрев проволоки Q_1 .

$$Q_1 = G_{\text{ч}} c_p (T_{\text{к}} - T_{\text{о}}),$$

где c_p — средняя теплоемкость металла; $T_{\text{о}}, T_{\text{к}}$ — соответственно температура металла на входе в печь и выходе из печи.

2. Потери тепла с уходящими газами за котлом-утилизатором Q_2 .

$$Q_2 = \frac{T_{\text{у.г}} - l T_{\text{в}}}{T_{\text{max}}} (c + (h^{\text{за котл}} - 1) B K) Q_p^p B_r^n,$$

где $T_{\text{у.г}}$ — температура уходящих газов; $T_{\text{в}}$ — температура воздуха, идущего на горение топлива; $h^{\text{за котл}}$ — коэффициент разбавления сухих продуктов горения; l, c, B, K — некоторые коэффициенты.

3. Тепло, идущее на выработку пара в котле-утилизаторе $Q_{\text{пар.}}$:

$$Q_{\text{пар.}} = Q_2^{\text{до котл}} - Q_2,$$

где $Q_2^{\text{до котл}}$ — потери тепла с уходящими газами после печи (до котла-утилизатора).

4. Потери тепла через ограждающие поверхности печи и котла-утилизатора Q_s .

5. Неучтенные потери тепла $Q_{\text{ип.}}$:

$$Q_{\text{ип.}} = 0,1(Q_2 + Q_{\text{пар.}} + Q_s).$$

Тепловой баланс нагревательной печи отжига, а также технико-экономические показатели ее работы приведены в табл. 2 и 3. Исходные данные: диаметр проволоки — 3,15 мм, скорость — 23,78 м/мин, производительность —

1908 кг/ч. На рис. 2, 3 представлен удельный вес каждой статьи прихода/расхода теплоты в общем тепловом балансе работы нагревательной печи.

Таблица 2. Тепловой баланс нагревательной печи отжига

Статья прихода	МДж/ч
1. Химическое тепло топлива	3143,97
2. Тепло экзотермических реакций	35,59
Итого	3179,56
Статья расхода	МДж/ч
1. Тепло, идущее на нагрев проволоки	1201,45
2. Потери тепла с уходящими газами за котлом-утилизатором	418,62
3. Тепло, идущее на выработку пара в котле-утилизаторе	710,87
4. Потери тепла через ограждающие поверхности печи и котла-утилизатора	688,79
5. Неучтенные потери тепла	179,83
Итого	3179,56

Таблица 3. Техничко-экономические показатели работы нагревательной печи отжига

Показатель	Значение
1. Среднечасовой, расход топлива на печь V_{Γ}^{Π} , м ³ /ч	92,2
2. Удельный расход условного топлива на нагрев 1 т проволоки буд, кг у. т/г	56,22
3. Удельный расход тепла на нагрев 1 кг проволоки $q_{уд}$, МДж/кг	1,67
4. КПД нагревательной печи η , %	37,7
5. Коэффициент использования топлива η_{Γ} , %	86,83

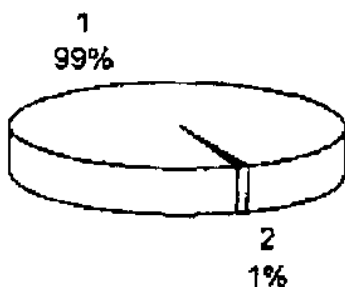


Рис. 2. Удельный вес статей прихода теплоты в общем тепловом балансе:

1 – теплота сжигания топлива; 2 – теплота экзотермических реакция

Нормирование расхода топлива в печи отжига

Определить величину расхода топлива при нагреве проволоки, необходимую для поддержания требуемой температуры печи отжига, можно из следующих соображений.

Будем считать, что суммарный приход теплоты в нагревательную печь за некоторый достаточно малый период времени Δt складывается из теплоты Q_{Γ} , выделившейся от сжигания топлива за этот период времени, и теплоты экзотермических реакций $Q_{\text{экз}}$:

$$Q_{\Gamma} = Q_{\Gamma}^{\Pi} B(t) \Delta t, \quad (7)$$

$$Q_{\text{экз}} = \frac{G \delta}{100} 5652,18 \Delta t, \quad (8)$$

где $B(t)$ — мгновенный расход топлива в момент времени t ; G — мгновенная производительность печи.

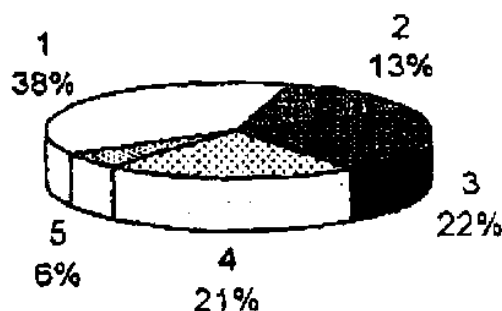


Рис. 3. Удельный вес статей расхода теплоты в общем тепловом балансе: 1 – тепло, идущее на нагрев проволоки; 2 – потери тепла с уходящими газами за котлом-утилизатором; 3 – тепло, идущее на выработку пара в котле-утилизаторе; 4 – потери тепла через ограждающие поверхности печи и котла-утилизатора; 5 – неучтенные потери тепла

С учетом КПД печи отжига тепловой поток q , усвоенный поверхностью F нагреваемой проволоки, равен;

$$qF = \eta (Q_T + Q_{экз}). \quad (9)$$

Средняя же температура металла за этот же период времени изменилась на ΔT .

Подставляя (7), (8) в (9) и переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, после некоторых преобразований получаем

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\eta}{Mc} \left(Q_H^p B(t) + \frac{G\delta}{100} 5652,18 \right). \quad (10)$$

Следует отметить, что уравнение (10) может использоваться как для определения мгновенного расхода топлива по известной динамике изменения температуры металла, рассчитанной на основе математической модели (1), (2) по заданному температурному режиму работы печи, так и для вычисления температуры проволоки по заданному мгновенному расходу топлива.

Суммарный расход топлива за весь период нагрева t_k определяется по выражению

$$B_{\Sigma} = \int_0^{t_k} B(t) dt.$$

На рис. 4 показаны динамика температуры нагреваемой проволоки и соответствующие изменения мгновенного расхода топлива и технологический режим работы печи отжига на предприятии Промметиз Русь, рассчитанные на основе уравнений (3), (10) согласно описанным методикам, при следующих исходных данных.

Сталь – 10 К; $\alpha = 52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $\sigma = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}^4)$; $T_0 = 20 ^\circ\text{C}$; $R = 1,575 \text{ мм}$; $l = 21,4 \text{ м}$; $\rho = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$$Q_H^p = 34,1 \text{ МДж}/\text{м}^3; w = 23,78 \text{ м}/\text{мин}; n = 22, \delta = 0,33 \%; t_k = 54 \text{ с}, \eta = 37,7 \%.$$

Часовой расход топлива печи отжига составил $90,4 \text{ м}^3/\text{ч}$.

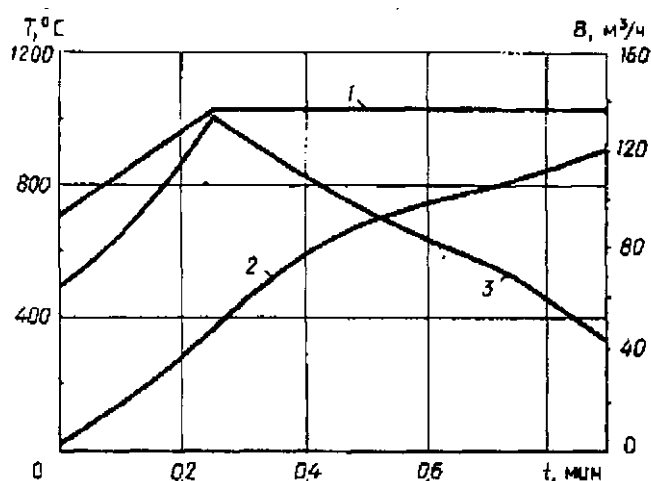


Рис. 4. Динамика температур печи (1) и металла (2) и соответствующий мгновенный расход топлива (3)

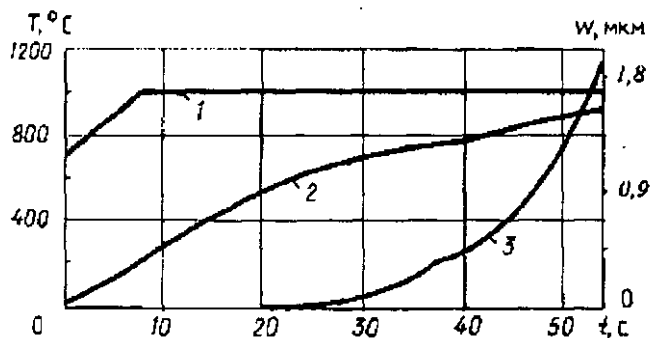


Рис. 5. Оптимальный (теоретический) режим работы печи для проволоки стали 10 диаметром 3,15 мм:
1 — температура печи; 2 — температура металла; 3 — динамика толщины окалины

Предложенная в данной работе методика определения топливотребления может использоваться для анализа влияния технологических параметров нагрева проволоки в печи отжига на величину расхода природного газа с целью ее дальнейшей минимизации.

Минимизация окалинообразования

Проблема окисления металла при нагреве проволоки в печи отжига является одним из актуальных вопросов. Уменьшение величины окисления проволоки позволяет увеличить выход годного металла, снизить непроизводительные потери теплоты и расходы за межремонтный период эксплуатации печи.

Существуют два принципиально отличающихся технологических подхода к решению поставленной задачи: создание малоокислительной печной атмосферы путем понижения содержания воздуха в сварочной и томильной зонах и последующего повышения его концентрации в первых зонах печи для дожигания продуктов горения; разработка оптимальных температурных режимов работы печи.

Разработанный на основе метода магистральной асимптотической оптимизации оптимальный с точки зрения окалинообразования температурный режим работы нагревательной печи отжига является кусочно-непрерывной функцией с конечным числом точек разрыва и имеет вид [9]

$$T_{\text{пч}}^*(t) = \begin{cases} A_1, & 0 \leq t \leq t^*, \\ A_2, & t^* < t \leq t_k, \end{cases} \quad (11)$$

где A_1, A_2 — некоторые константы, определяемые из технологических соображений; t^* — некоторый момент переключения, при котором обеспечивается нагрев металла до заданной температуры за время t_k .

Таким образом, вначале идет монотонный нагрев металла с минимально возможной температурой греющей среды до температуры интенсивного окалинообразования, а затем форсированный нагрев до требуемой температуры. Как показывают численные расчеты, наилучший эффект достигается при наибольшем отличии A_1 от A_2 . Однако технология отжига исключает режим форсированного нагрева. На основании предыдущих рассуждений и выводов оптимальный режим нагрева металла (рис. 5) достигался путем изменения печной атмосферы (коэффициента избытка воздуха): I зона — $\alpha_v = 1,05-1,15$; II зона — $\alpha_v = 1,00-1,10$; III зона — $\alpha_v = 1,00-1,10$; IV зона — $\alpha_v = 0,90-1,05$. Расчетная величина слоя окалины снизилась по сравнению с исходным вариантом на 8–12 % в зависимости от диаметра проволоки ($\varnothing 2,4$; 2,8; 3,15 мм). Вместе с этим следует отметить, что в печи отжига при автоматическом регулировании соотношения «топливо—воздух» и температур по зонам (например, [7]) имеется возможность достигнуть более высоких технико-экономических показателей с точки зрения окалинообразования. В соответствии с этим рекомендовано понижение соотношения «топливо—воздух» (коэффициент избытка воздуха) до 0,7–0,8, что и предполагается в перспективе реализовать в условиях «Промметиз Русь» с учетом особенностей действующих теплотехнических процессов и конструкций печных установок.

Литература:

1. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах/В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова, А.Б. Стеблов, И.А. Павлюченков. Мн.: Выш. шк., 1992.
2. Эванс, Ю.Р. Коррозия и окисление металлов. М.: Машгиз, 1961.

3. Маковский, В. А. Эмпирические формулы для выражения температурной зависимости теплофизических свойств стали // Сталь. 1972. № 1. с. 87–89.
4. Велк, Г. Формулы для расчета теплофизических свойств стали на ЭВМ // Черные металлы. 1971. № 5. с. 48–50.
5. Старк, Б. В. Явление нагрева в муфельных печах // ЖРМО. № 2.
6. Иванцов, Г. П. Нагрев металла. М.: Metallургиздат, 1988.
7. Киреев, И. Н., Юрин Р. А, Петровский В. М. и др. А. с. СССР 1177364. Проходная печь // Открытия. Изобретения. 1985. № 33. С 95.

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Криогенная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента

Водин Дмитрий Владимирович, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

Рассмотрена криогенная обработка как один из основных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента, способствующая увеличению сроков его службы.

Ключевые слова: криогенная обработка, криогенная температура, криоагент, криососуд, криогенный продукт.

В настоящее время в машиностроении применяется криогенная обработка как один из перспективных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

Основой криогенной обработки является применение низкотемпературного воздействия. Материал металлорежущего инструмента охлаждается до криогенных температур (-150°C) на заданные периоды времени, а затем выполняется плавное возвращение к нормальной комнатной температуре. Процесс криогенной обработки осуществляется при использовании компьютерных технологий. Компьютер плавно регулирует понижение и повышение температуры в соответствии с заложенной программой. Плавное возвращение к комнатной температуре необходимо во избежание криогенного шока металла, что может вызвать трещины и разломы в материале металлорежущего инструмента или даже изменения в его внутренней молекулярной структуре. Криогенная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента позволяет улучшить его твердость, механические и режущие свойства [1]. Сегодня криогенная обработка способна конкурировать с другими методами обработки, способствуя при этом повышению производительности и снижению износа металлорежущего инструмента.

Криогенная обработка основана на обработке холодом в криогенной установке при температуре достигающей температуры жидкого азота.

Основными преимуществами криогенной обработки являются:

- повышение износостойкости и прочности металлорежущего инструмента;
- изменение физико-химических свойств материала;
- высокие показатели упрочнения металлорежущего инструмента;
- высокая производительность;

— экологичность.

К основным недостаткам криогенной обработки относятся:

- опасность обмораживания при контакте с криогенными продуктами;
- увеличение хрупкости металла при низкой температуре и возможности разрушения оборудования по причине взрыва;
- возможная утечка криогенных продуктов вследствие разгерметизации оборудования;
- высокая стоимость криогенных установок и комплексов.

Криогенная обработка металлорежущего инструмента включает в себя охлаждение материала до температуры жидкого азота, проводится однократно и не нуждается в повторении, так как материал металлорежущего инструмента приобретает свойства, которые сохраняются в течение всего срока службы. Криогенная обработка повышает производительность, и износостойкость металлорежущего инструмента порядка на 10–20 %.

Отечественные ученые Положенцев В. С., Гуляев А. П., Воробьев В. Г. и Вязников Н. Ф. внесли огромный вклад в развитие криогенных технологий и определили путь их развития в машиностроении нашей страны.

Криогенная установка — это совокупность технологически объединенного оборудования, предназначенного для переноса теплоты в окружающую среду от объекта при криогенной температуре.

Криогенная установка включает в себя:

- персональный компьютер;
- процессор;
- криокамера;
- емкость с жидким азотом;
- электромагнитный клапан;
- датчик температуры;
- криососуд;

— контроллер.

Управление процессом криогенной обработки осуществляется процессором. К изменяемым параметрам относятся: температура, скорость понижения и повышения температуры, временные периоды выдержки.

В криогенных резервуарах (емкостях) находятся соединения, которые обеспечивают проведение криогенной обработки. Используемые соединения разделяют на холодные (кислород и азот) и очень холодные (водород и гелий). Температура кипения холодных газов доходит до минус 270°C , что и обеспечивает применение криогенных технологий.

Криогенные резервуары включают в свой состав внутренние и внешние ёмкости. Внутренние криогенные емкости используются для размещения рабочих сред, внешние — служат внешней оболочкой, позволяя создавать эффект термоса. Между внешней и внутренней ёмкостями засыпается перлит, и создаётся эффект вакуума, который позволяет практически свести к минимуму тепловые потери. Внутренние криогенные ёмкости покрываются специальной изоляцией. Криогенные ёмкости бывают объемом от 3000 до 60000 л. Такие устройства изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ-Р и подлежат сертификации.

Криоагентом при криогенной обработке является вещество или смесь веществ, используемые в криогенной технике как рабочее тело в газообразном или конденсированном состоянии и находящееся при криогенных температурах хотя бы на одной из стадий рабочего цикла [2]. Чаще всего в качестве криоагента выступает жидкий азот. Криососуд — это сосуд, предназначенный для хранения или транспортирования криопродукта.

Криогенными называются машины (установки), в которых хотя бы один процесс рабочего цикла протекает при температурах ниже -150°C . Их можно подразделить на машины, производящие холод, и на машины, обеспечивающие сжатие и транспортировку криоагента, работающие при температурах ниже -150°C .

Криогенный продукт — это продукт криогенной установки, находящийся при криогенной температуре. Криогенная температура — это температура в интервале от -270°C до -150°C . К основным криогенным продуктам

относятся: криптон, ксенон, азот, аргон, метан, водород, озон, фтор, гелий.

Работе с криогенными продуктами требует строгого выполнения мер техники безопасности для исключения:

— ожогов вследствие попадания криогенных продуктов на открытые участки тела, в глаза и легкие;

— обморожения вследствие глубокого охлаждения участков тела при контакте с криогенными продуктами.

Конструкции помещений, в которых ведутся работы, и хранятся криогенные продукты должны учитывать высокую взрывоопасность продуктов, а также в обязательном порядке должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией (приток воздуха должен быть сверху, а вытяжка — снизу). Для удаления пролитых криогенных продуктов оборудуются вдоль стен специальные сливные каналы с уклоном в сторону аварийной вентиляции [3].

Помещение должно быть оборудовано автоматическим включением вентиляции при достижении концентрации криогенных продуктов выше допустимой.

При работе с криогенными продуктами необходимо использовать специальную обувь, одежду, рукавицы и защитные очки, исключающие попадание криогенных продуктов на открытые участки тела. Верхняя одежда должна быть закрытой, а брюки должны прикрывать обувь. Для исключения соприкосновения персонала с оборудованием с низкой температурой необходимо применять герметизацию, термоизоляцию и защитные ограждения. На оборудовании необходимо устанавливать знаки безопасности [4].

Открытые переливания, слив криогенных продуктов, при которых возможно разбрызгивание жидкости необходимо проводить в защитных рукавицах и защитных очках.

Криогенное оборудование должно быть обязательно зарегистрировано в органах Госназзора и проходить периодическое, техническое освидетельствование. Работать с криогенным оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет, после прохождения обучения и аттестации комиссией с выдачей удостоверения на право производства работ. Периодическая проверка знаний производится не реже 1 раза в год.

Криогенная обработка является эффективным и перспективным методом повышения износостойкости металлообрабатывающего инструмента.

Литература:

1. Основы криологии. Энтропийно-статический анализ низкотемпературных систем. — М. изд. МГТУ имени Н.Э. Баумана. 2014 г. — 507 с.;
2. Солнцев, Ю. П., Ермаков, Б. С., Слепцов, О. И. Материалы для низких и криогенных температур. — М. изд. Химиздат. 2008 г. — 768 с.
3. www.kazreferat.info/read/bezopasnost-pri-ekspluata...h-ustanovok-MTY3ODA0
4. revolution.allbest.ru/life/00065286_0.html

Техническая инновационика как теоретическая модель научного обеспечения производства локомотивов

Воробьев Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Бондаренко. Денис Андреевич, аспирант;

Товпеко Никита Игоревич, студент

Брянский государственный технический университет

Трудности создания новых отечественных локомотивов (2ТЭ25К, ЭП10 и других) свидетельствуют о необходимости перехода от описательных теорий проектирования машин к единой объяснительной теории. Предлагается использовать теоретическую модель, названную технической инновационикой [1–4], структура которой представлена на схеме Рис. 1.

Обобщение частных проблем, возникающих вследствие ошибок проектирования и случаев косности при создании новой техники, позволило определить общую проблемную ситуацию — чем больше степень новизны создаваемой машины, тем больше трудностей при ее создании, тем выше риск неудачи проекта, — и объект исследований — дея-

тельность при проектировании новой техники. Теоретическая модель основана на базовых положениях, в соответствии с которыми проектирование рассматривается как информационная технология, обеспечивающая управление производством для выпуска новой продукции для достижения конкурентных преимуществ, в форме перехода от научных знаний к формализованным техническим решениям. В соответствии с этими положениями, в качестве основного объяснения причины ошибок проектирования назван невыявленный дефицит информации, отсюда косность рассматривается как стихийная реакция на возможность таких ошибок и роста риска срыва работы, а степень новизны машины определяется степенью дефицита

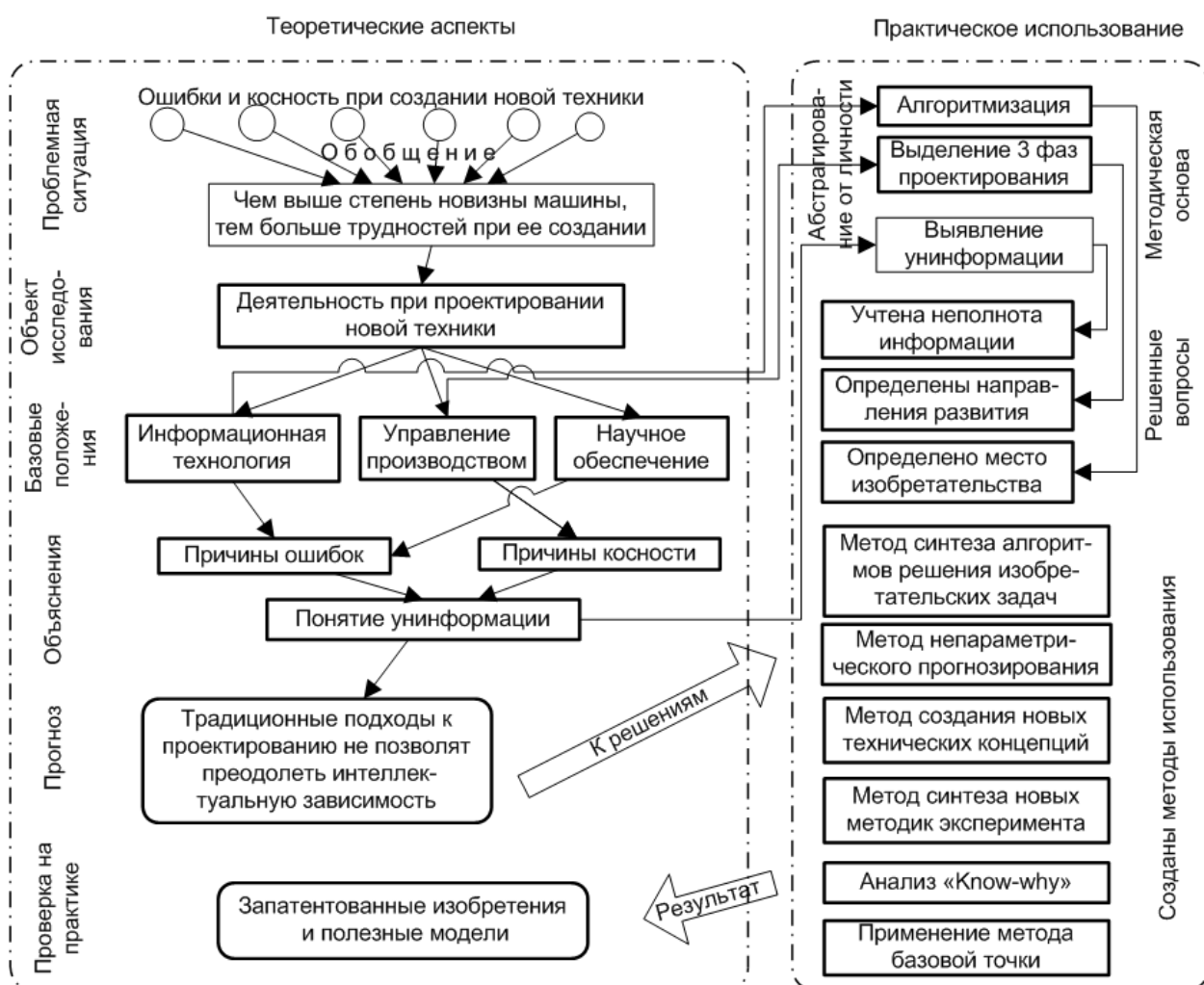


Рис. 1. Общая структура технической инновационики

информации, требуемой для создания проекта. Введено новое понятие **униформации** — информационного описания тех количественных и качественных знаний, которых не хватает для работы над проектом, своевременное выявление униформации позволяет определить объем необходимых исследований и избежать ошибок. Данная теоретическая модель позволяет прогнозировать, что решение поставленной Президентом РФ задачи снять критическую зависимость от зарубежных технологий и промышленной продукции возможно только при условии решения следующих задач: непосредственной интеграции изобретательского творчества в процесс проектирования машин и освоения производством машин, повышения продуктивности инженерного анализа для еще не созданных машин в период проектирования последних и создания эффективных методов принятия решений в условиях недостатка информации, требуемой для создания новой машины.

Для решения этих задач на основе принятой теоретической модели созданы следующие методики:

- общий метод синтеза алгоритмов решения изобретательских задач;
- метод непараметрического прогнозирования развития конструктивных схем;
- метод создания новых технических концепций;
- метод синтеза новых методик эксперимента при недостатке опыта в требуемой области исследований;
- метод анализа логики рационального выбора технических решений (анализ «know-why»);
- вариант метода базовой точки для оптимизации тягового привода локомотива.

На основе указанных методик предложены новые конструкции, на ряд которых получены патенты на изобретения и полезные модели, или положительные решения.

Полученные результаты показывают практическую пригодность использования технической инноватики как теоретической модели научного обеспечения производства локомотивов.

Литература:

1. Техническая инноватики. Методы изобретательского творчества: монография/ [О.В. Измеров и др.]. — Орел: Госуниверситет — УНПК, 2011. — 149 с.
2. Техническая инноватики. Проектирование конкурентоспособных машин: монография/ [О.В. Измеров и др.]; под ред. чл.-кор. Академии электротехн. наук Рос. Федерации, д-ра техн. наук, проф. А. С. Космодамианского. — Орел: Госуниверситет — УНПК, 2013. — 415 с.
3. Техническая инноватики. Проблемы инженерного анализа технических систем: монография/ [О.В. Измеров и др.]; под ред. чл.-кор. Академии электротехн. наук Рос. Федерации, д-ра техн. наук, проф. А. С. Космодамианского. — Орел: Госуниверситет — УНПК, 2013. — 261 с.
4. Техническая инноватики. Рациональный выбор технических решений при проектировании: монография/ [О.В. Измеров и др.]; под ред. О.В. Измерова. — Орел: Госуниверситет — УНПК, 2013. — 340 с.

Исследование повышения производительности сварки и снижении энергозатрат на формирование сварных швов равного сечения

Добровольский Валерий Геннадьевич, аспирант;
Смирнов И.В., кандидат технических наук, доцент
Тольяттинский государственный университет

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по возможности повышения производительности сварки и снижении энергозатрат на формирование сварных швов равного сечения за счёт повышения энергоэффективности ввода тепла дуги в изделие при применении принципа пространственно-параметрического управления тепловложением.

Повышение энергоэффективности промышленных предприятий, снижение потребления ими электроэнергии является приоритетной задачей в развитии науки и техники.

В существующей практике сварочного производства применяются способы дуговой сварки основанные, преимущественно, на передаче тепла от сварочной дуги к свариваемому изделию через слой жидкого металла сва-

рочной ванны. При этом жидкий металл сварочной ванны, располагающийся под сварочной дугой выступает в качестве теплового демпфера, в котором непроизводительно теряется часть тепловой энергии сварочной дуги. Непроизводительность потерь обусловлена тем, что часть тепла, проходящая через сварочную ванну тратится на её перегрев, в то время как для образования сварного соединения достаточно довести металл до температуры плавления.

В настоящее время в РФ разработаны новые способы дуговой сварки, основанные на применении нового принципа пространственно-параметрического управления тепловложением (патент на изобретение № 2401726 от 21.07.2008 г.).

Сущность данного способа заключается в изменении параметров собственного магнитного поля дуги, а именно на использовании эффекта «магнитного дутья» [2].

Этот способ пространственного управления положением дуги позволяет обеспечивать введение большей части тепла сварочной дуги не через жидкий металл сварочной ванны, а непосредственно в свариваемые кромок. При этом значительно повышается эффективность передачи тепла от сварочной дуги к изделию.

Одновременно с применением принципа пространственного управления тепловложением, в предлагаемом новом подходе применяется принцип параметрического управления тепловложением.

Применение принципа пространственно-параметрического управления тепловложением позволяет в зависимости от условий сварки и типа свариваемой конструкции подобрать параметры процесса, при которых могут быть достигнуты оптимальные условия передачи тепла дуги свариваемому металлу, т. е. достигнута оптимальная энергоэффективность сварочного процесса.

С практической точки зрения улучшение условий передачи тепла от дуги к изделию может быть выражено в возможности повышения производительности сварки, или снижении сварочного тока, при получении сварных швов с одинаковыми геометрическими размерами (шириной провара).

Для количественной оценки достигаемых практических результатов экспериментальным путём определяли возможное увеличение скорости сварки, одинаковых по типоразмерам образцов изделий, на одинаковых режимах по мощности дуги, с применением аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением.

В проводимом исследовании будут подвергаться оценке сравнительной эффективности две технологических сварочных системы:

1) Традиционная автоматическая аргонодуговая сварка корневого слоя шва стыкового соединения элементов с разделкой кромок;

2) Автоматическая аргонодуговая сварка с пространственно-параметрическим управлением тепловложением корневого слоя шва стыкового соединения элементов с разделкой кромок.

Задачи эксперимента по изменению скорости сварки при постоянной мощности сварочной дуги (1 эксперимент):

1. Традиционным способом аргонодуговой сварки сварить образцы на базовых режимах с получением качественного провара корневого слоя шва.

2. На каждом из исследуемых режимов сварки с управляемым тепловложением сварить образцы плавно увеличивая скорость сварки до того момента, пока не будет обе-

спечена площадь сечения сварного шва, и размеры его провара, с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргонодуговой сварки (т. е. при частоте коммутации 0 Гц).

3. Для каждой исследуемой толщины и режима сварки определить величину изменения скорости сварки, выраженную в %, по отношению к скорости при традиционном способе сварки (т. е. частоте коммутации тока 0 Гц).

Задачи эксперимента по изменению силы сварочного тока при постоянной скорости сварки (2 эксперимент):

1. Традиционным способом аргонодуговой сварки сварить образцы на базовых режимах с получением качественного провара корневого слоя шва.

2. На каждом из исследуемых режимов сварки с управляемым тепловложением сварить образцы плавно уменьшая силу сварочного тока до того момента, пока не будет обеспечена площадь сечения сварного шва, и размеры его провара, с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргонодуговой сварки (т. е. при частоте коммутации 0 Гц).

3. Для каждой исследуемой толщины и режима сварки определить величину изменения силы сварочного тока, выраженную в %, по отношению к силе сварочного тока при традиционном способе сварки (т. е. частоте коммутации тока 0 Гц).

Краткое описание объекта исследований и условий проведения опытов

Каждый из экспериментов проводится в виде двух отдельных серий опытов.

В первой серии опытов традиционным способом аргонодуговой сварки свариваются образцы на различных режимах (по току и скорости сварки) с частотой коммутации тока равной 0 Гц.

Вторая серия опытов в **1 эксперименте** заключается в том, что на каждом из исследуемых режимов сварки с управляемым тепловложением плавно увеличивают скорость сварки до того момента, пока не будет обеспечена площадь сечения сварного шва, и размеры его провара, с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргонодуговой сварки (т. е. при частоте коммутации 0 Гц). Сила сварочного тока при этом остаётся неизменной.

Вторая серия опытов во **2 эксперименте** заключается в том, что на каждом из исследуемых режимов сварки с управляемым тепловложением плавно уменьшали силу сварочного тока до того момента, пока не будет обеспечена площадь сечения сварного шва, и размеры его провара, с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргонодуговой сварки (т. е. при частоте коммутации 0 Гц). Скорость сварки при этом остаётся неизменной.

При достижении схожести размеров с традиционным способом сварки, из экспериментального образца вырезали макрошлиф и более точно оценивали по нему схожесть размеров и площади провара двух швов.

Результаты экспериментальных исследований

Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом без подачи присадочной проволоки.

Результаты определения скорости сварки и силы сварочного тока, при которых достигается получение сварного шва с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргонодуговой сварки, наглядно представлено на рисунке 1 (для силы сварочного тока) и рисунке 2 (для скорости сварки).

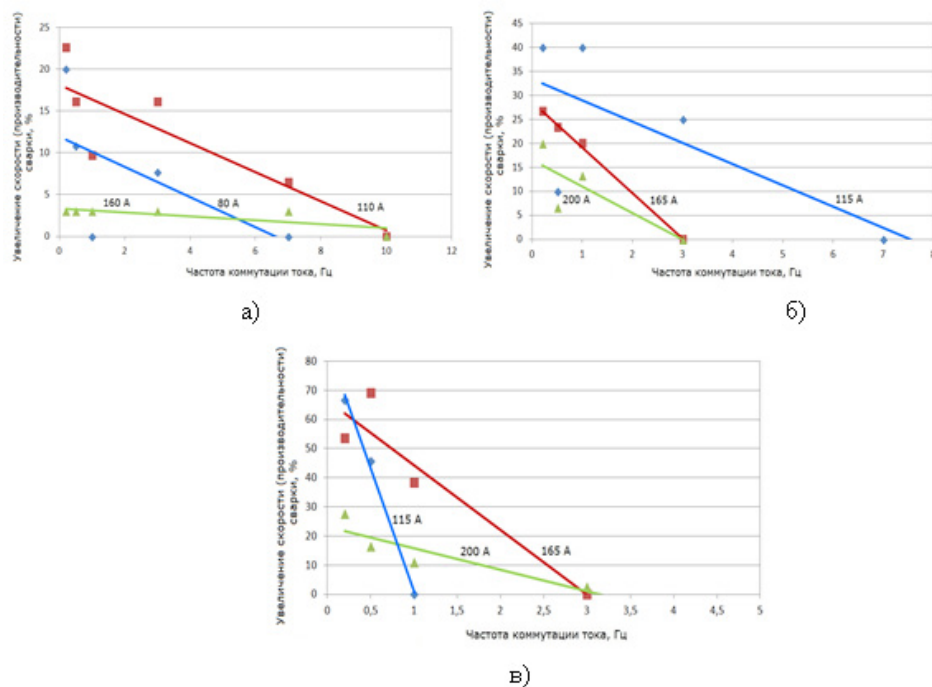


Рис. 1. Графики потенциального увеличения скорости сварки (при постоянной площади сечения шва) в зависимости от частоты коммутации тока между каналами токоподвода: а – для толщины 4 мм; б – для толщины 8 мм; в – для толщины 12 мм.

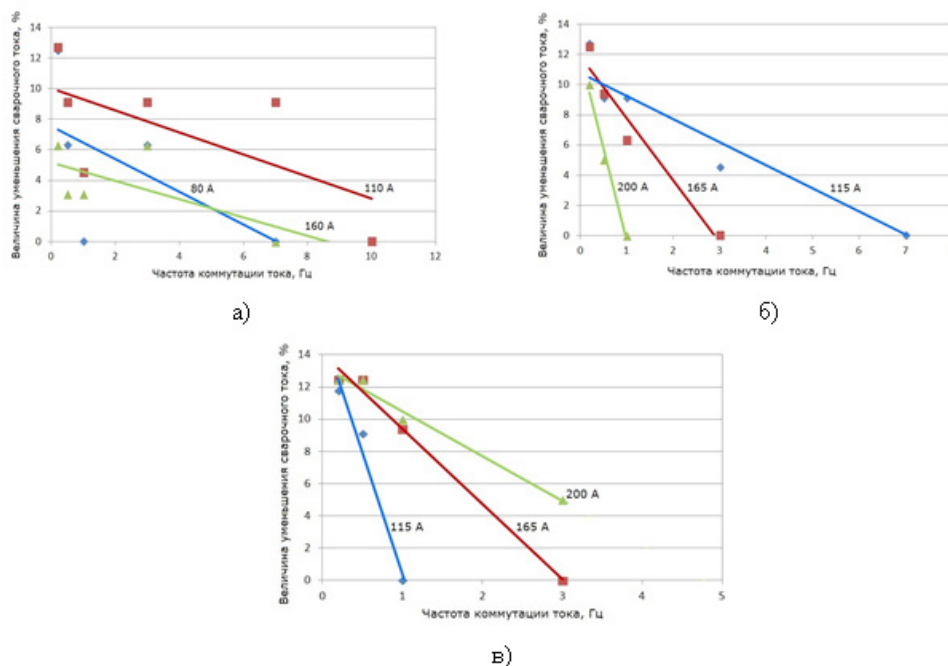


Рис. 2. Графики потенциального уменьшения силы сварочного тока (при постоянной площади сечения шва) в зависимости от частоты коммутации тока между каналами токоподвода: а – для толщины 4 мм; б – для толщины 8 мм; в – для толщины 12 мм.

Результаты экспериментальных исследований

Автоматическая аргодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с подачей присадочной проволоки.

Результаты определения скорости сварки и силы сварочного тока, при которых достигается получение сварного

шва с минимальными отклонениями от площади сечения и ширины провара, характерными для шва, полученного на традиционном режиме аргодуговой сварки наглядно представлены на рисунке 3 (для скорости сварки) и рисунке 4 (для силы сварочного тока).

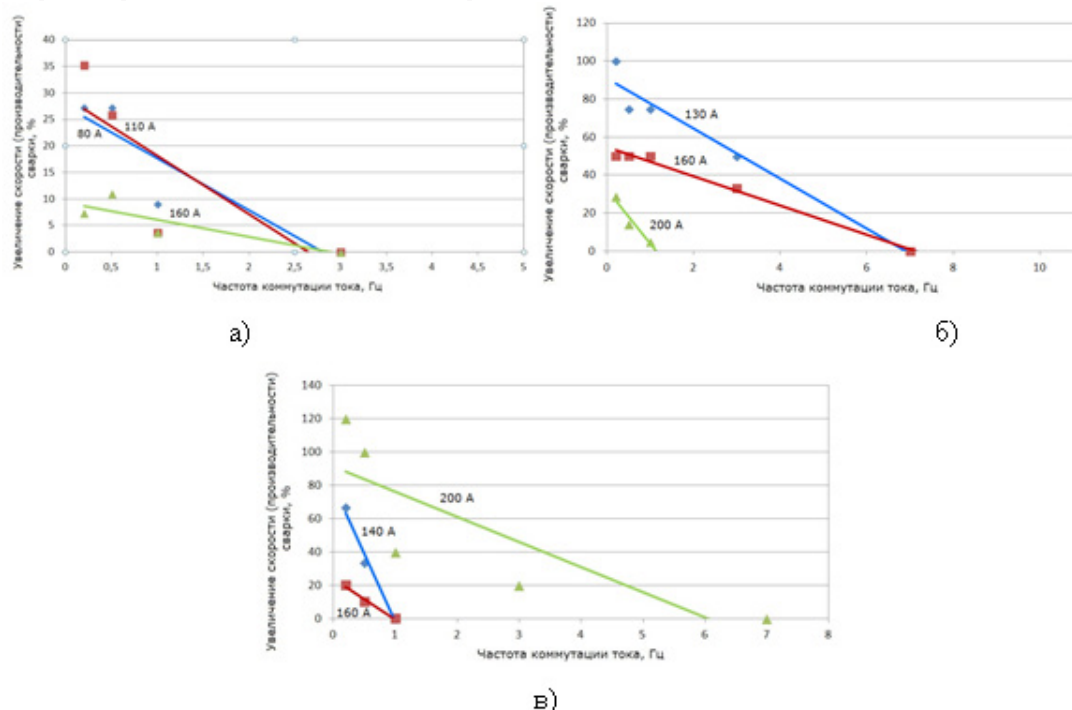


Рис. 3. Графики потенциального увеличения скорости сварки (при постоянной площади сечения шва) в зависимости от частоты коммутации тока между каналами токоподвода: а — для толщины 4 мм; б — для толщины 8 мм; в — для толщины 12 мм.

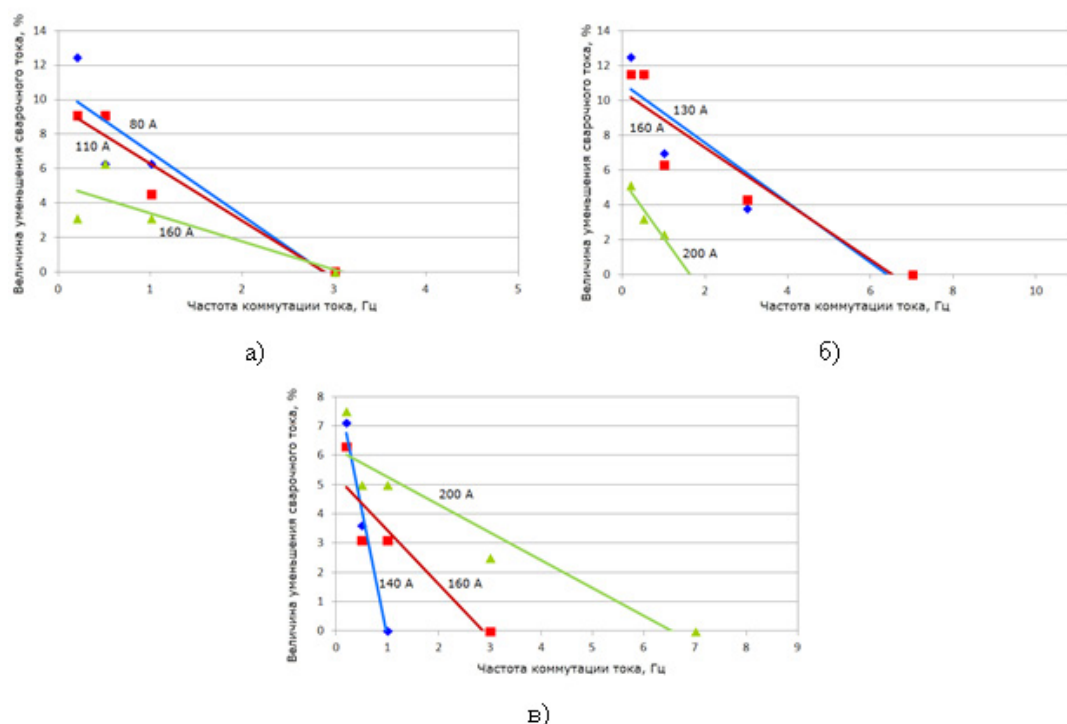


Рис. 4. Графики потенциального уменьшения силы сварочного тока (при постоянной площади сечения шва) в зависимости от частоты коммутации тока между каналами токоподвода: а — для толщины 4 мм; б — для толщины 8 мм; в — для толщины 12 мм.

Выводы:

Максимально достижимый уровень повышения производительности процесса сварки увеличивается с ростом толщины свариваемого металла:

— для малых толщин максимальный уровень повышения производительности процесса составляет 22,6%; для средних толщин этот показатель уже составляет максимум 40%, а при сварке больших толщин возрастает до 68%.

Максимально достижимая величина возможного снижения силы сварочного тока дуги для всех условий сварки остаётся практически на одном уровне. Так для малых толщин максимальный уровень снижения тока сварочной дуги составляет 9,1%, а для средних и больших толщин этот показатель составляет максимум 12,5%.

Достижение наибольшей энергоэффективности позволит добиться повышение скорости сварки (произво-

дительности процесса). При увеличении скорости сварки происходит постепенное смещение пятна нагрева сварочной дуги с поверхности сварочной ванны на основной металл. При этом эффективность ввода тепловой энергии в металл кромок дополнительно повышается, обеспечивая ещё более широкий диапазон возможного увеличения скорости сварки для получения шва равного сечения. Таким образом, проявляется синергетический эффект, когда применение принципа пространственно-параметрического управления тепловложением (в периодических поперечных колебаний дуги с циклическим формированием сварного шва) позволяет вводить тепло в кромок более эффективно и за счёт этого повысить скорость сварки, а это в свою очередь также вызывает дополнительное улучшение условий ввода тепла от дуги в изделие и приводит к ещё большему возможному увеличению скорости сварки.

Литература:

1. Смирнов, И.В., Сидоров В.П., Захаренко А.И., Добровольский В.Г., Гилязов Э.С. Исследование процесса управления пространственным положением дуги за счет изменения параметров ее собственного магнитного поля // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2011 — № 10 — с. 64–71.
2. Смирнов, И.В., Захаренко А.И. Управление тепловложением в свариваемые кромок при дуговой сварке неплавящимся электродом // Сварочное производство. 2009. № 12. с. 32–36.
3. Смирнов, И.В., Сидоров В.П., Захаренко А.И. Специфические аспекты описания процесса автоматической аргонодуговой сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем // Сварочное производство. 2010. № 1. с. 3–6.
4. Патент на изобретение № 2401726 Российская Федерация МПК В23К9/08. Способ сварки в защитном газе неплавящимся электродом магнитоуправляемой дугой / Смирнов И.В., Сидоров В.П., Захаренко А.И. // Бюл. № 29. опубл. 20.10.2010.
5. Сидоров, В.П., Смирнов И.В., Смирнова А.И., Добровольский В.Г., Архипкин Д.И. Экспериментальные исследования энергоэффективности процесса аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2012 — № 8 — с. 131–136.
6. Смирнов, И.В., Сидоров В.П., Хурин С.А., Смирнова А.И., Добровольский В.Г., Гилязов Э.С. Сравнение показателей энергоэффективности традиционного инверторного источника питания для дуговой сварки и инверторного источника питания для сварки с управляемым тепловложением // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2012 — № 8 — с. 138–141.

Обоснование выбора системы рециркуляции отработавших газов для газовых двигателей КАМАЗ

Зарипов Риваль Эдуардович, аспирант

Казанский (Приволжский) федеральный университет, филиал в г. Набережные Челны (Татарстан)

На сегодняшний день одной из актуальнейших проблем создания современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является проблема экологии. ДВС, работающие на природном газе, не являются исключением, несмотря на то, что выброс основных токсичных компонентов такими двигателями заметно ниже в сравнении с дизелями и бензиновыми ДВС [1, 3]. Без дополнительного оборудования их системами снижения токсичности отработавших газов (ОГ) они не могут соответствовать экологическому классу Евро-6.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, рециркуляция отработавших газов, рециркулируемые газы, сопло Вентури, мощностно-экономические показатели, степень рециркуляции.

В данной работе обосновывается выбор типа системы рециркуляции ОГ, а основным токсичным компонентом являются оксиды азота, т.к. выброс продуктов неполного сгорания газовым двигателем незначителен, кроме того, способы борьбы с ними известны и не вызывают больших проблем. Для ДВС искрового зажигания чаще всего применяют каталитические нейтрализаторы, однако для двигателя КАМАЗ 820.73–300 такой выбор вряд ли оправдан. Причина — рабочий объем двигателя и, соответственно, стоимость системы. Системы накопительного или селективного типа (применяемые на дизелях КАМАЗ) также обладают высокой стоимостью и не лишены ряда недостатков. Из известных способов снижения токсичности остаётся способ рециркуляции ОГ (РОГ).

В работе ставится цель достигнуть экологического стандарта Евро-6, в соответствии с которым содержание выбросов оксида азота, в частности, не должно превышать 0,4 г/кВт*ч. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1-выбрать модель двигателя КАМАЗ для применения на нем системы рециркуляции отработавших газов;
- 2-провести анализ существующих схем систем рециркуляции отработавших газов для выбора оптимального варианта;
- 3-определить степень рециркуляции для каждого режима двигателя;
- 4-провести расчетный анализ для выбранных систем РОГ.

На первом этапе была выбрана модель двигателя КАМАЗ для применения на нем системы рециркуляции отработавших газов — 820.73–300.

Далее был проведен анализ существующих схем систем рециркуляции отработавших газов для использования на газовом двигателе с турбонаддувом с указанием достоинств и недостатков каждой системы [2]. В системе РОГ низкого давления рециркулируемые газы (РГ) отводятся из выпускного коллектора до или после турбины и добавляются к воздушному заряду перед компрессором, при этом РОГ возможна на всех режимах работы двигателя, так как давление РГ всегда больше давления

во впускной системе перед компрессором. Существенным недостатком данной системы является, то что через компрессор и теплообменник наддувочного воздуха проходит смесь воздуха и РГ. Содержащейся в ней частицы сажи, пары серной и азотной кислот будут приводить к загрязнению рабочих поверхностей. Одним из вариантов системы РОГ высокого давления является схема РОГ с дросселем во впускном коллекторе. За счёт дросселирования наддувочного воздуха обеспечивается положительный перепад давлений $\Delta p_{\text{рог}}$ даже в области высоких нагрузок. В связи с большим расходом воздуха в газовых двигателях, использование в нём дросселирования наддувочного воздуха выхлопных газов на выпуске или на впуске будет приводить к значительному ухудшению его топливной экономичности вследствие увеличения работы насосных ходов и уменьшения количества воздуха поступающего в цилиндры двигателя. Использование сопла Вентури позволяет увеличить положительный перепад давлений за счёт подвода РГ в область горловины сопла, где как раз и обеспечивается наименьшее статическое давление охлаждённого наддувочного воздуха. Сопло Вентури может располагаться как в главной магистрали впускного коллектора, так и в обводном трубопроводе. В первом случае будут иметь место несколько большие потери давления наддувочного воздуха, но зато можно обеспечить равномерное смешивание РГ с наддувочным воздухом при наименьших габаритах двигателя. К специальным схемам РОГ можно отнести систему РОГ высокого давления, в которой РГ нагнетаются во впускной коллектор с помощью дополнительного турбокомпрессора. Использование турбокомпрессора для нагнетания РГ позволяет значительно эффективней, например, чем при использовании сопла Вентури, подать РГ во впускной коллектор. Однако, во-первых, эта система будет иметь большую стоимость и, во-вторых, из-за дополнительного агрегата, возможно, снизится общая надёжность двигателя. В многоцилиндровом газовом двигателе, с числом цилиндров восемь и более, может быть применена система РОГ, в которой выхлопные газы от одного «специального» цилиндра нагнетаются им же по принципу поршневого на-

сосу во впускной трубопровод. При использовании схемы РОГ от «специального» цилиндра работа насосных ходов увеличивается только у одного цилиндра. Недостатком схемы РОГ от специального цилиндра является ограничение по максимальной степени РОГ в соответствии с выбранным числом «специальных» цилиндров. После чего для проведения расчетного анализа были выбраны две наиболее простые и эффективные схемы РОГ: система рециркуляции низкого давления (рис. 1) и система рециркуляции высокого давления с соплом Вентури (рис. 2).

На следующем этапе были проведены расчеты для определения оптимального значения степени рециркуляции отработавших газов для каждого режима работы двигателя. На режиме 800 мин^{-1} степень рециркуляции принимаем 0% , на режиме наибольшего крутящего момента 13% , на режиме 1700 мин^{-1} $16,5\%$, на но-

минальном режиме 11% . Расчеты были проведены на ЭВМ в программном комплексе Дизель-РК, разработанном в МГТУ им. Баумана. Эта программа позволяет рассчитать рабочие процессы двигателя и в приближенном виде экологию, а именно выбросы оксидов азота.

Далее для выбора оптимального варианта системы рециркуляции отработавших газов были проведены их сравнительные расчёты (рис. 3). Сначала был проведен расчётный анализ системы РОГ высокого давления с соплом Вентури с применением EGR-охладителя и без него. В результате имеем ниже мощностно-экономические показатели по сравнению с двигателем без рециркуляции отработавших газов на 14% , но зато выбросы оксида азота снизились примерно на 92% . Следующим был проведен расчёт системы РОГ низкого давления с применением EGR-охладителя и без него. Потеря мощностно-экономи-

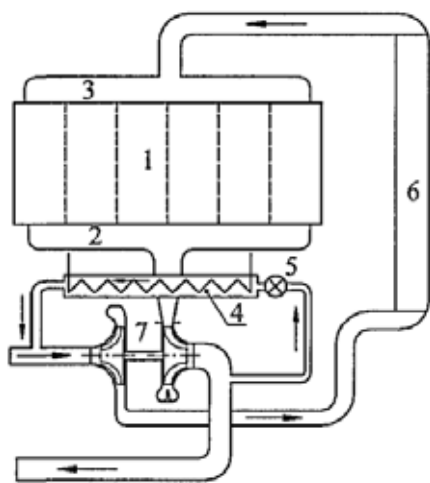


Рис. 1. Схема системы РОГ низкого давления: 1-двигатель; 2-выпускной коллектор; 3-впускной коллектор; 4-теплообменник РГ; 5-клапан для регулирования количества РГ; 6-ОНВ; 7-турбокомпрессор.

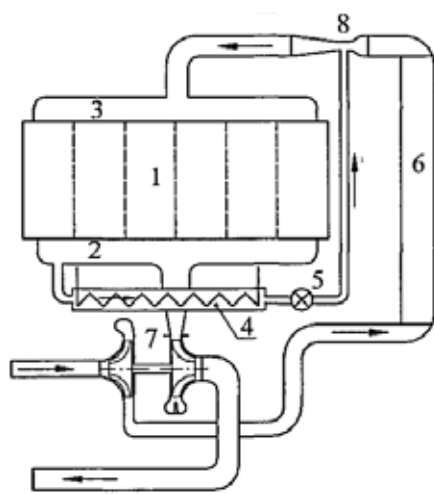


Рис. 2. Схема системы РОГ высокого давления с соплом Вентури: 1-двигатель; 2-выпускной коллектор; 3-впускной коллектор; 4-теплообменник РГ; 5-клапан для регулирования количества РГ; 6-ОНВ; 7-турбокомпрессор; 8-сопло Вентури.

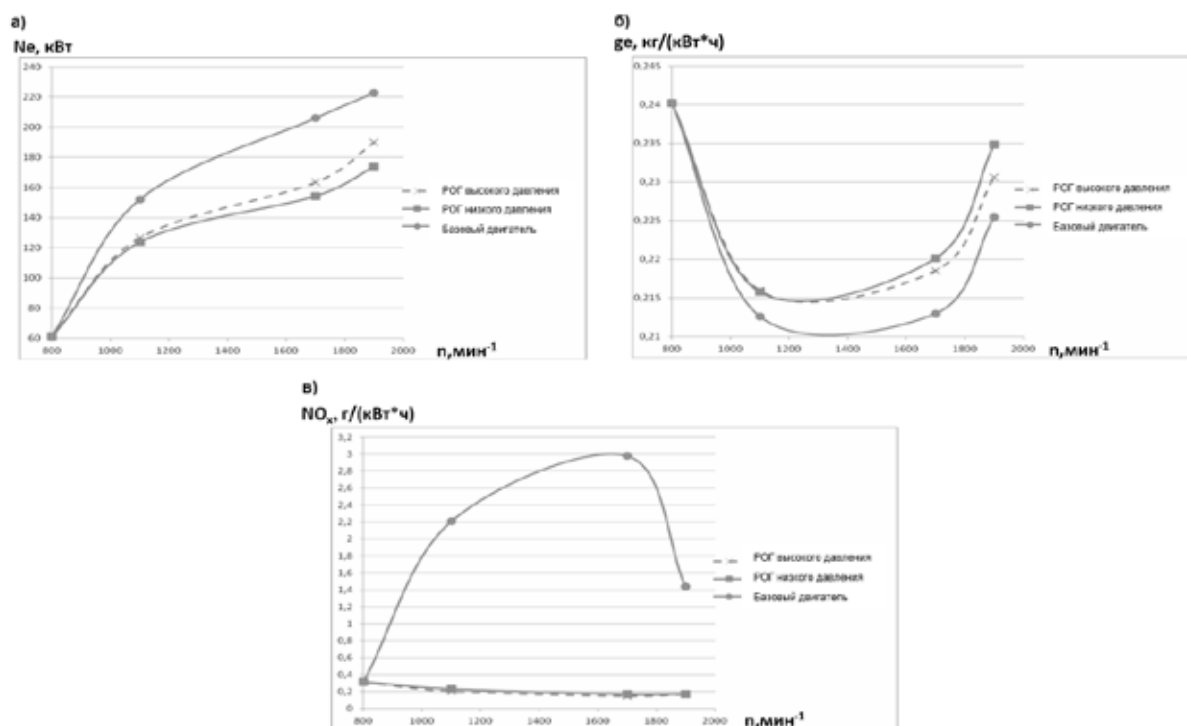


Рис. 3. Зависимости изменения мощности (а), удельного эффективного расхода топлива (б) и выбросов оксида азота с обработавшими газами (в) от режима работы двигателя по ВСХ.

ческих показателей составила примерно 23 % и выбросы оксида азота снизились лишь на 84 %. Расчётный анализ показал, что рециркуляция является достаточно эффективным методом снижения выбросов оксида азота в отработавших газах и необходимо продолжить дальнейшие исследования в данной области с целью снижения воздействия двигателя внутреннего сгорания на окружающую среду. Исходя из полученных результатов было принято

решение использовать систему РОГ высокого давления с соплом Вентури с установкой EGR-охлаждителя с целью достижения высоких экологических и мощностно-экономических показателей. Данная схема обеспечивает достижения экологического стандарта Евро-6 по выбросам оксида азота, для достижения норм по другим нормируемым вредным веществам необходимо провести дальнейшие расчеты и стендовые испытания.

Литература:

1. Генкин, К. И. Газовые двигатели. М.: Машиностроение, 1977. — 169 с.
2. Голиков, В. П. Улучшение экологических и топливно-экономических показателей транспортного дизеля за счет применения рециркуляции отработавших газов и совершенствования рабочих процессов: Дис. кандидата техн. наук. — Ярославль, 2004. — 174 с.
3. Горбунов, В. В., Патрахальцев Н. Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М.: РУДН, 1998. — 214 с.

К определению основных параметров дамбоуплотнителя

Ли Афанасий, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Каримов Максуд Самадович, старший преподаватель;

Ибрагимова Хафиза Ринатовна, ассистент;

Саидмуратова Шоира Абдумавлановна, бакалавр

Ташкентский институт ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Исследования показывают, что формы поперечного сечения дамбы временного оросителя после прохода каналокопателя существенно отличаются от формы, которые получаются в момент ее формирования [1].

Насыпаемая почва, ссыпаясь под углом естественного откоса, придает поперечному сечению дамбы трапециевидальную форму (рис. 1).

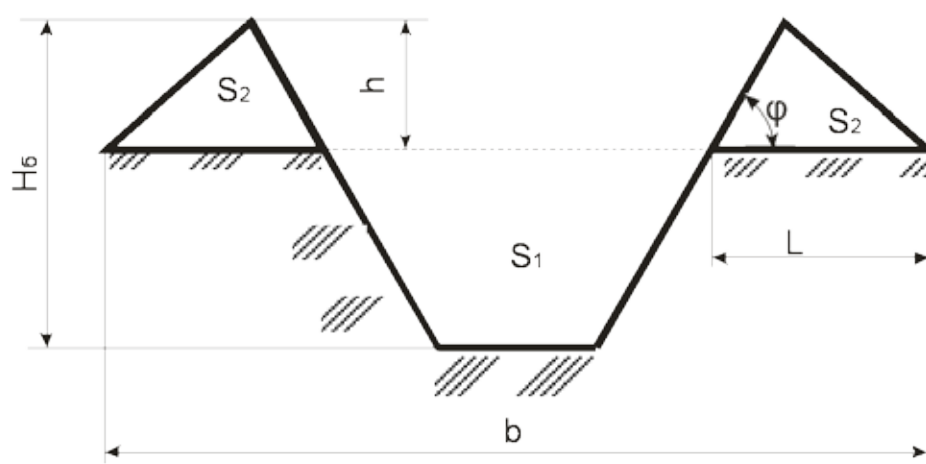


Рис. 1. Схема дамбы временных оросителей

Нарезка временных оросителей каналокопателем и параметры глубины срезки почвы должны отвечать требованию предопределяющей ширину занимаемой полосы дамбы по верху. Следовательно, вышеназванные параметры не могут быть произвольной величины [1].

При определении объема почвы вытесняемой каналокопателем, угол обрушения принимаем равный углу насыпания почвы, т. е.:

$$\varphi_{об} = \varphi_n = \varphi$$

Тогда, вытесняемый объем почвы можно определить по площади поперечного сечения (S_1) вынимаемого каналокопателем [1,3].

$$S_1 = b(H_b - h) - 2(H_b - h) - ctg\varphi - 4hctg\varphi(H_b - h) \quad (1)$$

Преобразование выражения (1) приведет к следующему виду:

$$S_1 = bH_b - bh - 2H_b^2 - h + 2h^2ctg\varphi \quad (2)$$

где: b — ширина занимаемой полосы дамбы или временного оросителя;

h — высота дамбы, м;

H_0 — глубина временного оросителя, м;

φ — угол естественного откоса почвы, град.

Площадь поперечного сечения (S_2) объема почвы, уложенного каналокопателем в гребень дамбы можно определить из выражения:

$$S_2 = 2 \frac{S_1}{2} = 2h^2ctg\varphi \quad (3)$$

Так как коэффициент вспущенности почвы при нарезке временных оросителей равен единице [1,2], то вынимаемый каналокопателем объем почвы будет равен объему почвы, уложенному в гребень дамбы, т. е.:

$$S_1 = 2S_2$$

Приравнивая выражения (2) и (3), получим следующее уравнение:

$$bH_b - bh - 2H_b^2 = 0 \quad (4)$$

Из уравнения (4) определим высоту гребня дамбы временного оросителя:

$$H = \frac{H_6(b - 2H_6)}{b} \quad (5)$$

Анализ уравнения (4) показывает, что высота (H) дамбы зависит от глубины (H_6) временного оросителя и ширины (b) занимаемой полосой дамбы.

Ширина занимаемая полосой дамбы или временного оросителя равна:

$$b = B + 2(H_b - h_1)ctg\varphi \text{ или } b = B + 2H_b ctg\varphi - 2h_1 ctg\varphi \quad (6)$$

Решение уравнения (6) относительно ширины дамбы по верху приведет к следующему виду:

$$B = b - 2ctg\varphi(H_b - h_1) \quad (7)$$

Результаты ранних исследований формы образованной дамбы при нарезке временных оросителей и его уплотнения показывают о эффективности использования конической формы катка [1].

Конический каток в процессе работы вращается на своей оси со скольжением, характерным для пассивных уплотняющих катков, т. е. не имеющих вращающегося момента на валу. Чтобы выяснить влияние скольжения на величину продольного перемещения уплотняемых частиц почвы на поверхности дамбы, графически рассмотрим характер воздействия основания конической части катка на них. Предположим, что конический каток движется со скольжением (Рис. 2).

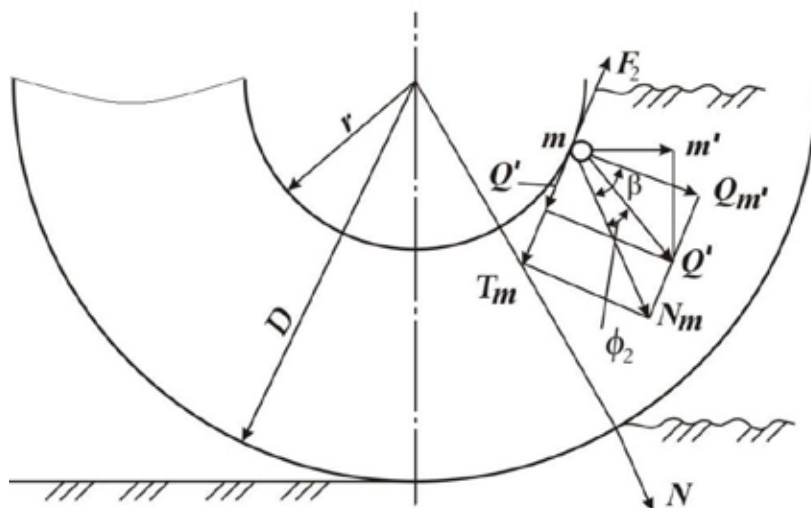


Рис. 2. К обоснованию параметров дамбоуплотнителя

Разлагая силу нормального давления на составляющие Q_m и T_m можно предположить следующее, если:

1. $T_m \leq F_2$, то поверхностная частица под действием силы Q_m больше перемещается вдоль дамбы, нежели вглубь;

2. $T_m > F_2$, то равнодействующая внешних сил Q_m отклоняется от нормального давления N_m на угол φ_2 в сторону, обратную вращения катка. При этом продольное перемещение mm' поверхностных частиц почвы будут больше, чем вглубь $Q'm'$ дамбы;

$$\text{Отсюда: } \operatorname{tg} \lambda = \frac{D \sin \alpha_b - r \sin \alpha_m}{D \cos \alpha_b - r \cos \alpha_m} \quad (12)$$

Если углы погружения большого и малого оснований одинаковы, т. е. $\sin \alpha_b = \sin \alpha_m$, то:

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \lambda, \quad (13)$$

Значит, угол опережения уплотнения равен углу погружения основания катка.

Следовательно, согласно уравнению (12), чем больше угол погружения конического основания катка, тем больше угол опережения уплотнения:

$$\cos \alpha_b = \frac{D - h_b}{D} \quad (14)$$

$$\sin \alpha_b = \frac{1}{D} \sqrt{h_b(2D - h_b)} \quad (15)$$

Аналогичным образом определим:

$$\sin \alpha_m = \frac{r - h_m}{r} \quad (16)$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{2} \sqrt{h_m(2r - h_m)} \quad (17)$$

Подставляя значения найденных величин в формулу (12) и после ряда преобразований получим:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\sqrt{h_b(2D - h_b) - h_m(2r - h_m)}}{D - r - h_b + h_m} \quad (18)$$

Из выражения (18) следует, что с ростом глубины (h_m) погружения малого основания катка — угол опережения уплотнения уменьшается, а с увеличением глубины (h_b) погружения большого основания катка — увеличивается. С увеличением радиуса (r) малого основания — угол опережения уплотнения уменьшается, а с увеличением радиуса (D) большого основания — увеличивается. Если глубина погружения обоих оснований катка одинакова, т. е. $h_b = h_m = h$, то формула (18) принимает вид:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\sqrt{h(2D - h) - (2r - h_m)}}{D - r} \quad (19)$$

Значит, чем больше разница между радиусами большого и малого оснований катка, тем больше угол опережения уплотнения.

Предполагая, что каток стоит на месте, т. е. $v = 0$ и $Q = 0$, пользуясь предельными значениями угла λ , который будет равен углу φ_2 , при котором осыпание частиц почвы дамбы полностью устраняется, то в равенстве (19) можно установить взаимосвязь радиусов D и r :

$$R = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2 \cos \alpha_m - \sin \alpha_m}{\operatorname{tg} \varphi_2 \cos \alpha_b - \sin \alpha_b} \cdot r \quad (20)$$

Заключение

Установлена взаимосвязь угла опережения уплотнения с диаметром конического катка. Выведены аналитические зависимости для определения большого и малого диаметра конического катка.

Литература:

1. Слободюк, П. И. Исследование и обоснование параметров рабочего органа для нарезки поливных борозд при различных скоростях движения. Дисс... канд... техн... наук, Янгиль, 1967. 200 с.

2. Догановский, М.Г. Технологический процесс работы корпуса окучника при образовании борозд и гребней. Труды ВИМ, Том 13, Госиздат с. х. литературы, М, 1951. 150 с.
3. Бахрамов, Ф.Х. Обоснование параметров рабочего органа каналокопателя для нарезки временных оросителей. Автореферат дисс... канд... техн... наук, Янгиль, 1995. 17 с.

Обзор особенностей работы камер сгорания ПВРД

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Рожков Кирилл Евгеньевич, научный сотрудник;

Белобровина Марина Викторовна, студент

Уфимский государственный авиационный технический университет

Основным элементом прямоточного воздушно-реактивного является его камера сгорания. Именно она формирует весь кластер его характеристик в зависимости от условий на входе и параметров полета.

Конструкция камер сгорания может быть различной. Один из вариантов камеры сгорания ПВРД, работающих при $M_H = 2,0-2,5$ приведен на рис. 1. [1]

Воздух из входного диффузора входит в камеру сгорания. Поскольку обычно коэффициент избытка воздуха существенно больше единицы, то воздушный поток делится на первичный, проходящий через жаровую (огневую) часть камеры, и вторичный, проходящий через кольцевое пространство между жаровой трубой 1 и корпусом 2. Вторичный воздух охлаждает камеру и полностью или частично смешивается с горячими продуктами сгорания. На входе в камеру размещается так называемое фронтное устройство, состоящее из турбулизаторов 3 (решетка), топливных форсунок 4 и стабилизаторов 5. Во многих случаях здесь же устанавливается форкамера 6.

При скорости полета 3,0–3,5 числа Маха параметры топливо-воздушной смеси (p_2 , T_2) оказываются такими, что может быть обеспечено полное сгорание при отсутствии турбулизаторов. Кроме того, представля-

ется возможным, не выходя за габариты входного диффузора, существенно уменьшить скорости воздуха на входе в камеру сгорания. Указанное позволяет упростить конструкцию стабилизирующих устройств и уменьшить соответственно вносимые ими гидравлические сопротивления.

Одной из основных характеристик камеры сгорания является коэффициент выделения тепла, представляющий собой отношение приращения полного теплосодержания газа, проходящего через камеру сгорания в секунду, к теплотворной способности всего топлива, поданного в камеру за секунду [22]:

$$\eta_{KC} = \frac{(i_{KC}^* - i_2^*) \cdot G_G}{G_T \cdot H_u}.$$

Обычно эти потери характеризуют относительной величиной

$$\sigma_{KC} = P_{KC}^* / P_2^*,$$

называемой коэффициентом восстановления полного давления в камере сгорания.

Важным параметром является также теплонапряженность камеры, представляющая собой отношение тепла, подведенного в камеру к газу в час, к объему камеры сгорания и к полному давлению воздуха на входе в камеру:

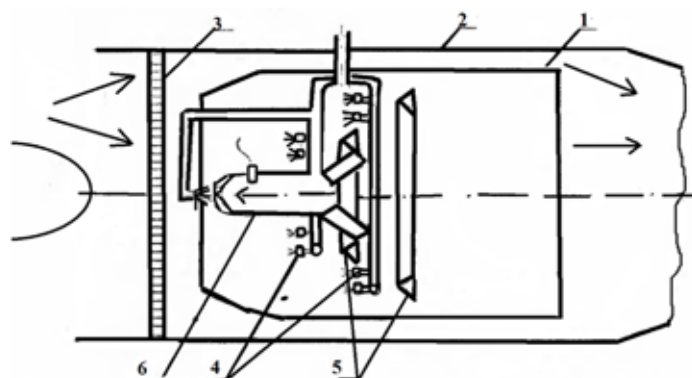


Рис. 1. Схема камеры сгорания ПВРД: 1 — жаровая труба, 2 — корпус камеры (двигателя); 3 — решетка; 4 — форсунки; 5 — кольцевые стабилизаторы пламени; 6 — форкамера.

$$q_{KC} = \frac{\eta_{KC} \cdot G_T \cdot H_u}{V_{KC} \cdot P_2^*} \cdot \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{атм} \cdot \text{час}} \right].$$

Камеры сгорания в значительной степени влияют на параметры ПВРД и надежность его работы. Поэтому к камерам сгорания предъявляется ряд требований. Основными из них являются [1]:

- устойчивость горения топливо-воздушной смеси во всем диапазоне рабочих режимов. Это условие является весьма важным, определяющим надежность работы ПВРД;

- высокая полнота сгорания топлива. Чем выше полнота сгорания, тем меньше удельный расход топлива. При этом увеличивается дальность и продолжительность полета;

- малые потери полного давления. Как уже отмечалось, при относительно малых величинах M_n влияние указанных потерь на параметры двигателя значительно. При возрастании потерь полного давления (уменьшении σ_{KC}) увеличивается удельный расход топлива и уменьшается удельная тяга двигателя;

- надежное воспламенение. Это требование особенно трудно выполнимо, если запуск двигателя производится на малых скоростях полета, при которых давление и температура воздуха на входе в камеру малы;

- высокая теплонапряженность. Чем выше теплонапряженность, тем меньше размеры камер сгорания.

Для обеспечения работы камеры сгорания необходимо выполнение четырех основных условий:

- 1) жидкое топливо должно быть испарено, перемешано с воздухом, и полученная топливовоздушная смесь подогрета;

- 2) доли паров топлива и воздуха в смеси должны соответствовать стехиометрическому соотношению (в соответствии с химической реакцией), при котором будет обеспечено ее воспламенение;

- 3) равенство скорости потока в точке воспламенения скорости распространения пламени;

- 4) Температура топливовоздушной смеси должна быть не меньше температуры воспламенения топлива.

Для выполнения условия 1 жидкое топливо, подаваемое в камеру сгорания, распыливается на капли с помощью форсунок. В потоке воздуха капли испаряются, и образовавшиеся пары топлива перемешиваются с горячим воздухом. В результате получается подогретая топливовоздушная смесь с заданной долей (концентрацией) топлива.

В камерах сгорания СПВРД условия 2, 4 выполняются в зонах течения за стабилизаторами. Стабилизаторы представляют собой плохо обтекаемые тела — отдельные конусы, кольца из углового профиля и т.п. Качественная схема течения газа возле плоского V-образного стабилизатора приведена на рис. 2. [2]

В камере сгорания СПВРД основное количество горючей смеси поджигается с помощью форкамеры. Форкамера представляет собой небольшую (относительно размеров основной камеры) камеру сгорания с малой скоростью движения горючей смеси, которую можно легко воспламенить, например, с помощью искровой электрической свечи. Форсунки, служащие для распыливания топлива, располагаются на топливных коллекторах, представляющих обычно кольца, выполненные из трубок круглого или эллиптического сечения, в которые подается горючее. Подача горючего может осуществляться как против потока, так и по его направлению. Коллектор устанавливается на небольшом расстоянии перед каждым стабилизатором. Такое расположение позволяет получать в зоне стабилизатора наиболее благоприятные для горения соотношения топлива и воздуха.

Наибольшее значение имеют характеристики, изображающие зависимость коэффициента тепловыделения или полноты сгорания η_{CT} и коэффициента сопротивления камеры ξ от избытка воздуха α при заданном дав-

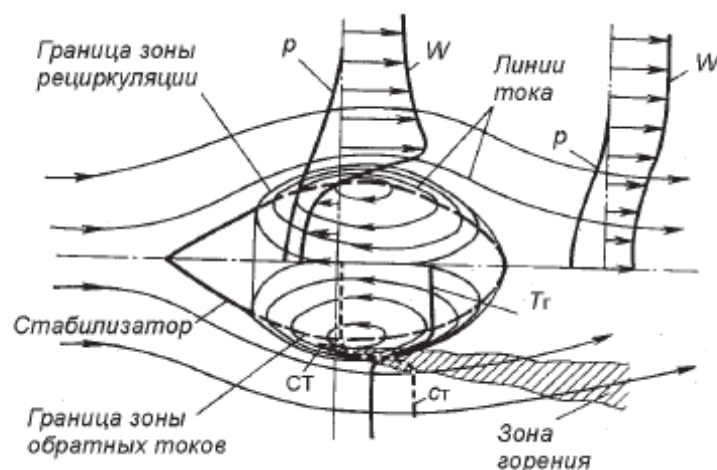


Рис. 2. Схема течения газа возле стабилизатора

лении торможения набегающего потока и заданном относительном сечении выхода [1].

Идеальной является такая камера, у которой во всем рабочем диапазоне составов смеси коэффициент тепловыделения близок к единице $\eta_{\text{ст}} = 1$ и коэффициент сопротивления близок к нулю: $\xi = 0$.

При увеличении топливоподачи до $\alpha < 1$ полнота сгорания снижается вследствие недостачи кислорода. Коэффициент давления камеры $\sigma_{\text{КС}}$ зависящий от скорости потока, с уменьшением избытка воздуха α увеличивается за счет убыли скорости в начале камеры w_2 и уменьшения приведенной скорости λ_2 .

Увеличение относительной величины проходного сечения $F_{\text{КР}} = F_{\text{КР}}/F_{\text{КС}}$, которым на данном режиме определяется расход газов через камеру, сопровождается увеличением скорости в начале камеры w_2 и приведенной скорости λ_2 ; при этом местные потери давления растут, а коэффициент тепловыделения $\eta_{\text{ст}}$ убывает.

При увеличении высоты полета H давление в камере уменьшается и может стать ниже 760 мм рт. ст. При чрезмерном падении давления условия смесеобразования и горения ухудшаются и коэффициент тепловыделения уменьшается. Особенно заметно падение $\eta_{\text{ст}}$ с высотой у дозвуковых камер, в которых давление торможения бывает выше атмосферного не более чем в 1,8 раза. Сверхзвуковые камеры, в которых давление торможения в десятки раз превышает атмосферное, сохраняют хорошую полноту сгорания до значительно больших высот полета, чем дозвуковые камеры.

При увеличении скорости полета давление и температура торможения набегающего потока увеличиваются. Скорость в начале камеры w_2 с увеличением скорости полета M_∞ растет до тех пор, пока относительное критическое сечение выходного сопла может оставаться постоянным. При $M_\infty > 3$ сжимаемость воздуха становится настолько значительной, что возникает необходимость уменьшать критические сечения двигателя. После перехода за $M_\infty \approx 3$ проходные сечения двигателя приходится

уменьшать, скорость в начале камеры убывает, а давление и температура торможения продолжают расти. Условия горения в сверхзвуковых двигателях тем лучше, высотность тем больше, сгорание тем полнее, а сопротивление камеры тем меньше, чем больше скорость набегающего потока M_∞ . Организовать горение в сверхзвуковых камерах проще, чем в дозвуковых.

Температура пограничного слоя тела, обдуваемого сверхзвуковым потоком, бывает на 10–15 % меньше температуры торможения. При сверхзвуковых скоростях температура внешних стенок двигателя на участках сжатия и смесеобразования составляет сотни градусов выше нуля, в то время как при полете в стратосфере с дозвуковыми скоростями она падает до нескольких десятков градусов ниже нуля.

В зоне горения стенки камеры с внешней стороны обдуваются потоком воздуха, температура которого близка к температуре торможения T_∞ , а с внутренней стороны — горячими газами, температура которых близка к $T_{\text{КС}}$.

Охлаждение камеры окружающим воздухом возможно, если $T_\infty < 700^\circ \text{K}$, т. е. при $M_\infty < 3,5$. При более высоких скоростях потока нельзя допускать непосредственного соприкосновения между продуктами сгорания и стенками камеры: необходимо организовать обдув стенок воздухом также и с внутренней стороны.

Если при соприкосновении несгоревших газов со стенками камеры температура газов падает ниже температуры воспламенения $T_{\text{восп}}$, горение прекращается — наличие холодных стенок снижает полноту сгорания. Поэтому для камер с высокой экономичностью усиленное охлаждение стенок нежелательно. Выгоднее всего внутренние стенки камеры поддерживать при температуре выше $T_{\text{восп}} > 800 \text{ K}$.

Таким образом именно потери в камере сгорания определяют качество работы двигателя и, соответственно, параметры и лётно-тактические характеристики летательного аппарата.

Литература:

1. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей/Под ред. С. М. Шляхтенко. Учебник для вузов — 2-е издание., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 568 с.
2. Зуев, Ю. В., Лепешинский И. А. Приближенный газодинамический расчет сверхзвукового прямооточного воздушно-реактивного двигателя: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2009. — с.: ил.

Новая конструкция ходовых колес мостовых кранов

Фидровская Наталья Николаевна, доктор технических наук, профессор;

Слепужников Евгений Дмитриевич, аспирант

Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков)

Чернышенко Александр Вячеславович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Варченко Иван Сергеевич, кандидат технических наук, ассистент

Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков);

В статье рассмотрены экспериментальные исследования динамических нагрузок, которые возникают при передвижении обычных ходовых колес и колес с эластичными вставками, которые расположены в ободке. Вставка имеет ступенчатую форму и входит в пазы, нарезанные на внутренней поверхности колеса.

Экспериментальные исследования проводились на холостых и приводных колесах механизма передвижения грузовой тележки мостового крана.

Для регистрации вибрации колес, которые установлены на тележке крана были выбраны два вибродатчика Д 14, установленные в корпусе буксы кранового колеса.

Как показали эксперименты, применение колес с эластичными вставками значительно уменьшает динамические нагрузки и тем самым улучшает работу механизма передвижения.

Ключевые слова: колесо ходовое, динамические нагрузки, механизм передвижения, эластичные вставки, экспериментальные исследования.

In the article it is considered experimental studies of dynamic loadings, which appears during the moving of usual motion wheels and wheels with elastic inputs, which are situated in the rim. The input has steps form and goes into the hollow, cut in the inner side of surface of the wheel.

The experimental studies were taken on the idle and on driving wheels of mechanism of moving load cart of bridge tap.

For registration of vibration of the wheels which are installed on the cart of a crane were chosen two vibro dating mechanism D 14, installed in the corpus of buks of crane's wheel.

As experiments showed, the use of the wheels with the elastic inputs are much lessen dynamic loading which makes better the work of mechanism of moving.

Key words: motion wheel, dynamic loadings, mechanism of movement, elastic inputs, experimental studies.

Вступление. Наиболее вероятными причинами отказов мостовых кранов являются малый срок службы крановых колес и подкрановых рельс, разрушения от усталости концевых балок, тихоходных валов механизмов передвижения с навесными редукторами, расшатывания и износа рельсового пути, сход колес с рельс, поломка направляющих роликов для кранов с безребордными ходовыми колесами. В основном выбраковка колес проходит вследствие износа реборд. Одной из причин такого износа являются динамические силы, которые появляются во время передвижения грузовой тележки и моста крана.

Анализ последних исследований и публикаций. Динамические нагрузки, которые возникают в мостовых кранах при передвижении ходовых колес рассматривались в работах многих известных ученых, таких как Б.С. Ковальский [1], М.П. Александров [2], Н.А. Лобов [3], С.А. Казак [4], М.М. Гохберг [5], В.А. Вайнсон [6], Д. Калкер [7], и другие. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что при передвижении крана появляются довольно значимые динамические силы, которые приводят к уменьшению долговечности и надежности работы крановых колес мостового крана. Нагру-

женность крановой металлоконструкции при работе механизма передвижения определяется двумя составляющими — статическими силами от веса груза и крану и динамическими нагрузками, которые возникают в период его нестационарного движения.

В период движения крана с постоянной скоростью поперечные силы имеют колебательный нестабильный характер, что объясняется наявностью поперечных упругих колебаний моста и приводит к поперечным смещениям всех ходовых колес, а также появлением контактных сил, которые действуют на реборды колес со стороны рельс.

Изложение основного материала. Для уменьшения динамических нагрузок нами было предложено использование ходовых колес с эластичными вставками рисунок 1.

Колесо ходовое крановое с упругим кольцом (1), которое расположено в ободке (2), отличается тем, что упругая вставка имеет ступенчатую форму, которая входит в пазы, нарезанные на внутренней поверхности колеса.

Экспериментальные исследования проводились на холостых и приводных колесах механизма передвижения грузовой тележки мостового крана.

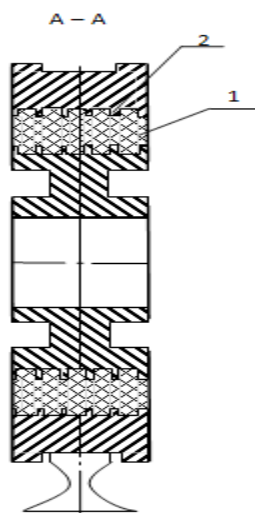


Рис. 1. Колесо ходовое крановое с упругим кольцом

Для регистрации вибрации колес, установленных на тележке крана были выбраны два вибродатчика Д 14, которые были установлены в корпус буксы кранового колеса и своими щупами упирались во внешнее кольцо подшипника качения. Первый датчик предназначался для фиксации осевой вибрации, а другой для фиксации радиальной вибрации. Сигнал от двух датчиков передавался на усилитель ZETLAB с последующей трансляцией сигнала на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В качестве АЦП

было использовано универсальное ZETLAB, с возможностью оцифровки 14 бит и тактовой частотой 140 кГц, которое позволяет не только преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой, но и цифровой в аналоговый.

Установка датчиков для регистрации шума и вибрации ходового колеса тележки мостового крана приведена на рисунке 2, а принципиальная схема подключения показана на рисунке 3.



Рис. 2. Установка датчиков регистрации шума и вибрации на буксу ходового колеса тележки мостового крана

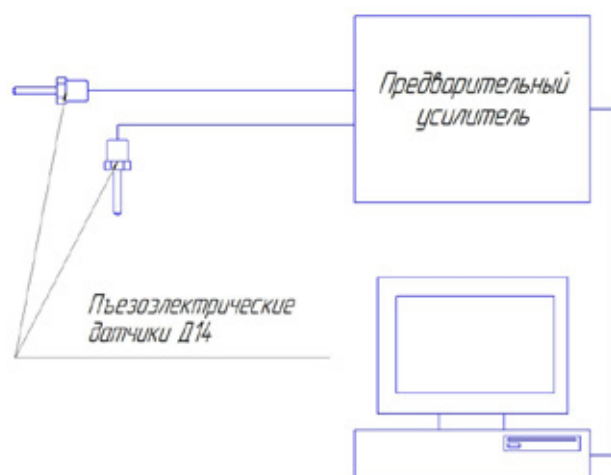


Рис. 3. Схема подключения вибродатчиков к АЦП компьютера

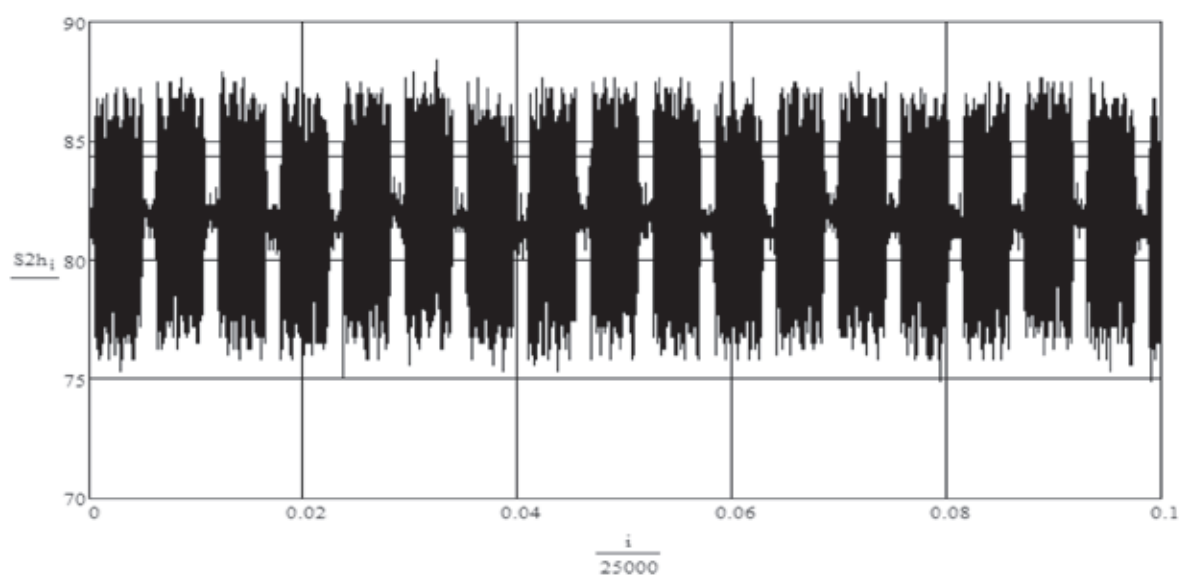


Рис. 4. Характер динамических нагрузок, действующих на крановое колесо

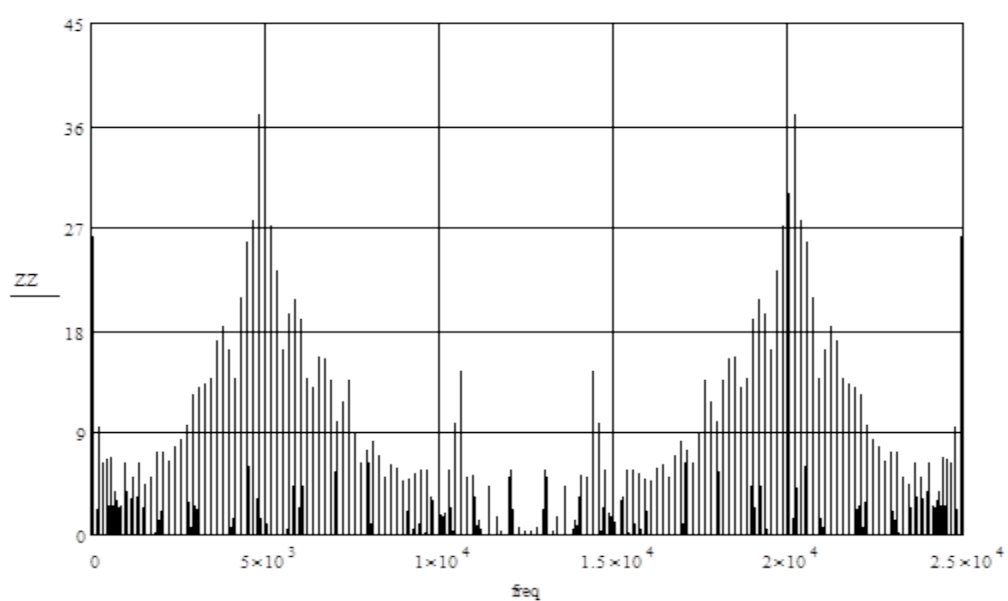


Рис. 5. Уровень вибрации буксы колеса: а – колесо старой конструкции; б – колесо с упругой вставкой

В качестве программы для регистрации и анализа сигнала была выбрана программа ZETLAB, позволяющая не только отображать сигнал в режиме реального времени с возможностью масштабирования, но и позволяет проводить оцифровку сигнала с возможностью дальнейшей обработки результатов в разных стандартных программах. Также эта программа позволяет проводить запись сигнала, длина записи ограничена только аппаратными воз-

можностями компьютера и объемом жесткого диска гармоничных составляющих.

Метод позволяет найти и определить характер динамичных нагрузок, действующих на крановое колесо со стороны грузовой тележки.

Выводы. Как показали результаты проведенных экспериментов, уровень вибрации при передвижении колеса с упругой вставкой намного меньше, чем у обычного ходового колеса.

Литература:

1. Ковальский, Б. С. Вопросы передвижения мостовых кранов/Б. С. Ковальский — Луганск.: Восточноукраинский государственный университет, 1997. — 39 с.
2. Александров, М. П. Грузоподъемные машины/М. П. Александров. М.: Высш. шк., 2000, — 552 с.
3. Лобов, Н. А. Динамика передвижения кранов по рельсому пути/Н. А. Лобов — М. — Из-во МГТУ, 2003. — 232 с.
4. Казак, С. А. Динамика мостовых кранов/С. А. Казак — М.: Машиностроение., 1968. — 332 с.
5. Гохберг, М. М. Металлические конструкции/М. М. Гохберг. — М.: Машиностроение, 1989.—399 с.
6. Вайнсон, А. А. Подъемно-транспортные машины/А. А. Вайнсон. — М.:Машиностроение, 1989.—563 с.
7. Kalker, J. J. Review of wheel-mil milling contact theories. The general problem of milling contact. ASME. P. 77–82.
8. Scheffler, M. Krafteverteilung und Gleichlauf in Schienfahrwerka von Kranen Dt. Hebe-u. Fordertechn. 13 (1967) 5,6-s. 17–21.

8. СТРОИТЕЛЬСТВО

Мониторинг эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов

Ефремов Александр Михайлович, аспирант

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва)

Работа посвящена проблеме создания методического подхода к расчету эффективности инвестиций в природоохранную сферу. Описаны особенности оценки природоохранных мероприятий: эффективность затрат на охрану окружающей среды выражается в виде предотвращенных потерь и затрат, возникающих в результате загрязнения окружающей среды; эффект от природоохранных мероприятий имеет четко выраженный региональный характер; социальный эффект не всегда поддается стоимостной оценке, то есть не может быть измерен.

Ключевые слова: магистральный нефтепроводов; природоохранные мероприятия; система мониторинга; экологическая безопасность; нефтетранспортные предприятия; материально-технические ресурсы.

The work is devoted to the creation of a methodological approach to the calculation of the efficiency of investment in environmental protection. The features of evaluation of environmental measures: cost-effectiveness of environmental protection is expressed in the form of avoided losses and expenses arising from environmental pollution; the effect of environmental measures has a distinct regional character; social impact is not always amenable to valuation, that is, can not be measured.

Keywords: pipelines; environmental protection measures; monitoring system; environmental security; oil transportation company; material and technical resources.

Контроль над техническим состоянием и режимами работы отдельных участков магистральных нефтепроводов, а также всего магистрального нефтепровода определяется в основном в штатном режиме с помощью показателей на основании анализа режимов работы [1, 2]. Знание показателей, характеризующих работу и техническое состояние магистрального нефтепровода, необходимо для совершенствования стратегии и качества ремонтно-восстановительных работ, проводимых на линейной части магистральных нефтепроводов, и уточнения их сроков.

На нефтетранспортных предприятиях накоплен большой опыт эксплуатации крупных магистральных нефтепроводов большого диаметра и постоянно ведется работа, направленная на обеспечение надежности и безопасности эксплуатации линейной части [3]. Ежегодно выполняются запланированный комплекс ремонтно-восстановительных работ для замены дефектных участков магистральных нефтепроводов и обследуется вся трасса магистральных нефтепроводов на предмет выявления утечек транспортируемого продукта.

Нефтетранспортные предприятия планируют и, по мере выделения финансовых средств, выполняют капитальный ремонт и реконструкцию потенциально опасных участков

магистральных нефтепроводов и их оснащение системами контроля и управления [4, 5].

Одним из важных направлений повышения технической безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов является проведение внутритрубной дефектоскопии. Этот способ диагностики имеет большое значение для дефектации, отбраковки участков трубопроводов и определения объема первоочередных ремонтных работ линейной части магистральных нефтепроводов.

Ремонтируемый участок отключают от магистрали, вскрывают до нижней образующей, приподнимают на бровку траншеи с одновременной очисткой поверхности труб от старой изоляции и укладывают на лежки. Далее проводят ремонтно-восстановительные работы, окончательно очищают, наносят новое изоляционное покрытие и опускают его в траншею. Траншею засыпают, устраивают валик над нефтепроводом и проводят работы по рекультивации земли.

Описанный метод, применяемый при ремонте участков магистральных нефтепроводов большой протяженности, позволяет осуществлять всю технологическую цепочку работ поточно с использованием определенного ресурсного обеспечения. Совершенствование ремонтно-восстановительных работ, повышающих надежность и эко-

логическую безопасность магистральных нефтепроводов, обуславливает реализацию природоохранных мероприятий, в частности, проведение работы по рекультивации земли [6]. При этом, эффективность затрат на охрану окружающей среды выражается в виде предотвращенных потерь и затрат, возникающих в результате загрязнения окружающей среды; эффект от природоохранных мероприятий имеет четко выраженный региональный характер; социальный эффект не всегда поддается стоимостной оценке, то есть не может быть измерен. Поэтому необходимо разрабатывать систему мониторинга природоохранных мероприятий при эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов и стандарты по ресурсному нормированию [7, 8].

Ресурсное нормирование может быть основано на экспертной оценке, на расчете надежности или же на расчетной модели допустимого снижения работоспособности [9]. Первый способ может быть разработан непосредственно местным персоналом нефтетранспортного предприятия. Значимость полученных результатов зависит от квалификации экспертов — инженерно-технических работников, специалистов этого производства.

Ресурсное нормирование на основе расчета надежности отвечает государственному стандарту, согласно которому ресурс является наработкой, определяющей содержание и последовательность ресурсного нормирования. Это нормирование складывается из следующих этапов: накопление статистических данных по отказам; обобщение этих данных в виде опытных распределений; подбор эмпирической зависимости и определение средней наработки до отказа

Нормирование ресурса, основанное на расчетной модели допустимого снижения работоспособности, определяется согласно соответствующим стандартам [10]. Исходными данными для расчета ресурсных нормативов может быть различная документация, находящаяся на производстве: ведомости специальных и регламентных ремонтных работ, ремонтные формуляры, аварийные

акты, протоколы стендовых и эксплуатационных испытаний, отчеты о работе агрегатов и т.д. Снижение интенсивности износных воздействий на линейную часть магистрального нефтепровода является одной из эффективных мер по увеличению ресурса. Это можно достичь улучшением качества электрохимической защиты линейной части магистрального нефтепровода от коррозии. Таким образом, в отдельных случаях ресурсного нормирования следует учитывать изменение физико-механических свойств линейной части магистрального нефтепровода в зависимости от времени в процессе эксплуатации. В этих условиях профилактика или ремонт могут оказаться запоздалыми, и превратится в послеотказное восстановление или же преждевременными.

Мониторинг эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов на основе ресурсного нормирования является начальным этапом рационализации работ по обслуживанию и ремонту, упорядочения расходования ремонтных материально-технических ресурсов. Это является основой дальнейшей рационализации всего эксплуатационного процесса, включая разработку проблем по определению оптимальных эксплуатационно-ремонтных циклов. Таким образом, эффективное регулирование траты и восстановления ресурсов намечается следующими основными направлениями: разработкой оптимальных, расчетных структур эксплуатационно-ремонтных циклов для линейной части магистральных нефтепроводов; разработкой равномерного набора ресурсов и сглаживание исходной их контрастности; проведением теоретических исследований по определению допустимого снижения работоспособности. Представленные три направления составляют необходимый комплекс работ по управлению ремонтно-восстановительными работами с учетом реализации системы мониторинга эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов рациональными методами.

Литература:

1. Мазур, И.И., Иванцов О.М., Ансов С.П. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность трубопроводного транспорта. — М.: МГФ Знание, 2002. — 749 с.
2. Гумеров, А.Г., Гумеров Р.С., Гумеров К.М. Безопасность длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов. — М.: Недра, 2003. — 310 с.
3. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). — М.: Изд-во Юрайт, 2011. — 682 с.
4. Вайншток, С.М. и др. Технологические регламенты (стандарты организации) Акционерной компании по транспорту нефти Транснефть. Промышленная, пожарная и экологическая безопасность объектов магистральных нефтепроводов. Товаротранспортные и учетные операции. — М.: Недра-Бизнесцентр, т. 6—7, 2006. — 725 с.
5. Мазур, И.И., Шапиро В.Д., Гинзбург А.В. и др. Инвестиционно-строительный инжиниринг. Справочник для профессионалов. — М.: Елима, 2008. — 1216 с.
6. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. — Л.: Химия, 1981. — 304 с.
7. Григорьев, М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А. Управление запасами в логистике: методы, модели, информационные технологии. — СПб.: Бизнес-пресса, 2006. — 368 с.
8. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 304 с.

9. Качалов, Р.М. Управление экономическим риском. Теоретические основы и приложения. — М.: Нестор-История, 2012. — 248 с.
10. Вишняков, Я.Л., Раздаев Н.Н. Общая теория рисков. — М.: Академия, 2008. — 368 с.

Прогнозирование показателей организационных процессов производства в условиях реализации технологических процессов ремонтно-строительными предприятиями

Лисин Игорь Юрьевич, аспирант

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва)

Работа посвящена проблеме создания методического подхода к расчету эффективного взаимодействия как исполнителей, так и отделов или служб ремонтно-строительных предприятий. Это зависит от организационной структуры органов управления. Показано, что повышение надежности управления способствует уменьшению количества исполнителей.

Ключевые слова: организационная система (ОС); ремонтно-строительное предприятие (РСП); организация; планирование; управление; строительно-монтажные работы (СМР).

The work is devoted to the creation of a methodological approach to the calculation of the effective interaction both performers and departments or services, repair and construction companies. It depends on the organizational structure of government. It has been shown that increasing the reliability of control reduces the number of performers.

Keywords: organizational system; repair and construction enterprise; organization; planning; management; construction and installation works.

Методы управления строительным производством требуют обработки значительных объемов информации и выработки сложных оптимизационных решений. Как обработка информации, так и выработка управляющих решений невозможны без активного участия человека. Поэтому главным звеном в системах управления строительным производством являются отделы и службы ремонтно-строительными предприятиями (РСП). Кроме того, эффективное функционирование систем управления строительным производством немыслимо без средств связи и широкого использования ПЭВМ [1–4].

Для построения работоспособных систем управления необходимо определение научно обоснованного уровня загрузки отделов и служб, электронно-вычислительная техника, а также четкое их взаимодействие. Уровень загрузки отделов и служб определяется численностью исполнителей, реализующих конкретную функцию управления. Эффективное взаимодействие как исполнителей, так и отделов или служб во многом зависит от организационной структуры органов управления. Автоматизация наиболее простых и трудоемких управленческих процессов способствует повышению уровня производительности труда и, следовательно, — при повышении надежности управления — уменьшению количества исполнителей.

Организационная система (ОС) ремонтно-строительного предприятия (РСП) и численность аппарата управления оказывают большое влияние на эффективность функционирования любых активных систем управ-

ления. В связи с резким возрастанием требований к эффективности управления в последние годы пристальное внимание уделяется научному обоснованию нормативов численности и структуры аппарата управления. Разрабатываются методики, методические рекомендации и нормативы [5].

Анализ отечественных и зарубежных исследований показывает, что формирование структуры аппарата управления и определение численности управленческого персонала, как правило, основываются на предварительно выявленных функциях управления. В свою очередь методика определения функций управления базируется на научных основах управления производством [6]. Однако специфика реализации функций управления в условиях применения электронно-вычислительной техники освещена еще недостаточно.

Все предложения и методики расчета численности управленческого аппарата на основе выявленных функций и задач управления можно подразделить на два основных направления.

Первое направление опирается на использование норм управляемости для разумного распределения работников по иерархическим уровням структуры аппарата управления.

Ко второму направлению относятся способы определения численности на основе выявления трудоемкости выполнения управленческих функций и разработки норм и нормативов.

Применительно к вопросам управления строительством объектов различного назначения с использованием экономико-математических методов [7, 8], направленных на решение задач организации и технологии строительства, можно выделить следующие основные функции:

1) планирование производственно-хозяйственной деятельности строительного предприятия (планово-экономическая функция);

2) организационное обеспечение строительства, технологическая подготовка, организация и руководство работами и вводом объектов в эксплуатацию (производственно-техническая функция);

3) подготовка проектно-сметной документации, контроль и учет (проектно-техническая функция);

4) организаций и обеспечение строительства материалами, деталями и конструкциями, контроль и учет (снабженческая функция);

5) диспетчеризация и оперативное руководство строительством объектов (функция оперативно-диспетчерского руководства);

6) механизация работ и автоматизация производственных процессов (функция механизации и автоматизации строительного производства).

В совокупности перечисленные функции представляют собой организационно-технологическое управление строительством, задачей которого является наиболее полное использование возможностей организации, механизации и технологии строительства для повышения эффективности и качества работы строительных предприятий, а также своевременного выполнения установленных заданий.

В свою очередь основной задачей организационно-технологического управления заказчика является обеспечение высокой эффективности капитальных вложений. Поэтому к функциям организационно-технологического управления заказчика относятся:

1) планирование капитального строительства (функция планирования);

2) контроль и надзор за ходом строительства и вводом объектов в эксплуатацию (функция контроля за ходом строительства);

3) организация, руководство, учет и контроль за разработкой и обеспечением строящихся объектов проектно-сметной документацией (функция обеспечения строительства проектно-сметной документацией);

4) организация и контроль обеспечения строящихся объектов оборудованием и материалами поставок заказчика (функция обеспечения строительства);

5) контроль качества выполняемых работ, применяемых материалов и оборудования, приемка и оплата выполненных работ (функция инженерно-технического контроля).

Трудоемкость выполнения конкретных функций управления определяется в основном следующими факторами: объемом капитальных вложений, осваиваемых в планируемом году (K [руб]); объемом строительного-мон-

тажных работ (CMP), выполняемых в планируемом году (K_{CMP} [руб]); количеством генподрядных и субподрядных организаций, ведущих строительство; количеством объектов, строящихся в планируемом году; количеством объектов проектирования, по которым в планируемом году будет вестись разработка; суммой ввода, реализуемой в планируемом году (B [руб]); общим количеством всех объектов управления; числом действующих норм в строительстве, подлежащих контролю за их соблюдением; стоимостью активных производственных фондов (Φ [руб]); суммарной численностью работников по всем объектам управления ($Ч$ [чел]).

Зависимость трудоемкости каждой функции управления от приведенных факторов устанавливается, как правило, путем статистической обработки имеющихся данных. Для различных видов строительства эти зависимости носят различный характер [9]. Вместе с тем трудоемкости функций управления зависят также от степени автоматизации обработки управленческой информации и от степени централизации, достигнутой в данном органе управления.

Остановка в выполнении ремонтно-строительных работ является отказом в операционной системе. Устранение отказа вызывает информационные потоки вверх по иерархии промежуточных полномочий и вниз.

Информационные потоки вверх по иерархии промежуточных полномочий: $S_N \rightarrow S_{N-1} \rightarrow \dots \rightarrow S_2 \rightarrow S_1 \rightarrow S_0$, где S_N — информация, содержащая сведения об отказе, поступающая менеджеру функциональных подсистем; S_{N-1} , S_{N-2}, \dots, S_2, S_1 — информация, обрабатываемая в отделах менеджеров иерархической структуры; S_0 — информация, обрабатываемая в стратегической вершине, включающей генерального директора РСР.

Выработанное управляющее решение образует информационный поток вниз по уровням иерархии: $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots \rightarrow S_{N-1} \rightarrow R_N \rightarrow R_{N+1}$, где R_N — производственный отдел в котором подготавливаются необходимые мероприятия и ресурсы устранения отказа; R_{N+1} — работоспособное состояние производственных подразделений.

Процесс переходов из состояния в состояние, а также время обработки информации и выработки управляющего решения, т.е. переход из i -го состояния в $(i + 1)$ — ое состояние, моделируется марковским или в общем случае полумарковским случайным процессом [10].

Общее время от возникновения отказа в ОС РСР до его устранения T представляет собой сумму случайных величин передачи информации из состояния в состояние и обработки информации с выработкой решений во всех состояниях. Закон распределения случайной величины T найти аналитически достаточно сложно. Однако это и не требуется. Основной показатель эффективности — это вероятность p , равная: $p = P\{T < T_{дир}\}$, где $T_{дир}$ — директивное время выполнения комплекса работ при сооружении объекта, которое устанавливается или определяется на этапе планирования строительного производства.

Величиной p можно управлять варьируя параметры ОС РСРП. Число задержек для выработки управляющих воздействий равно числу реализовавшихся отказов. Тогда принцип планирования и управления строительным производством можно описать следующим образом. В предположении, что процесс строительного производства происходит полностью безотказно — строительство могло бы закончиться за время T_b . Однако, так практи-

чески никогда не происходит. Поэтому срок окончания строительного производства по разным соображениям (в том числе с использованием статистических данных) допустимый срок строительства назначается равным $T_d > T_b$. Хотя для процедуры назначения T_d существуют различные модели, основу такой процедуры составляет опыт строительства объектов различного назначения и знания экспертов.

Литература:

1. Каверзина, Л. А., Каверзин В. А. Внутрифирменное планирование деятельности строительного предприятия. — М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. — 156 с
2. Хадонов, З. М. Организация, планирование и управление строительным производством. Организация строительного производства. — М.: Ассоциации строительных вузов, часть 1, 2009. — 368 с.
3. Хадонов, З. М. Организация, планирование и управление строительным производством. Планирование и управление строительным производством. — М.: Ассоциации строительных вузов, часть 2, 2009. — 320 с.
4. Юзефович, А. Н. Организация, планирование и управление строительным производством. — М.: Ассоциации строительных вузов, 2013. — 368 с.
5. Мазур, И. И., Шапиро В. Д., Гинзбург А. В. и др. Инвестиционно-строительный инжиниринг. Справочник для профессионалов. — М.: Елима, 2008. — 1216 с.
6. Гуяр, Ф. Ж. Преобразование организации. — М.: Дело, 2000. — 376 с.
7. Белолипецкий, А. А., Горелик В. А. Экономико-математические методы. — М.: Академия, 2010. — 368 с.
8. Гармаш, А. Н., Орлова И. В., Федосеев В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели. — М.: Юрайт, 2015. — 336 с.
9. Карманов, Ф. И., Острейковский В. А. Статистические методы обработки экспериментальных данных. — М.: Абрис, 2012. — 208 с.
10. Кельберт, М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. — М.: Московский центр непрерывного математического образования (МЦНМО), том 2, 2010. — 560 с.

Функционирование электрохимической защиты линейной части магистральных трубопроводов с учетом фактического состояния антикоррозионных покрытий

Неганов Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, докторант
Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина (г. Москва)

Работа посвящена проблеме создания методического подхода к расчету эффективных режимов работы станций катодной защиты системы электрохимической защиты магистральных трубопроводов с учетом фактического состояния антикоррозионных покрытий трубопроводов.

Ключевые слова: электрохимическая защита (ЭХЗ); станция катодной защиты (СКЗ); антикоррозионное покрытие (АКП); установка катодной защиты (УКЗ); линейная часть магистрального трубопровода.

The work is devoted to the creation of a methodological approach to the calculation of the effective modes of cathodic protection stations of electrochemical protection of pipelines, taking into account the actual state of anti-corrosion coatings of pipelines.

Keywords: electrochemical protection; cathodic protection station; anticorrosion coating; installation of cathodic protection; linear part of the pipeline.

Разработка методики расчета эффективных режимов работы станций катодной защиты системы электрохимической защиты линейной части магистральных трубопро-

водов с учетом фактического состояния антикоррозионных покрытий трубопроводов обусловлена современными требованиями по ведению непрерывного контроля, модели-

рованию и анализу технического состояния противокоррозионной защиты объектов трубопроводного транспорта в организациях системы ОАО «АК «Транснефть», оптимизации режимов работы системы электрохимической защиты (ЭХЗ) и выработки компенсирующих мероприятий, что в целом способствует повышению надежности объектов магистральных трубопроводов [1–3].

Основными факторами, влияющими на эффективность противокоррозионной защиты магистральных трубопроводов в условиях подземной прокладки, являются: коррозионная активность грунта, состояние антикоррозионного покрытия защищаемых объектов, параметры самих защищаемых объектов и характеристики средств защиты.

При этом, коррозионная активность грунта определяется его удельным электрическим сопротивлением, которое измеряется в полевых условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602–2005 [4].

Основным показателем качества антикоррозионного покрытия (АКП) объектов является его переходное сопротивление, учитывающее старение покрытия, а также появление различного рода дефектов. Методика оценки переходного сопротивления АКП на действующих трубопроводах изложена в ГОСТ 9.602–2005 и ГОСТ 9.908–85 [4, 5].

Действующая система ЭХЗ должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени катодную поляризацию защищаемых объектов на всей поверхности таким образом, чтобы значения защитных потенциалов на объектах были по абсолютной величине не меньше минимального и не больше максимального значений (ГОСТ Р 51164–98 [6]) в зависимости от условий прокладки и эксплуатации трубопровода.

Для обеспечения этого требования станции катодной защиты (СКЗ) системы ЭХЗ должны работать в заданных режимах, которые могут быть определены расчетным методом.

При разработке методики расчета эффективных режимов работы станций катодной защиты системы электрохимической защиты приняты следующие допущения и ограничения: не учитывается влияние блуждающих токов; не учитывается влияние биологической коррозии; не учитывается влияние отдельных установок ЭХЗ трубопроводов, проходящих в одном коридоре или пересекающихся с оцениваемым.

В основу математической модели процесса функционирования системы ЭХЗ положен численный метод конечных элементов [7–9], позволяющий учесть неоднородность параметров трубопровода, АКП и окружающей среды. Разработанная схема расчета включает условное изображение участка защитной зоны установки катодной защиты (УКЗ).

Основным параметром СКЗ является их ток, который зависит от основных параметров трубопровода, АКП трубы, внешней среды и обеспечивает требуемый уровень защиты трубопровода или соответствующие защитные потенциалы.

Напряжение СКЗ и соответственно потребляемая мощность являются вторичными параметрами, определяемыми соответствующими сопротивлениями УКЗ и трубопровода.

При решении задач по расчету оптимальных режимов работы СКЗ системы ЭХЗ магистральных трубопроводов с учетом фактического состояния антикоррозионных покрытий трубопроводов целевую функцию необходимо формировать с использованием обеспечиваемых СКЗ токов.

Задачу выбора оптимальных режимов работы СКЗ можно сформулировать следующим образом: минимизировать значение функционала: $F(\varphi_{УКЗ,1}, \varphi_{УКЗ,2}, \dots, \varphi_{УКЗ,i}, \dots, \varphi_{УКЗ,n}) = \sum_{i=1, n} I_{УКЗ,i}(\varphi_{УКЗ,i})$, при ограничениях $\varphi_{min} < \varphi_i < \varphi_{max}$, $I_{УКЗ,i}(\varphi_{УКЗ,i}) < I_{УКЗmax}$, $U_{УКЗ,i}(\varphi_{УКЗ,i}) < U_{УКЗmax}$, $i = 1, 2, \dots, n$, где $\varphi_{УКЗ,i}$ — защитные потенциалы за вычетом естественного потенциала установленных СКЗ в точках дренажа (варьируемые переменные); φ_i — защитные потенциалы за вычетом естественного потенциала в узлах конечно-элементной сетки; φ_{min} , φ_{max} — допустимые минимальные и максимальные защитные потенциалы за вычетом естественного потенциала; $I_{УКЗ,i}(\varphi_{УКЗ,i})$ и $U_{УКЗ,i}(\varphi_{УКЗ,i})$ — токи и напряжения установленных СКЗ; $I_{УКЗmax}$ и $U_{УКЗmax}$ — допустимые значения токов и напряжений СКЗ.

Учитывая отсутствие аналитического выражения для приведенного функционала, оптимизационная задача может быть решена численными методами с применением персональных компьютеров.

Для этих целей была разработана расчетная программа с использованием программного обеспечения Mathcad 15 [10]. Для поиска оптимального значения функционала в программном обеспечении Mathcad 15 используется численный метод сопряженных градиентов для нелинейных функций [11]. Метод сопряженных градиентов является развитием метода наискорейшего спуска. Направление, в котором ищется минимум, в этом методе выбирается как линейная комбинация градиента в текущей точке и предыдущего направления поиска.

Определение эффективных режимов работы станций катодной защиты осуществляется в определенной последовательности.

Этап 1. Сбор, анализ и предварительная подготовка исходных данных для оцениваемых объектов трубопроводного транспорта: данные по коррозионной агрессивности грунтов; данные по коррозионному состоянию объектов магистральных трубопроводов — состояние АКП; данные по основным параметрам защищаемых объектов магистральных трубопроводов; данные по средствам ЭХЗ объектов магистральных трубопроводов.

Этап 2. Моделирование процессов функционирования СКЗ и оптимизация режимов их работы.

Этап 3. Анализ результатов моделирования и выработка рекомендаций по обеспечению эффективной защиты объектов магистральных трубопроводов от коррозионных повреждений.

Исходные данные для реализации расчета эффективных режимов работы станций катодной защиты:

— данные по трубам (диаметр трубы [мм], толщина стенки трубы [мм], глубина укладки до верхней образующей трубы [м] и продольное сопротивление [Ом/м];

— антикоррозионное покрытие (сопротивление [Ом \times м²];

— внешние условия (удельное сопротивление грунта [Ом \times м];

— станции катодной защиты (рабочее напряжение СКЗ [В], рабочий ток СКЗ [А], параметры дренажных и анодных кабелей — длина, сечение, удельное сопротивление;

— потенциалы, измеренные на трубопроводе при диа-

гностике (защитный потенциал [В], естественный потенциал [В].

Для апробации разработанной программы был проведен расчет эффективных режимов работы СКЗ системы ЭХЗ для линейной части магистрального нефтепровода Куйбышев — Тихорецк. Графическая интерпретация результатов анализа функционирования СКЗ существующей системы ЭХЗ линейной части магистрального нефтепровода Куйбышев — Тихорецк приведена в работе [12] и показывает, что предлагаемая методика обеспечивает определение эффективных режимов работы станций катодной защиты системы электрохимической защиты линейной части магистрального трубопровода с учетом фактического состояния их антикоррозионных покрытий.

Литература:

1. Хижняков, В.И., Жендарев П.А. Обеспечение эксплуатационной надежности магистральных газонефтепроводов в процессе длительной эксплуатации. — Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2013, № S4 (1), с. 374–378.
2. Притула, В.В. Концепция обеспечения промышленной безопасности магистральных газопроводов в условиях коррозионного влияния окружающей среды/Территория Нефтегаз. 2009. — № 6. — с. 46–51.
3. Глазов, Н.П. Электрохимическая защита стальных подземных трубопроводов от коррозии // Практика противокоррозионной защиты. 2004. — № 1. — с. 10–18.
4. ГОСТ 9.602–2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. — М.: Стандартинформ, 2010. — 55 с.
5. ГОСТ 9.908–85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. — 17 с.
6. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии — М.: ИПК Издательство стандартов. 1998. — 42 с.
7. Иваненков, В.В., Гиззатуллин Р.Р., Гумеров К.М. Моделирование работы ЭХЗ методом конечных элементов. — Нефтегазовое дело, 2008, т. 6, № 2, http://ogbus.ru/authors/Ivanenkov/Ivanenkov_1.pdf.
8. Болотнов, А.М., Глазов Н.П. и др. Математическое моделирование и численное исследование электрических полей в системах с протяженными электродами. — Вестник Башкирского университета, 2006, № 2, с. 17–21.
9. Ткаченко, В.Н. Электрохимическая защита трубопроводных сетей. — М.: Стройиздат, 2004. — 320 с.
10. Кирьянов, Д.В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 432 с.
11. Гилл, Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. — М.: Мир, 1985. — 509 с.
12. Скуридин, Н.Н., Кузнецов А.А., Неганов Д.А., Глушков С.Ю. Определение оптимальных режимов работы станций катодной защиты системы электрохимической защиты магистральных трубопроводов. — Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, 2011, № 4, с. 90–94.

Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона

Попова Екатерина Сергеевна, студент

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Важность поставленного вопроса обусловлена существующими реалиями. За последнее десятилетие очень сильно возросло количество автомобилей, постоянно возрастают грузопотоки, скорости движения и грузоподъемности автомобилей — всё это привело к такому росту динамического воздействия на дорожную сеть страны, что на сегодняшний день она оказалась не способной со-

ответствовать восприятию таких нагрузок. Значительная часть федеральных дорог имеет высокую степень износа и исчерпала свою пропускную способность. По данным Федерального дорожного агентства протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием в РФ к 2015 году составила 519544,4 км [1]. При этом достаточно большой процент не отвечает нор-



Рис. 1. Протяженность автомобильных дорог

мативным требованиям, что касается автомобильных дорог, относящихся к Тюменской области, здесь не отвечают нормативным требованиям 43,9 % дорог, в ХМАО — 18,6 %, в ЯНАО — 14,5 %. Данную статистику наглядно можно увидеть на рисунке 1.

На сегодняшний день перед дорожниками стоят задачи по внедрению эффективных технологий строительства и реконструкции автомобильных дорог. Создаются стратегии и программы модернизации, но ни в одном документе планирования строительства дорог не говорится о внедрении новых технических решений. Предлагаются способы улучшения асфальтобетона, который является, в основном, не жестким покрытием с низкой морозостойкостью, плохо реагирует на жару, подвержен колееобразованию, работает всего в течении 2–5 лет, особенно в условиях нарастания максимальных нагрузок на дорожное полотно и фактически дороги подлежат ремонту уже через 3–4 года. В тоже время из-за нестабильного положения в экономике, цена на битум растет вместе с ценой на нефть, одновременно растут и бюджеты на строительство. Поэтому проблема качества дорожного покрытия существует и требует решения. Одним из путей решения

проблем качества в дорожном строительстве является повышение долговечности дорожных одежд путём расширения применения цементобетона [2].

Стоимость конструкций с покрытиями из цементобетона в настоящее время сопоставима со стоимостью конструкций с асфальтобетонными покрытиями. Расчет стоимости был произведен с использованием данных стоимость 1 кв. м покрытия автомобильной дороги 1 технической категории (МКАД — Кашира) [3]. Расчетные данные представлены в таблице 1.

Так, стоимость 1 кв. м покрытия автомобильной дороги 1 технической категории (МКАД — Кашира) с цементобетонным покрытием составляет 1352,13 руб., а с асфальтобетонным покрытием — 1378,70 руб. При этом сроки службы цементобетонных покрытий в несколько раз выше, такие покрытия первые 10–12 лет эксплуатации практически не требуют никакого ремонта, затраты на обслуживание цементобетонных дорог значительно меньше затрат на асфальтобетонных. Высокая долговечность бетона позволяет сократить расходы на содержание и ремонт до минимума. Применяя цементобетон на современном уровне, с использованием специальных добавок, регулирующих

Таблица 1. Сравнительная стоимость 1 кв. м конструкции дорожной одежды

Жесткая дорожная одежда	Стоимость с НДС, руб.	Нежесткая дорожная одежда	Стоимость с НДС, руб.
Цементобетон В30/Вtb 4,0–24 см	734,18	Мелкозернистый асфальтобетон на ПБВ, тип А, марка 1–5 см	230,63
		Крупнозернистый асфальтобетон марка 1–7 см	240,55
		Пористый асфальтобетон марка 1–8 см	258,94
Тощий бетон — 18 см	352,31	Тощий бетон — 25 см	382,94
Технологический слой из щебня М: 600–15 см	112,95	Технологический слой из щебня М: 600–15 см	112,95
Морозозащитный слой — 50 см	152,69	Морозозащитный слой — 50 см	152,69
Итого стоимость 1 кв. м конструкции защитной одежды	1352,13	Итого стоимость 1 кв. м конструкции защитной одежды	1378,70

сроки схватывания, прочность, морозостойкость, инновационных методов укладки и ухода за бетоном, с реализацией новых конструкций дорожных одежд, отвечающих современным методам можно добиться повышения качества дорожного покрытия и увеличения показателей надежности и долговечности автомобильных дорог. Помимо прямых экономических выгод от строительства, данное покрытие обеспечивает такие технико-экономические преимущества при эксплуатации дороги как:

Высокая прочность цементобетона и общая жесткость дорожных одежд с цементобетонными покрытиями, способными выдерживать нагрузки, намного превышающие проектные для асфальтобетона, при одинаковых условиях и требованиях;

— Большой срок службы цементобетонного покрытия (по данным многочисленных исследований отечественной и зарубежной практики в 1,5–2 раза больше, чем у асфальтобетонного);

— Рост прочности цементобетона во времени, что способствует поддержанию его высоких транспортно-эксплуатационных качеств без значительных ремонтов на длительные сроки, снижая, тем самым затраты на его эксплуатацию;

— Способность цементобетонной дорожной одежды существенно облегчать работу земляного полотна при проезде тяжелых транспортных средств, когда за счет жестких плит цементобетона нагрузка распределяется равномерно, тем самым значительно снижая ее воздействие на подстилающие грунты дорожной конструкции; отсюда и долговечность конструкции в целом;

— Стабильно высокие деформативные свойства цементобетонного покрытия при постоянных знакопеременных температурных воздействиях, что для климатических условий России особенно характерно, так как оно, в отличие от асфальтобетонного, не так восприимчиво в силу своих заданных свойств;

— Стабильность коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей в силу природных свойств материалов, из которых он состоит, слабая его зависимость от степени увлажнения покрытия;

— Хорошая видимость покрытия в темное время суток [4].

Всё это приобретает особое значение в контексте транспортных проблем России. Но, как и любая технология, применение цементобетона для строительства дорожных покрытий имеет свои недостатки, такие как трудность ремонта, невозможность открывать движения сразу

после устройства покрытия и наиболее уязвимое место бетонных покрытий — это поперечные швы. Современные технологии позволяют устранить большинство слабых мест цементобетона. Полная автоматизация основных процессов по укладке и уплотнению бетонных смесей, отделки поверхности бетона, устройству температурных швов и уходу за бетоном в период набора прочности. Это позволяет резко повысить эффективность строительных работ: улучшить ровность, увеличить производительность укладки, снизить стоимость и трудоемкость работ, увеличить срок службы дорожных одежд. Бетоноукладчики со скользящими формами за один проход машины выполняют весь комплекс работ по устройству высокопрочных покрытий. Непрерывно армированные цементобетонные покрытия привели к избавлению от температурных швов сжатия и растяжения, благодаря наличию арматуры в них образуются поперечные трещины с шагом 1,5–3,0 м и раскрытием их на поверхности до 0,2–0,4 мм. Незначительное раскрытие трещины обеспечивает передачу поперечной силы между плитами и гарантированно защищает арматуру от проникновения воды, так как на уровне арматуры трещины не раскрываются.

В России строительство и реконструкцию дорог с покрытием из цементобетона можно осуществлять исключительно за счет отечественных материалов, способствуя увеличению объемов выпуска цемента и других необходимых строительных материалов, а также увеличив число рабочих мест. Сейчас уровень производства материалов достаточен для удовлетворения всех потребностей дорожного хозяйства. По данным НИЦ «Строительство» в России производится около 70 млн. т. цемента в год. В 2013 году введен в действие ГОСТ Р 55224–2012 «Цементы для транспортного строительства».

Таким образом, достижения в области применения цементобетона в дорожном строительстве обеспечивают его высокую эффективность, при одновременном увеличении срока службы. Цементобетонные дорожные покрытия имеют высокую распределяющую способность, незначительный износ при истирании, высокий, мало зависящий от увлажнения коэффициент сцепления. Прочностные и деформативные характеристики цементобетона практически не меняются при изменении температуры, влажности и скорости нагружения. Для производства портландцемента имеются большие сырьевые ресурсы. Всё это способствует повышению показателей качества дорожного покрытия и качества автомобильных дорог в целом.

Литература:

1. Статистическая отчетность: [Электронный ресурс] // Министерство транспорта Российской Федерации. Федеральное дорожное агентство. URL: <http://rosavtodor.ru/documents/stat-otchet/>. (Дата обращения: 11.09.2015).
2. Коровяков, В. Ф. Предпосылки для развития строительства дорог с применением цементных бетонов / В. Ф. Коровяков // Технологии бетонов. — 2014. — № 3. — с. 25–29
3. Ушаков, В. В. Магистральям России — долговечные покрытия / В. В. Ушаков // Дороги Евразии. — 2014. — № 1. — с. 23–25.

4. Чучарь, В. Г. В чем преимущества дорог с цементобетонным покрытием. [Электронный ресурс], — <http://www.cstroy.ru/news/858/>

Регистратор динамических параметров колебаний на основе МЭМС-акселерометра

Степанов Дмитрий Владимирович, аспирант

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящее время для измерения скорости колебаний в диапазоне ультразвуковых частот применяются электромеханические велосиметры, в то же время за последние несколько лет широкое распространение по всему миру получили датчики, основанные на микроэлектромеханических системах, так называемых МЭМС. Применение данных устройств обусловлено рядом причин, основными из которых являются простота их использования, относительно низкая цена и малые габариты. МЭМС-датчики оснащаются интегрированной электроникой обработки сигнала и не имеют движущихся частей, что обуславливает их высокую надежность и способность обеспечивать стабильные показания в достаточно жестких условиях окружающей среды (перепады температур, удары, влажность, вибрация, электромагнитные и высокочастотные помехи).

МЭМС-датчики основаны на конденсаторном принципе. Подвижная часть системы — классический грузик на подвесах. При наличии ускорения грузик смещается относительно неподвижной части акселерометра. Обкладка конденсатора, прикрепленная к грузику, смещается относительно обкладки на неподвижной части. Емкость меняется, при неизменном заряде меняется напряжение — это изменение можно измерить и рассчитать смещение гру-

зика. Откуда, зная его массу и параметры подвеса, легко найти и искомое ускорение [1].

Разработано устройство записи динамических параметров колебаний основанное на применении трехосевого МЭМС-акселерометра. В качестве основного датчика в разработанном устройстве использована 6-осевая измерительная система (гиродатчик + акселерометр) МЭМС MotionTracking™ MPU-6050 производства InvenSense, Inc.

Устройство записи динамических параметров колебаний состоит из МЭМС-акселерометра, карты памяти, контроллера, таймера и блока питания 12V (Рисунок 2). Устройство может быть оснащено GPRS GSM модулем для передачи данных по беспроводной сети, что позволит получать данные дистанционно.

Регистрируемые динамические параметры колебаний: A_x , A_y , A_z — угловые скорости, w_x , w_y , w_z — угловые ускорения, $temp$ — температура. Регистрация динамических параметров колебаний производится с периодичностью 20 раз в секунду.

МЭМС-акселерометр измеряет проекцию ускорения (суперпозицию собственного ускорения акселерометра и вектора гравитации) на его чувствительную ось. МЭМС-акселерометр позволит измерять углы наклона сенсора

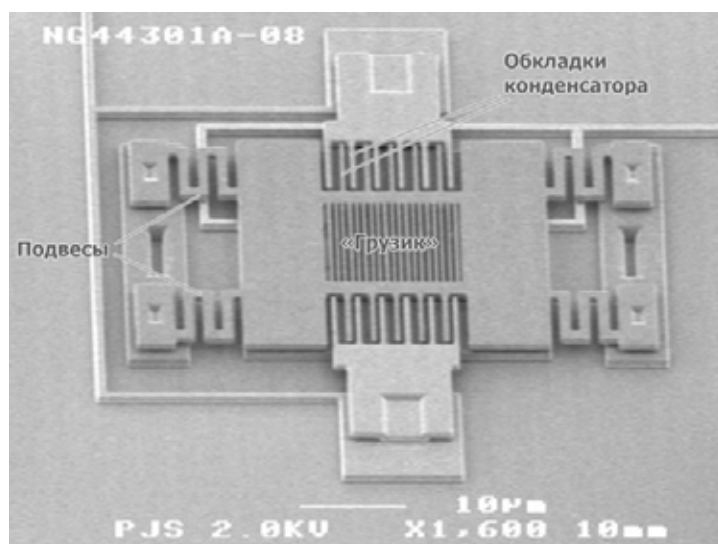


Рис. 1. МЭМС-акселерометр разработки Sandia Labs

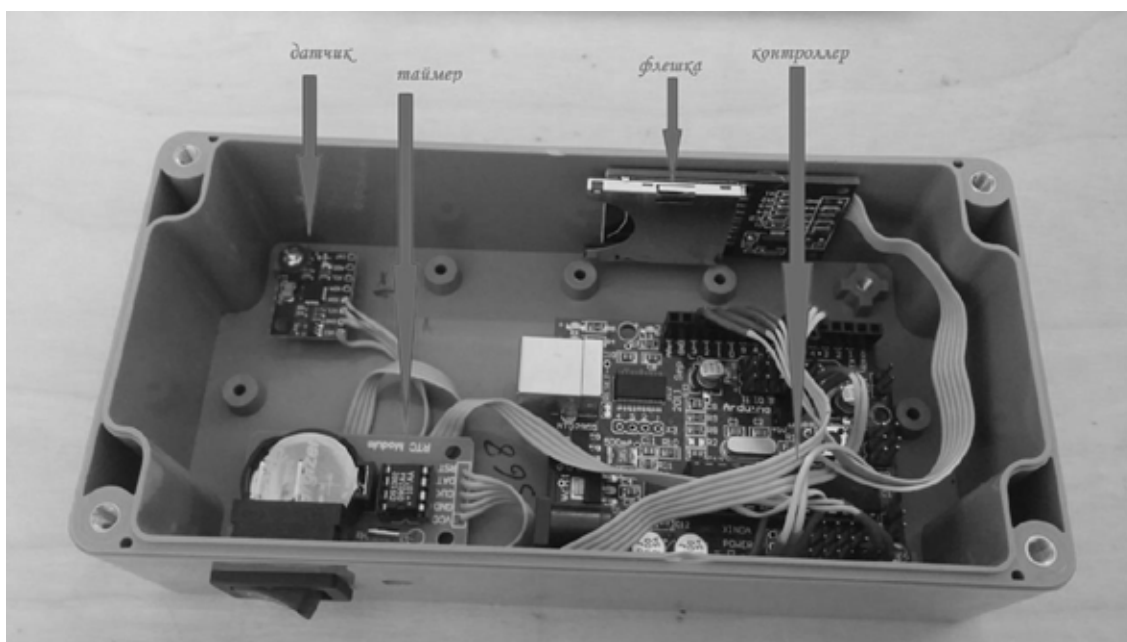


Рис. 2. Схема устройства записи динамических параметров колебаний

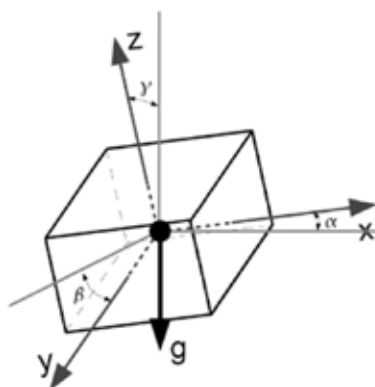


Рис. 3. Схема осей для трехосевого акселерометра

в пространстве. В начальной позиции положение устройства такое, при котором оси x и y находятся в плоскости горизонта, а ось z ортогональна осям x и y (Рисунок 3).

Значения углов могут быть вычислены по следующим формулам [2]:

$$\alpha = \arctan \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right)$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}} \right)$$

$$\gamma = \arctan \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right)$$

Для наработки базы экспериментальных данных проведены измерения динамических параметров колебаний стальной антенной опоры высотой 30 м.

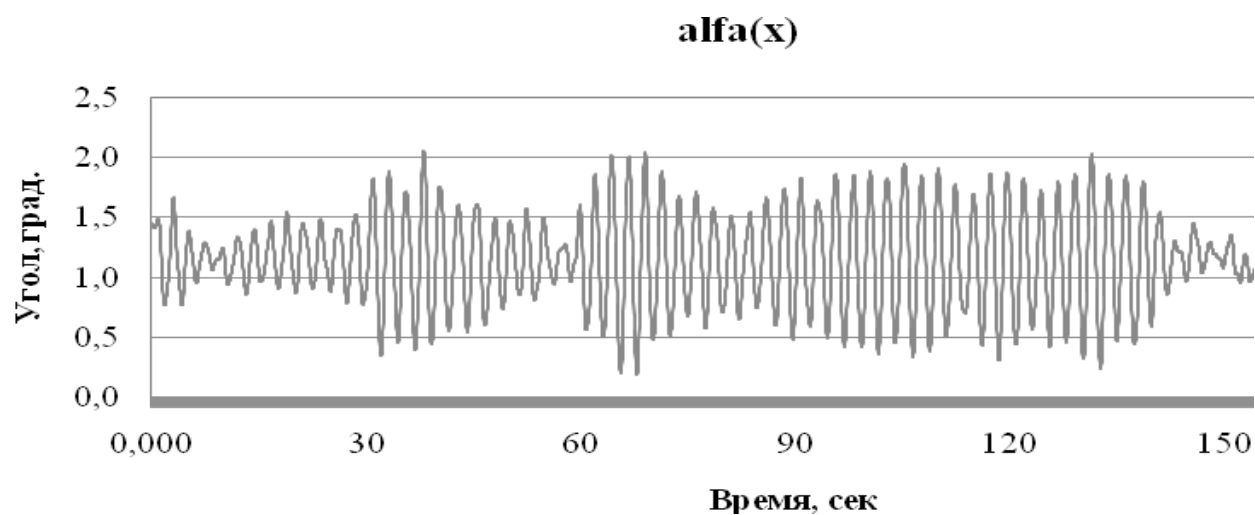
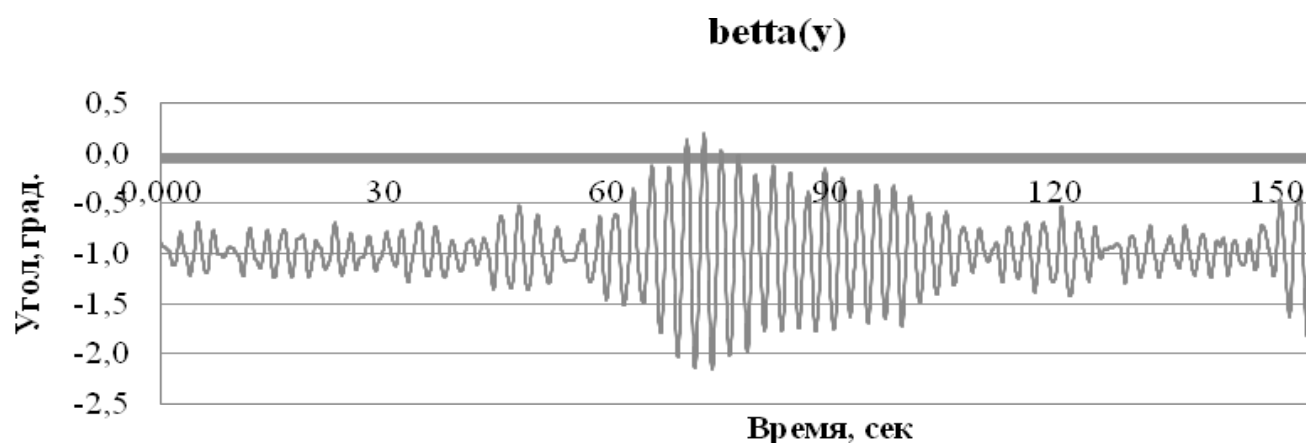
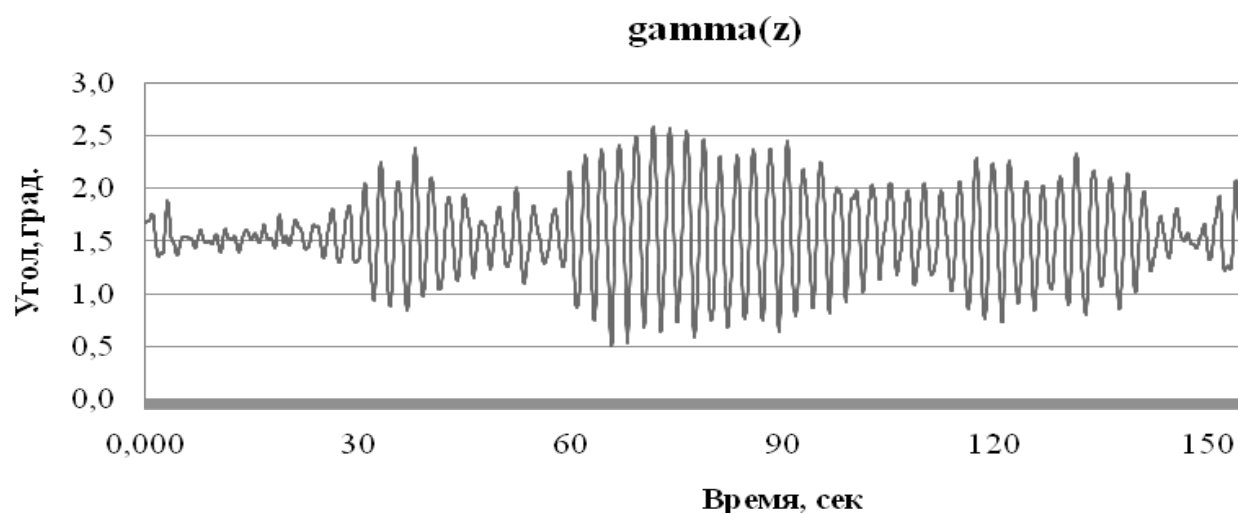
Запись динамических параметров колебаний происходила в течение 12 ч. при ветре до 8 м/с.

На рисунке 4 приведены результаты записи динамических параметров колебаний соответствующие трехминутному временному интервалу.

Наблюдается ярко выраженный периодический колебательный процесс.

При дальнейшей обработке данных анализом Фурье получены значения частоты основного тона 0,429 Гц (период собственных колебаний 2,33 сек).

Полученные значения частот колебаний по трем направлениям имеют идентичное значения, что позволяет судить о достоверности полученных данных.

Рис. 4. График изменения угла α вектора гравитации относительно оси XРис. 5. График изменения угла β вектора гравитации относительно оси YРис. 6. График изменения угла γ вектора гравитации относительно оси Z

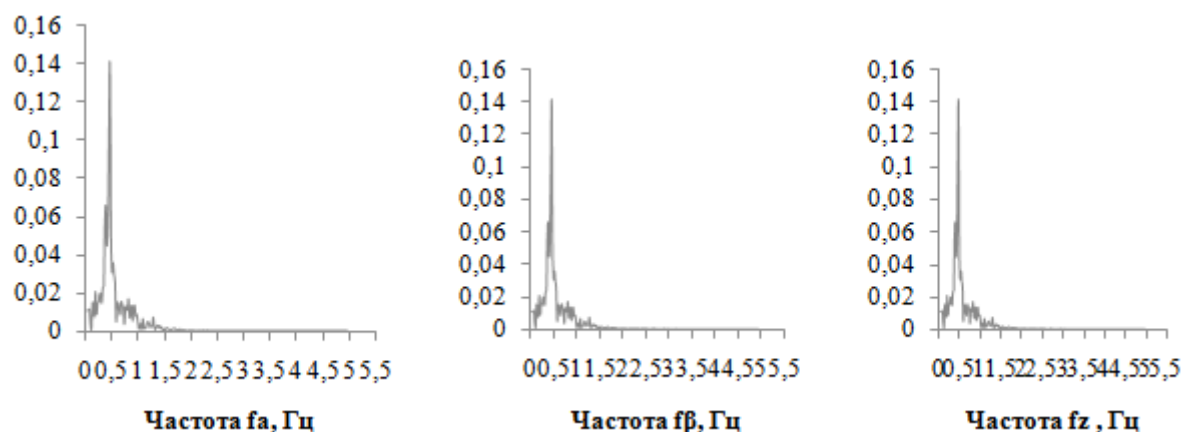


Рис. 7. Графики частот основного тона колебаний

Приведенный пример демонстрирует имеющиеся аппаратно-методические возможности, которые позволяют развивать новые практически важные (т.е. инноваци-

онные) технологии, применимые для обеспечения безопасности сооружений.

Литература:

1. Дрожжин Алексей МЭМС: микроэлектромеханические системы [В Интернете] // www.3dnews.ru. — 18. 12. 2010 г.. — 08. 04. 2015 г.. — <http://www.3dnews.ru/600098>.
2. Определение угла наклона акселерометром [В Интернете] // www.bitaks.com. — Торгово-производственная компания «Bitaks». — 08. 04. 2015 г.. — <http://bitaks.com/resources/inclinometer/content.html>.

9. ТРАНСПОРТ

Зависимость дальности обнаружения целей радиолокационных станций системы управления движением судов от метеорологических условий на примере порта Новороссийск

Тюфанова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель
Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (г. Новороссийск)

В статье на примере системы управления движения судов (СУДС) порта Новороссийск проведен анализ и расчет дальности обнаружения целей береговыми радиолокационными станциями под воздействием метеорологических условий для нескольких типов эталонных целей. Предлагаемый способ расчета можно использовать для анализа качества функционирования береговых радиолокационных станций любой СУДС.

Ключевые слова: радиолокация, судно, порт.

Dependence of range of detection of the purposes of radar stations of Vessels Traffic Service from meteorological conditions, on an example of port Novorossisk

Tyufanova A.A.

Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

In clause on an example of Vessels Traffic Service (VTS) port Novorossiysk is lead the analysis and calculation of range of detection of the purposes by coastal radar stations under influence of meteorological conditions for several types of the reference purposes. An offered way of calculation it is possible to use for the analysis of quality of functioning of coastal radar stations any VTS.

Keywords: radiolocation, vessel, port.

Морской транспорт всегда был одним из существенных источников экономического и социального развития страны. При осуществлении морских транспортных операций, включая поисково-спасательные и судоподъемные, имеют значение два фактора: безопасность и экономическая эффективность, которые, в значительной степени, зависят от характера погоды и состояния поверхности моря [1].

Активное участие по изучению влияния метеорологических условий на дальность действия радиолокационных станций в разные годы принимали ученые И. М. Безуглый, В. Л. Галахов, Д. Керр, М. Катцин, Б. Смит, Е. Фейнберг, М. П. Долуханов, Ф. Б. Черный [2]. Ознакомившись с фундаментальными трудами можно сделать следующие выводы:

- море представляет собой постоянно меняющийся объект, на который действуют многие силы;
- на отражение сигнала от морской поверхности влияют скорость и направление ветра у поверхности воды, его продолжительность, протяженность области разгона, течения, наличие загрязнений (разлитая нефть), а также воздействие отдаленных штормов, от которых возмущения моря передается с малыми потерями на большие расстояния;
- влияние ветра и волнения моря на отражение сигнала береговой радиолокационной станции (БРЛС) экспериментально замерить трудно, поскольку волнение моря зависит от ветра. Если море спокойно, не взволновано ветром, отражение радиолокационного сигнала от его поверхности не велико. Когда возникает ветер и его скорость превышает 2,5 м/с, отражение сигнала от морской поверхности быстро возрастает;
- отражение от моря есть помеха, которая «забивает» БРЛС, создавая ложные цели и затрудняя обнаружение истинных целей.

Так, например, в исследуемом периоде 2001–2014 гг. оператором системы управления движением судов (СУДС) ФГУП «РОСМОРПОРТ» Азово-черноморского бассейнового филиала, в порту Новороссийск, были зафиксированы случаи возникновения ложных целей в районе Южной Озереевки в течение 5 мин., в вечернее время (21:13), при вол-

нении моря 2 балла, скорости ветра 2–3 м/с и осадках 4 мм/ч. Причиной возникновения и скрытого проявления ложных целей является интерференция [3]. Однако в интерференционных зонах возможно не только появление ложных целей, но и «эффект нейтрализации целей», т. е. цель может исчезнуть на некоторое время, что влечет за собой сбой в программном обеспечении, сброс целей (отсутствие координат судов от БРЛС и т. п.). Учитывая изменения диэлектрической проницаемости воздуха, его влажности и свойств подстилающей поверхности (волнение моря), границы интерференционных зон радиолокационного наблюдения могут изменять свое положение случайным образом, в той же мере случайно, как и случайны изменения влажности атмосферы.

Всего в исследуемом периоде техническим персоналом СУДС было отмечено:

— 130 случаев падения дальности обнаружения БРЛС целей из-за роста интенсивности осадков и увеличение волнения моря, десятки случаев нечеткого изображения целей, в зависимости от погодных условий.

— 10 случаев потери информации от БРЛС о навигационной обстановке в зоне действия СУДС продолжительностью от 5 до 22 минут из-за падения уровня сигнала в стволе радиорелейной линии, по причине сильного дождя. Оператор не мог своевременно получить информацию.

— 4 случая несвоевременного получения оператором данных от БРЛС «Пенай» и «Дооб»: дважды порывом ветра были выведены из строя антенны БРЛС; сильный дождь заглушал большинство целей на экране индикатора БРЛС; от удара молнии сгорел предохранитель питания.

Из всех видов осадков наибольшее ослабление дают дождь, туман, облака и мокрый снег, которые влияют на дальность действия сантиметровых БРЛС ($\lambda = 3$ см), применяемых в СУДС порта Новороссийск. Ослабление вызывается нерезонансным поглощением в частицах и рассеянием энергии на них. Последнее явление приводит к уменьшению потока энергии в заданном направлении. При резко очерченной границе полосы осадков ослабление может происходить и за счет обратного рассеяния [2]. Погонное ослабление в твердых частицах значительно меньше, чем в жидких каплях из-за меньшей диэлектрической проницаемости воды в твердой фазе.

На примере радиотехнических постов (РТП): «Пенай», «Дооб» СУДС порта Новороссийск, проанализируем и рассчитаем дальность обнаружения целей БРЛС под воздействием осадков для нескольких типов эталонных целей, указанных в [2].

Расчет максимальной дальности действия импульсной БРЛС с учетом влияния земли, тропосферы и метеорологических факторов произведен по формулам:

$$D = \left(\frac{P_u \eta^2 G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{\text{пр. min}}} \right)^{1/4} \cdot F \cdot e^{-0,115 \cdot S \cdot D}, \quad D = (C \cdot \sigma)^{1/4} \cdot F \cdot e^{-0,115 \cdot S \cdot D},$$

где $C = \frac{P_u \eta^2 G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 P_{\text{пр. min}}}$ — энергетический потенциал БРЛС, P_u — мощность передатчика; η — к. п. д. приемно-передающего тракта; G — коэффициент усиления антенны; λ — длина волны; σ — эффективная площадь рассеяния цели; F — интерференционный множитель; D — расстояние от БРЛС до цели; S — коэффициент затухания в атмосфере.

Параметры оборудования СУДС, используемые при расчете дальности действия БРЛС, приведены в [2].

Коэффициенты затухания электромагнитных волн в атмосфере и гидрометеорах при различной интенсивности осадков, при температуре 18°C согласно справочным данным по радиолокации показаны в [5].

Все расчеты выполнены с помощью программы Mathcad 2006.

1. Определим энергетический потенциал БРЛС:

$$C := \frac{P_u \cdot \beta \cdot G^2 \cdot \eta \cdot L_n}{(4\pi)^3 \cdot P_{\text{пр. min}} \cdot q^2},$$

Импульсная мощность передатчика: до модернизации $P_u = 50 \cdot 10^3$ (Вт); $P_u = 25 \cdot 10^3$ (Вт);

$$\text{Коэффициент сжатия по мощности: } \beta = \frac{T_u \cdot \Delta F}{Q} = 1$$

Коэффициент усиления антенны: $G = 36$ (дБ);

Длина волны: $\lambda = 0,03$ (м)

К. п. д. приемно-передающего тракта η

Коэффициент потерь по мощности на обработку сигнала в устройствах БРЛС $L_n = 3$ (дБ);

Чувствительность приемника по входу устройства сжатия сигнала $P_{pr.min} = 110/112$ дБ/Вт

Отношение сигнал/шум по мощности:

$$q := \frac{P_u \cdot \lambda^2 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \sigma \cdot L_n}{(4 \cdot \pi)^3 \cdot k \cdot K_h \cdot T}$$

где

Коэффициент направленного действия передающей антенны $G_1 = 0,42$

Коэффициент направленного действия приемной антенны $G_2 = 0,45$

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град

Коэффициент шума приемника $K_h = 5$

Эффективная шумовая температура приемника в градусах Кельвина $T = 300$ К

2. Определим интерференционный множитель с учетом сферичности земли и направленности антенны:

$$F = \sqrt{\frac{G_{\vartheta}}{G_{\max}}} \cdot \sqrt{1 + (\rho \cdot \sqrt{A})^2 \cdot \frac{G_{i\theta\theta}}{G_{\vartheta}} - 2\rho \cdot \sqrt{A \frac{G_{i\theta\theta}}{G_{\vartheta}}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot \Delta D}{\lambda}\right)},$$

где G_{np} — коэффициент направленного действия антенны (КНД) в направлении прямого луча; $G_{отр}$ — КНД в направлении отраженного луча; G_{\max} — КНД в направлении электрической оси антенны; ρ — модуль коэффициента отражения от поверхности моря $\rho = 2$; \sqrt{A} — коэффициент расхождения лучей из-за сферичности Земли; ΔD — разность хода прямого и отраженного лучей.

Расстояние от БРЛС до цели $D_0 = 2000$ м. Высоты установки антенн БРЛС над уровнем моря не изменились $h_a = 50$; 109; 101 м. Высота судна над уровнем моря $H_0 = 15$ м. Угол скольжения (угол падения радиолуча, отсчитываемый в горизонтальной плоскости) γ .

3. Максимальная дальность обнаружения морских целей с учетом влияния земли, тропосферы и метеорологических факторов определяется по формуле и представлена на рисунке 1:

$$D_{\max} := (C \cdot \sigma)^{\frac{1}{4}} \cdot F \cdot e^{-0.115 \cdot S \cdot D_0},$$

где ЭПР цели $\sigma = 1000$ м²; S — коэффициент затухания электромагнитных волн в атмосфере и гидрометеорах при различной интенсивности осадков при температуре 18°C.

На рисунке 1 приведена характерная зависимость дальности (D) обнаружения морских целей ($H_0 = 15$ м, $\sigma = 1000$ м², $S = 0.058$ дБ/км, ширина диаграммы направленности БРЛС в вертикальной плоскости 19°) от угла скольжения для разных состояний волнения моря.

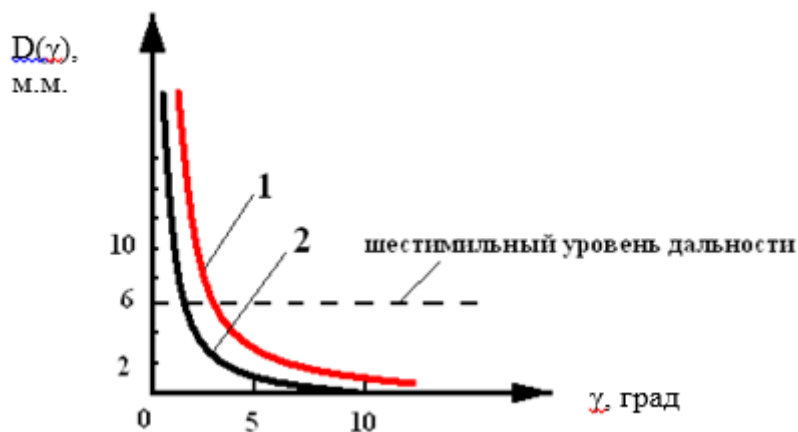


Рис. 1. Зависимость ($D(\gamma)$) дальности (D) обнаружения морских целей от угла скольжения (γ).

1 — дальность обнаружения цели для спокойного моря; 2 — дальность обнаружения цели для умеренного волнения моря (3–4 балла)

Из этой зависимости следует, что угол скольжения (γ) луча БРЛС, которые имеют разную высоту установки над уровнем моря, играет большое значение.

На рисунках 2, 3 приведены зависимости дальности обнаружения морских целей с помощью БРЛС «Рейтеон» и «Терма», установленных на РТП СУДС порта Новороссийск на разных высотах над уровнем моря, от интенсивности осадков.

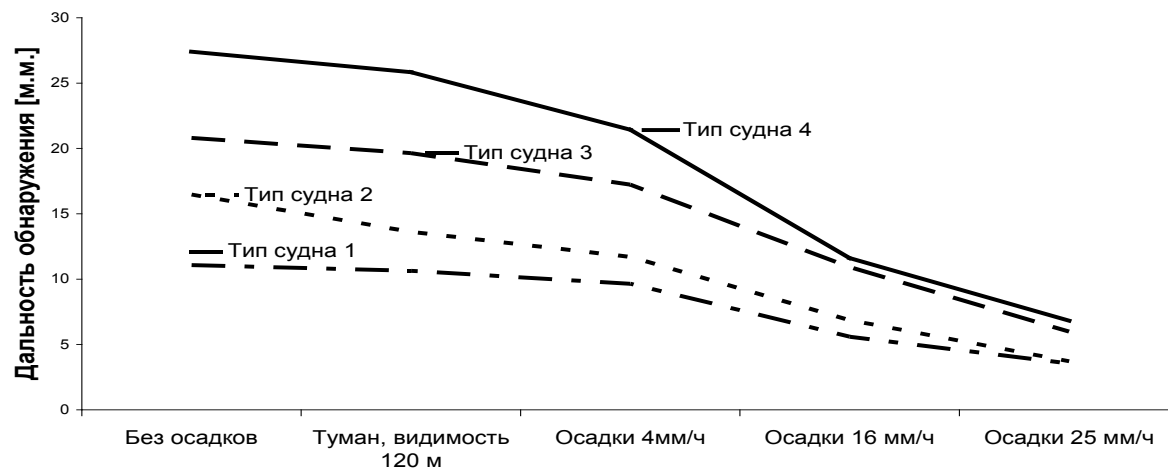


Рис. 2. Зависимость дальности обнаружения БРЛС «Рейтеон» целей на РТП «Пеная» с учетом затухания электромагнитных волн в атмосфере при различной интенсивности осадков

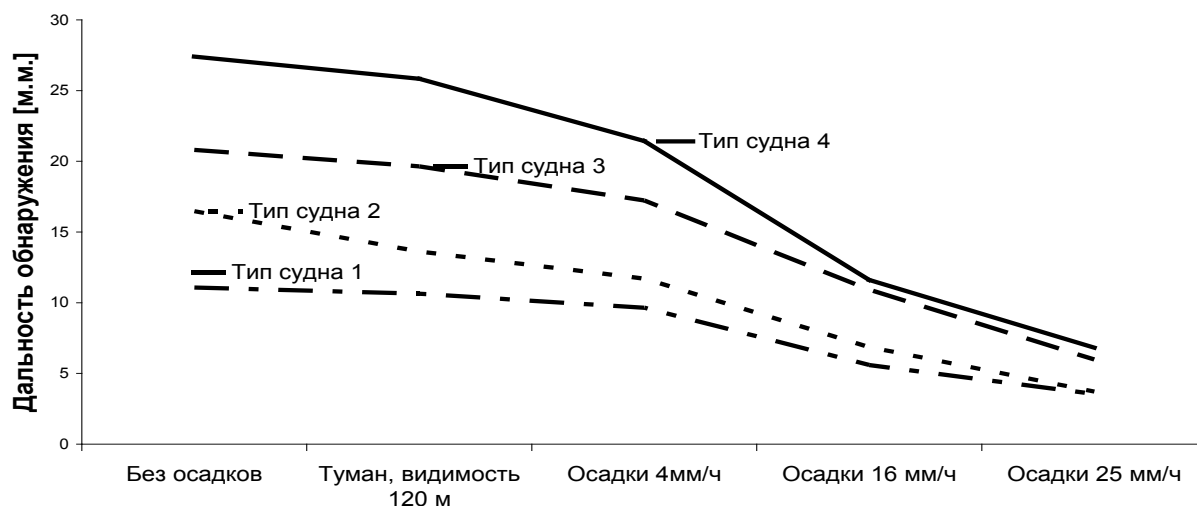


Рис. 3. Зависимость дальности обнаружения БРЛС «Рейтеон» целей на РТП «Дооб» с учетом затухания электромагнитных волн в атмосфере при различной интенсивности осадков

Анализ зависимостей и проведенных расчетов для различных морских объектов позволяют сделать следующие выводы:

- изменение угла скольжения резко снижает дальность уверенного приема целей, что равносильно попаданию режима наблюдения БРЛС в состояние потери меток целей на экране;
- с ростом интенсивности осадков и увеличении волнения моря дальность обнаружения БРЛС падает;
- БРЛС «Рейтеон» при осадках интенсивностью от 5 мм/час и выше не обеспечивает радиолокационное наблюдение в шестимильной зоне, что не соответствует рекомендациям МАМС/IALA по установлению требований к дальности обнаружения для РЛС в составе СУДС.

Таким образом, специфические метеорологические процессы, характерные для порта Новороссийск, оказывают воздействие на дальность обнаружения целей радиолокационных станций системы управления движением судов. Наибольшую опасность для функционирования БРЛС представляют оледенение и ветер — это в первую очередь касается антенно-мачтовых сооружений (антенно-фидерных устройств) и подвесных линий электропередачи, а также осадки, поскольку именно они влияют на распространение радиоволн в пространстве.

Предлагаемый способ расчета можно использовать для анализа качества функционирования БРЛС всех существующих СУДС.

Литература:

1. Руководство по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности. М.: Росгидромет, 2009. — с. 135.
2. Тюфанова, А. А. Методика анализа эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов на примере порта Новороссийск/А. А. Тюфанова. — Казань: Изд-во «Бук», 2015. — 104 с.
3. Тюфанова, А. А. Методика интерференционного анализа конфигурации береговых радиолокационных станций в районе действия системы управления движением судов, на примере порта Новороссийск [Тескт]/А. А. Тюфанова// Транспортное дело России № 3 (112). — М: Морские вести России, 2014.
4. Системы управления движением судов. Техничко-эксплуатационные требования № МФ с2–22/848–70. М.: 2002.
5. Васин, В. В. Справочник-задачник по радиолокации./В. В. Васин. — М.: Советское радио, 1977. — с. 243.

10. АРХИТЕКТУРА

Определение напряженно-деформированного состояния трубопроводной обвязки аппаратов воздушного охлаждения газа

Смирнова Валентина Юрьевна, инженер
ФГБОУ ВПО «РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина» (г. Москва)

Работа посвящена проблеме создания методического подхода к анализу результатов производства работ по базовому диагностическому обследованию технологических трубопроводов компрессорных станций магистральных газопроводов. Объектом обследований являлись трубопроводные обвязки аппаратов воздушного охлаждения газа.

Ключевые слова: магистральный газопровод; компрессорная станция (КС); аппараты воздушного охлаждения газа (АВО); трубопроводная обвязка (ТПО); напряженно-деформированное состояние (НДС).

The work is devoted to the creation of a methodological approach to the analysis of the results of works on the basic diagnostic study of technological pipelines compressor stations of main gas pipelines. The object of the survey is piping of air-cooling of the gas.

Keywords: gas pipeline; compressor station; air cooling gas; piping; the stress-strain state.

На современном этапе развития газопроводного транспорта своевременной и актуальной можно считать задачу расширенного обследования [1–2] технологического оборудования, а именно, трубопроводных обвязок аппаратов воздушного охлаждения газа, решение о котором принимается на основании анализа результатов работ по базовому диагностическому обследованию технологических трубопроводов компрессорных станций [3–4].

Основная цель диагностического обследования заключается в определении напряженно-деформированного состояния трубопроводов, выявление потенциально опасных участков, разработка рекомендаций по разгрузке, реконструкции и дальнейшей эксплуатации.

На трубопроводы действуют следующие статические нагрузки:

- внутреннее давление газа;
- вес трубопроводов, запорной арматуры и газа внутри них;
- температурное расширение конструкций;
- кинематическое нагружение, связанное с изменением высотного положения опорных точек трубопроводной обвязки (выпучивание или просадка опор, фундаментов и подземных коллекторов).

Если первых три вида нагрузок являются проектными, то кинематическое нагружение проектом не учитывается, и именно этот вид нагрузок приводит к образованию повышенных напряжений на участках трубопроводной обвязки. Вместе с тем оценка напряженно-деформированного со-

стояния трубопроводов должна проводиться при учете совместного действия всех нагрузок.

Оценка напряженно-деформированного состояния трубопроводов проводилась в соответствии с требованиями стандарта [5]. Для достижения цели работы требуется решение следующих задач:

- расчет проектного уровня напряженного состояния трубопроводов в соответствии с требованиями стандарта [6];
- оценка изменений проектного положения трубопроводов, исходя из анализа результатов геодезических измерений;
- оценка влияния отклонений от проектного положения участков трубопроводов на напряженно-деформированное состояние (НДС) этих участков;
- измерения механических напряжений в металле труб в характерных точках трубопроводов обвязки;
- оценка напряженно-деформированного состояния трубопроводов на основе расчета методом конечных элементов, анализа данных геодезической съемки и результатов измерений механических напряжений в характерных точках;
- оценка возможности нормальной эксплуатации цеха в связи с изменениями проектного положения и реальным НДС трубопроводов;
- разработка ремонтно-восстановительных мероприятий.

Для решения этих задач были выполнены следующие работы:

— анализ материалов геодезической съемки, приведенных в паспортах технического состояния технологических трубопроводов, с целью выявления высотного положения трубопроводов;

— уточнение геометрических размеров элементов трубопроводов;

— визуальный контроль трубопроводных обвязок;

— анализ исполнительной документации с целью восстановления информации о сортаменте труб, из которых выполнены участки трубопроводов;

— контрольные измерения толщины стенки трубы на прямолинейных участках во всех контрольных точках с целью уточнения сортамента труб, из которых выполнены участки трубопроводов;

— прямые измерения напряженного состояния труб прибором Stresscan-500C [7];

— расчеты статического напряженно-деформированного состояния трубопроводной системы методом конечных элементов.

В соответствии с методикой по оценке технического состояния и срока безопасной эксплуатации технологических трубопроводов компрессорных станций алгоритм включает в себя следующие этапы:

— расчет допустимых уровней напряжений для технологических трубопроводов;

— анализ результатов геодезической съемки и определение возможных кинематических нагрузок;

— проведение прямых измерений напряжений;

— оценка напряженно-деформированного состояния технологических трубопроводов;

— разработка рекомендаций.

Кроме того, для определения марок стали в сечениях трубопроводной обвязки одновременно с измерениями напряжений были проведены измерения магнитного параметра прибором «Магнитный сортировщик МС-1» [8]. В результате совместных измерений приборами Stresscan-500C и МС-1 по магнитным свойствам материала трубная сталь также была идентифицирована как 09Г2С или ее зарубежный аналог.

Проведено расширенное диагностическое обследование с целью определения напряженно-деформированного состояния трубопроводных обвязок АВО газа и установлено, что уровни напряжений на всех трубопроводах на входе и выходе всех АВО газа соответствуют требованиям действующих нормативно-технических документов и выполнение мероприятий по реконструкции технологических газопроводов КС не требуется.

Литература:

1. Филатов, А. А., Халлыев Н. Х., Решетников А. Д. и др. Повышение эффективности капитального ремонта магистральных газопроводов на основе совершенствования диагностики технического состояния. — Территория Нефтегаз, 2012, № 2, с. 25–27.
2. Мигунов, Д. К., Токарев А. В., Раздобудко Я. А. и др. Анализ эффективности применяемых технологий и разработка новых подходов к организации ремонта трубопроводов. — Территория Нефтегаз, 2012, № 11, с. 76–81.
3. СТО Газпром РД 1.10–098–2004. Методика проведения комплексного диагностирования трубопроводов и обвязок технологического оборудования газораспределительных станций магистральных газопроводов. — М.: ИРЦ Газпром, 2004. — 68 с.
4. СТО Газпром 2–2.3–328–2009. Оценка технического состояния и срока безопасной эксплуатации технологических трубопроводов компрессорных станций. — М.: Газпром экспо, 2009. — 54 с.
5. СТО Газпром 2–2.3–327–2009. Оценка напряженно-деформированного состояния технологических трубопроводов компрессорных станций. — М.: Газпром экспо, 2009. — 29 с.
6. СП 36.13330.2012. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06–85*. — М.: Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве (ФАУ ФЦС), 2012. — 86 с.
7. Венгринович, В. Л., Паньковский Ю. П., Цукерман В. Л. и др. Оборудование для контроля напряженно-деформированного состояния трубопроводов и металлоконструкций. — Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, 2008, № 3, с. 66–69.
8. Паньковский, Ю. П. Аппаратная реализация некоторых магнитных методов неразрушающего контроля. — Мир измерений, 2005, № 5, с. 9–12.

11. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Исследование нетканых полотен на тепловые свойства

Таласпаева Асем Аугангалиевна, PhD докторант;
Жилисбаева Раушан Оразовна, доктор технических наук, профессор
Алматинский технологический университет (Казахстан)

Современные технологии изготовления нетканых текстильных материалов дают возможность создавать новые материалы с заранее определенными свойствами. Материалы, используемые при изготовлении одежды, должны иметь высокие теплоизоляционные качества, которые зависят не только от состава, технологии изготовления и структуры материалов.

Для выработки нетканых материалов применяют комплексные нити и пряжу, полученную различными способами.

До недавнего времени в Республике Казахстан, как правило, использовались лишь крайне необходимые и самые примитивные материалы и методы защиты. В частности, в производстве защитной одежды развитие происходило в основном по пути использования дешевых тканей из натуральных волокон, защитные эффекты которых определялись толщиной ткани, ее весом и пропиткой. При этом в мире уже давно получили признание новые синтетические и искусственные защитные материалы с повышенными факторами защиты, улучшенными технологическими и потребительскими свойствами.

В качестве сырья для получения новых нетканых материалов предлагаются использовать мета-aramидные и шерстяные волокна (рис 1, 2).

Известно, что нетканые полотна можно вырабатывать различными способами. При этом существенно меняются структура и свойства полотен, чтобы их характеризовать,

нужно использовать достаточно приемлемый способ изготовления. [1]

Образцы полотен были выполнены комбинированным способами: иглопробивным и валяльным. На основе проведенных исследований разработаны новые нетканые полотна, образующие тепловой барьер в пакете материалов за счет различных сочетаний слоев. Теплобарьерные слои выполнены из разных сочетаний 100 % шерсти (Ш), из 100 % мета-aramидных волокон (М), и из 50 % мета-aramидных и 50 % шерстяных волокон (ШМ).

В таблице 1 приведены примеры полученных опытных образцов:

Для получения многослойного теплоизоляционного материала, спроектированы слои в различных сочетаниях (рис 3, 4).

На рисунках 3,4 представлены снимки внутренних структур нетканого материала.

Экспериментальные исследования на устойчивость к воздействию теплового потока пакетов материалов, были выполнены:

— в испытательной лаборатории МЧС РК согласно СТ РК 1495–2006 [2]

— в испытательном центре СИЗ Донкукского университета (Южная Корея) согласно ИСО 6942–2007 [2]

Для проведения оценки пакетов материалов подвергаемых воздействию источника теплового излучения при плотности падающего теплового потока $q = 5,0 \text{ кВт/м}^2$ и $q = 40 \text{ кВт/м}^2$, с индексом передачи теплового излу-

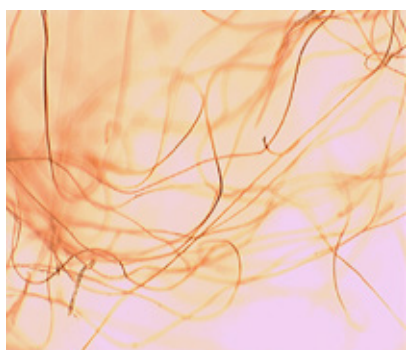


Рис. 1. Мета-aramидные волокна

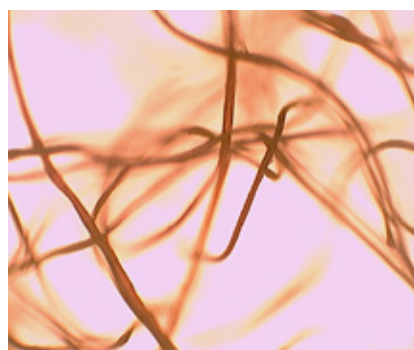


Рис. 2. Шерстяные волокна

Таблица 1. Характеристика образцов

Условное обозначение	Виды образцов	Толщина, (мм)	Поверхностная плотность, (г/м ²)
Ш1	шерсть	0,8	137
Ш2	Шерсть	0,8	188
Ш3	Шерсть	1,1	92
Ш4	Шерсть	1,3	119
М1	мета-арамид	1,0	121
М2	мета-арамид	1,5	88
М3	мета-арамид	0,7	100
М4	мета-арамид	1,3	87
ШМ1	Шерсть + м-арамид	1,0	160
ШМ2	Шерсть + м-арамид	1,1	110
ШМ3	Шерсть + м-арамид	1,6	280
ШМ4	Шерсть + м-арамид	2,0	136
ШМ5	Шерсть + м-арамид	0,5	88
ШМ6	Шерсть + м-арамид	2,2	320
ШМ7	Шерсть + м-арамид	4,5	380

Таблица 2. Сочетания слоев нетканых материалов

№	образцы	Толщина, (мм)	Поверхностная плотность, (г/м ²)
1	М3/ШМ1/М3/ШМ5	2,9	348
2	М1/ШМ2	2,1	231
3	М2/ШМ5/М3/ШМ5	3,1	364
4	М2/ШМ1/Ш2	3,7	436
5	М4/ШМ4	3,3	223
6	ШМ1/М3/Ш1	2,6	397
7	ШМ3	1,6	280
8	М2/Ш4	2,8	207
9	М3/Ш1/М3	2,0	337
10	М3/Ш3/М3	2,5	292
11	ШМ6	2,2	320
12	ШМ7	4,5	380
13	М3/Ш/М3/Ш1	3,0	474

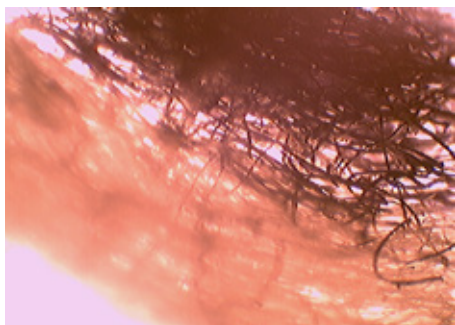


Рис. 3. Внутренняя структура нетканого материала изготовленная из двухслойного волокнистого холста



Рис. 4. Внутренняя структура нетканого материала изготовленная из смешанного волокнистого холста

чения НТ₁₂₋₂₄ с затраченным временем на подъем температуры были подготовлены пакеты материалов состоящих из огнестойкого материала FR-350 (материал верха) и теплоизоляционной подстежки (нетканые материалы, бязь)

Результаты экспериментальных исследований на устойчивость к воздействию теплового потока пакетов материалов при плотности теплового потока $q = 5,0 \text{ кВт/м}^2$. представлены в рис. 5.

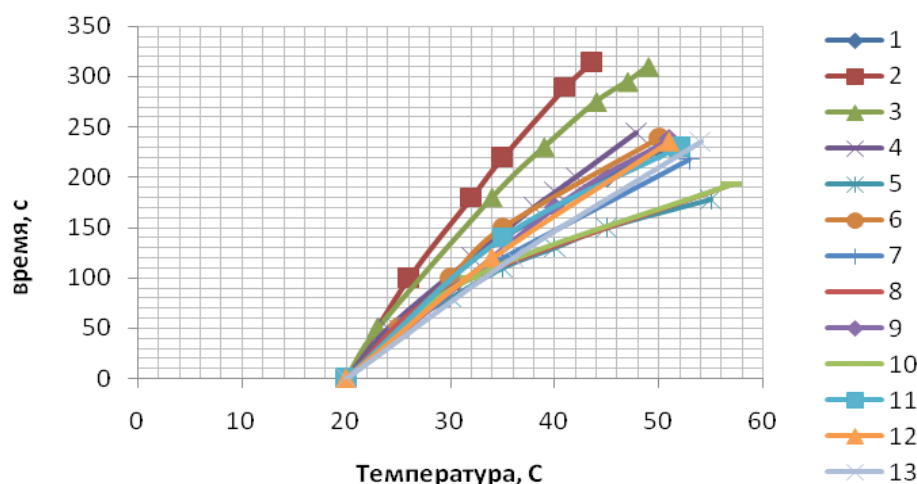


Рис. 5. Анализ исследуемых пакетов материалов

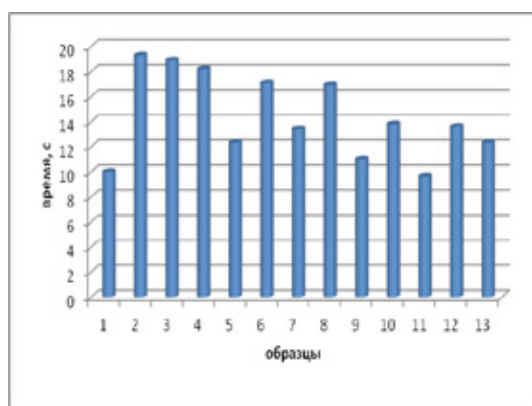


Рис. 6. Анализ исследуемых пакетов материалов при НТi 12

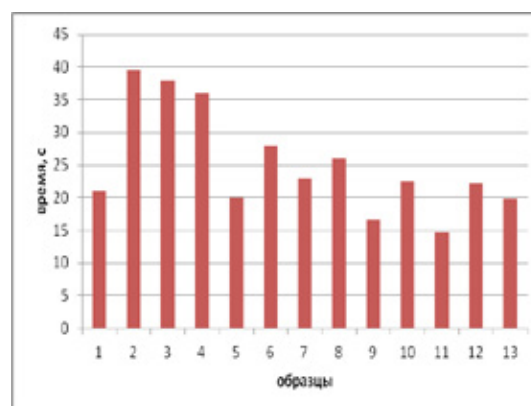


Рис. 7. Анализ исследуемых пакетов материалов при НТi 2

Анализируя результаты испытаний из полученных данных выявлено, что наиболее устойчивыми к воздействию теплового потока являются следующие образцы: образец 2 $T=43,6^{\circ}\text{C}$ при $t=315\text{сек.}$, образец 3 $T=49^{\circ}\text{C}$ при $t=310\text{сек.}$, образец 4 $T=47,8^{\circ}\text{C}$ при $t=244\text{сек.}$

Результаты экспериментальных исследований на устойчивость к воздействию теплового потока пакетов материалов при плотности теплового потока $q = 40 \text{ кВт/м}^2$, с индексом передачи теплового излучения НТ_{i12-24} с затраченным временем на подъем температуры представлены на диаграмме 2,3.

Анализируя результаты испытаний из полученных данных выявлено, что наиболее устойчивыми к воз-

действию теплового потока при затраченном времени на подъем температуры НТ_{i12-24} являются следующие образцы: образец 2 при $t=39,6\text{сек.}$; образец 3 при $t=38\text{сек.}$, образец 4 при $t=36\text{сек.}$

Выводы

Разработаны новые виды нетканых материалов с различными структурными характеристиками, однако образец 2 при исследовании на теплозащитные показатели согласно СТ РК 1495—2006, показывает улучшенные свойства в силу наименьшего значения поверхностной плотности и толщины.

Литература:

1. Kee Jong Yoon, Kyoung A Hong,. Статья «Effect of Spacer in Multi Layer Thermal Barrier of Firefighting Clothing on Thermal Property and Comfort» Textile Science and Engineering, № 6, 2010. — 420 с.
2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН 1495—2006. — 8 с.
3. ГОСТ Р ИСО 6942—2007, Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения

12. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Исследование состава льняного жмыха как нового ингредиента в производстве молочных продуктов

Воронова Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, доцент;

Бередина Лидия Сергеевна, студент

Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

За последние несколько десятилетий образ жизни человека значительно изменился: пищевое поведение, уровень физических и нервных нагрузок, состояние окружающей среды и другое — напрямую влияют на физическое и эмоциональное состояние человека.

В настоящее время питание людей характеризуется высокой калорийностью и дефицитом витаминов, микроэлементов, растительных волокон и других ценных компонентов пищи [1, с. 943].

Наиболее доступный и широко используемый способ ликвидации дефицита и незаменимых пищевых веществ в питании населения и профилактики различных заболеваний — расширение ассортимента продуктов функционального назначения. В решении проблемы обеспечения населения функциональными продуктами питания ведущая роль принадлежит молочной промышленности. Сочетание молочного и растительного сырья обеспечивает возможность взаимного обогащения входящих в состав этих продуктов ингредиентов, повышая пищевую и биологическую ценность. К тому же расширяется ассортимент молочных продуктов. Использование новых видов функционального сырья для направленной коррекции химического состава пищевых продуктов требует новых технологических решений, обеспечивающих получение высококачественной, конкурентоспособной продукции [2, с. 44].

Богатым источником биологически активных веществ являются семена льна, их лечебные свойства известны на протяжении столетий и признаны официальной медициной. Семена льна характеризуются наличием таких пищевых функциональных веществ, как белки с полноценным аминокислотным составом, эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) с преобладающим содержанием линоленовой (ω -3) кислоты, пищевые волокна. В настоящее время семена льна используются, в основном, в качестве сырья для выработки льняного масла. В то же время количественный и качественный состав белков семян льна свидетельствует о перспективности их применения в качестве источника белка для повышения биологической ценности продуктов питания. Однако белковые продукты из семян льна на территории

России не вырабатываются. Семена льна и продукты их переработки (льняной жмых) отличаются по своим технологическим и функциональным. В связи с этим, необходимы научные и практические исследования по их внедрению в пищевые технологии [3, с. 26].

Льняной жмых относится к вторичным сырьевым ресурсам. Его получают при отжиме масла на шнековых прессах, методом холодного прессования из предварительно обработанных и очищенных семян льна. Льняной жмых является полноценным источником получения полезных веществ. В нем содержатся полноценные белки, легко усвояемые углеводы, липиды, витамины, минеральных веществ. Также льняной жмых отличается низкой стоимостью, по сравнению с семенами льна [4, с. 46].

Для исследования использовали льняной жмых урожая 2014 года.

Льняной жмых представляет собой порошок от серого до светло-коричневого цвета. Органолептические и физико-химические показатели льняного жмыха представлены в таблице 1.

Химический состав, органолептические и физические показатели льняного жмыха зависят от качества семян, способов и режимов подготовки ядер к прессованию и собственно прессования. Химический состав льняного жмыха представлены в таблице 2.

Количество витаминов и минералов льняного жмыха напрямую зависят от изначального химического состава льняного семени и от остаточного содержания масла в жмыхе после прессования [5, с. 36]. При отделении масла изменяется содержание в получаемом льняном жмыхе, как основных веществ, так и минеральных веществ и витаминов. Минеральный состав льняного жмыха представлен в таблице 3.

Количественный анализ минерального состава жмыха показал, что льняной жмых характеризуется повышенным содержанием калия, фосфора и магния, но низким содержанием кальция. Так же калия оказалось больше натрия, тем самым необходимо это учитывать при составлении рецептур продуктов с его участием. Содержание витаминов в льняном жмыхе представлен в таблице 4.

Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели льняного жмыха

Наименование показателя	Характеристика
Цвет	От серого до светло-коричневого
Запах	Свойственный льняному жмыху без постороннего запаха затхлости и горелости
Металломагнитная примесь, мг на 1 кг жмыха, не более	Отсутствуют
Прочие посторонние примеси	Отсутствуют
Зараженность вредителями или наличие следов заражения	Отсутствуют

Таблица 2. Химический состав льняного жмыха

Компоненты	Масса г на 100г съедобной части
Вода	15
Белок	26
Жир	10
Углеводы	12
Пищевые волокна, в том числе:	30
клетчатка	9,3
Зола	6,6

Таблица 3. Минеральный состав льняного жмыха

Содержание в жмыхе:				
Макроэлементы, г				
К	Са	Mg	Na	Р
12,4	3,4	4,3	3,9	10
Микроэлементы, мг				
Mn	Fe	Cu	Zn	
38	197	26,4	69	

Таблица 4. Содержание витаминов в льняном жмыхе

Наименование	Содержание, мг
Токоферолы (Е)	5,8
Тиамин (В ₁)	10,2
Рибофлавин (В ₂)	4,8
Пантотеновая кислота (В ₃)	9,5
Никотиновая кислота (В ₅)	44

Витаминная ценность льняного жмыха обусловлена водорастворимыми витаминами группы В и токоферолами [6, с. 17].

Льняной жмых богат биологически полноценным белком, в нем содержатся все незаменимые аминокислоты [7, с. 187].

Содержание белков — жизненно важное требование, предъявляемое к пищевым продуктам. В льняном жмыхе содержатся незаменимые аминокислоты, которые не синтезируются в организме и являются очень важными

для здоровья человека. Содержание незаменимых аминокислот в льняном жмыхе представлено в таблице 5.

Результаты показывают, что льняной жмых содержит полный набор незаменимых аминокислот, с высоким содержанием лейцина, валина, изолейцина, фенилаланина, треонина, лизина, и низким содержанием метионина и триптофана.

Ещё 30% от массы льняного жмыха составляют углеводы, в которых присутствует клетчатка, необходимая для полноценной работы желудочно-кишечного тракта.

Таблица 5. Содержание незаменимых аминокислот в льняном жмыхе

Вид жмыха	Содержание незаменимых аминокислот, г в 1 кг жмыха						
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Триптофан
Льняной	16,7	15,8	19,6	11,1	5,1	12,3	4,4
							Фенилаланин 13,3

Клетчатка усиливает перистальтику кишечника. Она поглощает вредные вещества и токсины и выводит их из организма. Клетчатка замедляет усвоение жиров и углеводов и снижает уровень холестерина [8, с. 29].

В составе льняного жмыха обнаружены полиненасыщенные кислоты (Омега-3 и Омега-6). Они вынуждают насыщенные жиры, поступающие с пищей животного происхождения, покидать организм. При этом снижается холестерин, и уходят излишки веса. Из этого можно сделать вывод, что именно в тандеме с молоком льняной жмых будет благотворно влиять на организм человека [9, с. 165].

Специфичность химического состава льняного жмыха доказывает целесообразность широкого использования в качестве белково-минеральной добавки, с целью повышения пищевой и биологической ценности комбинированных продуктов.

Пищевая ценность жмыха льна указывает на возможность и желательность использования льняного жмыха при выработке молочных продуктов функционального назначения [10, с. 109]. Продукт переработки семян льна может быть применен в рационах питания населения разных возрастов, начиная со школьного, а также для коррекции и профилактики здоровья [11, с. 105].

Литература:

1. Воронова, Н.С. Распределение электрофоретических фракций белковых изолятов из подсолнечного жмыха/Н.С. Воронова, Д.В. Овчаров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 10 (104). с. 943–952. — IDA [article ID]: 1041410070. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/70.pdf>, 0,625 у. п. л.
2. Бердина, А.Н. Биологическая ценность семян подсолнечника и продуктов их переработки/А.Н. Бердина, Н.В. Ильчишина, Н.С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 5–6. — с. 44–45.
3. Бердина, А.Н. Аминокислотный состав липопротеинов подсолнечника и пшеницы/А.Н. Бердина, Н.В. Ильчишина, Н.С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 2–3. — с. 26–28.
4. Безверхая, Н.С. Влияние ферментативной модификации белкового изолята из подсолнечного жмыха на качество мучных кондитерских изделий/Н.С. Безверхая, Н.В. Ильчишина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 4 (322). — с. 46–47.
5. Воронова, Н.С. Исследование химического состава и функциональных свойств белковых изолятов, полученных из подсолнечных семян и жмыха/Н.С. Воронова, А.Н. Бердина, Е.С. Кудлаева // Вестник НГИЭИ. — 2012. — № 8. — с. 37–45.
6. Безверхая, Н.С. Сравнительная характеристика двух биотипов гибридного подсолнечника с различным жирнокислотным составом запасных липидов/Н.С. Безверхая, Н.В. Ильчишина, С.Г. Ефименко, В.Г. Шебаков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2010. — № 2–3. — с. 17–19.
7. Безверхая, Н.С. Влияние ферментативной модификации подсолнечных белковых изолятов на их аминокислотный состав и биологическую ценность/Н.С. Безверхая, А.Н. Бердина, Н.В. Ильчишина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2010. — № 27. — с. 187–190.
8. Обогащение мучных кондитерских изделий модифицированным белковым изолятом из подсолнечного жмыха/Н.С. Воронова, Д.В. Овчаров // Молодой ученый. — 2015. № 5–1 (85). — с. 29–32.
9. Нестеренко, А.А. Инновационные технологии в производстве колбасной продукции/А.А. Нестеренко, А.М. Патищева, Н.М. Ильина. — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 165 с.
10. Воронова, Н.С. Модифицированные белковые изоляты из подсолнечного жмыха/Н.С. Воронова. — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 109 с.
11. Бердина, А.Н. Липопротеиновый комплекс семян подсолнечника/А.Н. Бердина, Н.С. Воронова, А.А. Нестеренко. — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 105 с.

Экспертные системы в задачах технического диагностирования оборудования пищевых производств

Костин Александр Михайлович, аспирант, программист
ООО «ГрандПроект» (г. Москва)

Яблоков Александр Евгеньевич, доцент;
Благовещенская Маргарита Михайловна, профессор
Московский государственный университет пищевых производств

Технологическое оборудование предприятий пищевых производств (зерноперерабатывающих, хлебопекарных, мясо- и молокоперерабатывающих и пр.) является основными производственными фондами, от качества функционирования которых зависит эффективность работы всего предприятия. Это особенно актуально при поточном пищевом производстве, т. к. даже при небольших изменениях технического состояния технологического оборудования возникает риск снижения качества готового продукта. Наиболее оптимальной стратегией технического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования пищевых производств является ТОиР по фактическому состоянию оборудования. Для успешного применения данного подхода необходимо использовать методы и средства технического диагностирования оборудования.

Наиболее универсальным методом диагностирования является диагностика по параметрам вибрации (вибродиагностика), температуры (тепловая), по параметрам рабочих процессов (параметрическая). Процедура определения технического состояния оборудования связана с необходимостью логического анализа сложных взаимосвязанных процессов и эвристической обработки значительных объемов исходной диагностической информации с учетом метода диагностирования. Такая не тривиальная задача требует высокой квалификации специалистов, осуществляющих его диагностику. Поэтому эффективное диагностирование машин силами эксплуатационного персонала пищевого предприятия является трудноосуществимой задачей.

Для преодоления обозначенных трудностей предлагается метод мониторинга и поиска неисправностей, использующий информационные технологии инженерных знаний, практически реализованной в виде экспертной системы (ЭС).

С учетом характерных особенностей работы агрегатов пищевых производств место ЭС можно определить, как показано на рис. 1.

Любая ЭС состоит из описанных ниже компонентов (см. рис. 2) [1]:

- пользовательский интерфейс. Механизм, с помощью которого происходит общение пользователя и ЭС;
- средство объяснения. Компонент, позволяющий объяснить пользователю ход рассуждения системы;
- рабочая память. Глобальная база данных фактов, используемых в правилах;

— программный компонент, обеспечивающий формирование логического вывода (принимая решение о том, каким правилам удовлетворяют факты или объекты), сортирует правила по приоритетам и выполняет правило с максимальным приоритетом;

— рабочий список правил (продукционная память). Созданный машиной логического вывода, отсортированный по приоритетам список правил, шаблоны которых удовлетворяют фактам или объектам, находящимся в рабочей памяти;

— средство приобретения знаний. Автоматизированный способ, позволяющий пользователю вводить знания в систему, а не привлекать к решению задачи явного кодирования инженера по знаниям.

Для представления знаний широко применяются правила, но также используются и другие методы: фреймы, сценарии, логика, концептуальные схемы и др. [1].

При создании ЭС особое место занимает создание базы данных (БД). БД предназначена для обеспечения качественного и надежного хранения, отображения, сортировки и обработки с помощью ЭВМ диагностических параметров технологического оборудования. В БД вносятся: тип и номинальные параметры диагностируемого агрегата, результаты измерений диагностических параметров, результаты вычислений значений показателей диагностирования, вывод об общем состоянии диагностируемого агрегата, перечень узлов агрегата с указанием их предположительного технического состояния, рекомендации по дальнейшей эксплуатации оценка остаточного ресурса.

БД должна обеспечивать возможность анализа данных, осуществлять поиск и выбор по различным параметрам, формировать запросы и отчеты, формировать журналы регистрации неразрушающего контроля и заключений экспертизы промышленной безопасности, вычислять остаточный ресурс технологического оборудования на основе результатов анализа.

Задача построения БД решается на основе применения измерительно-диагностических систем, построенных с соблюдением следующих принципов [2]:

1. Принцип достаточности определяет минимальное число датчиков вторичных процессов, сопровождающих функционирование агрегатов и технологической системы в целом.
2. Для увеличения глубины и достоверности диагноза требуется расширить пространство диагностических при-

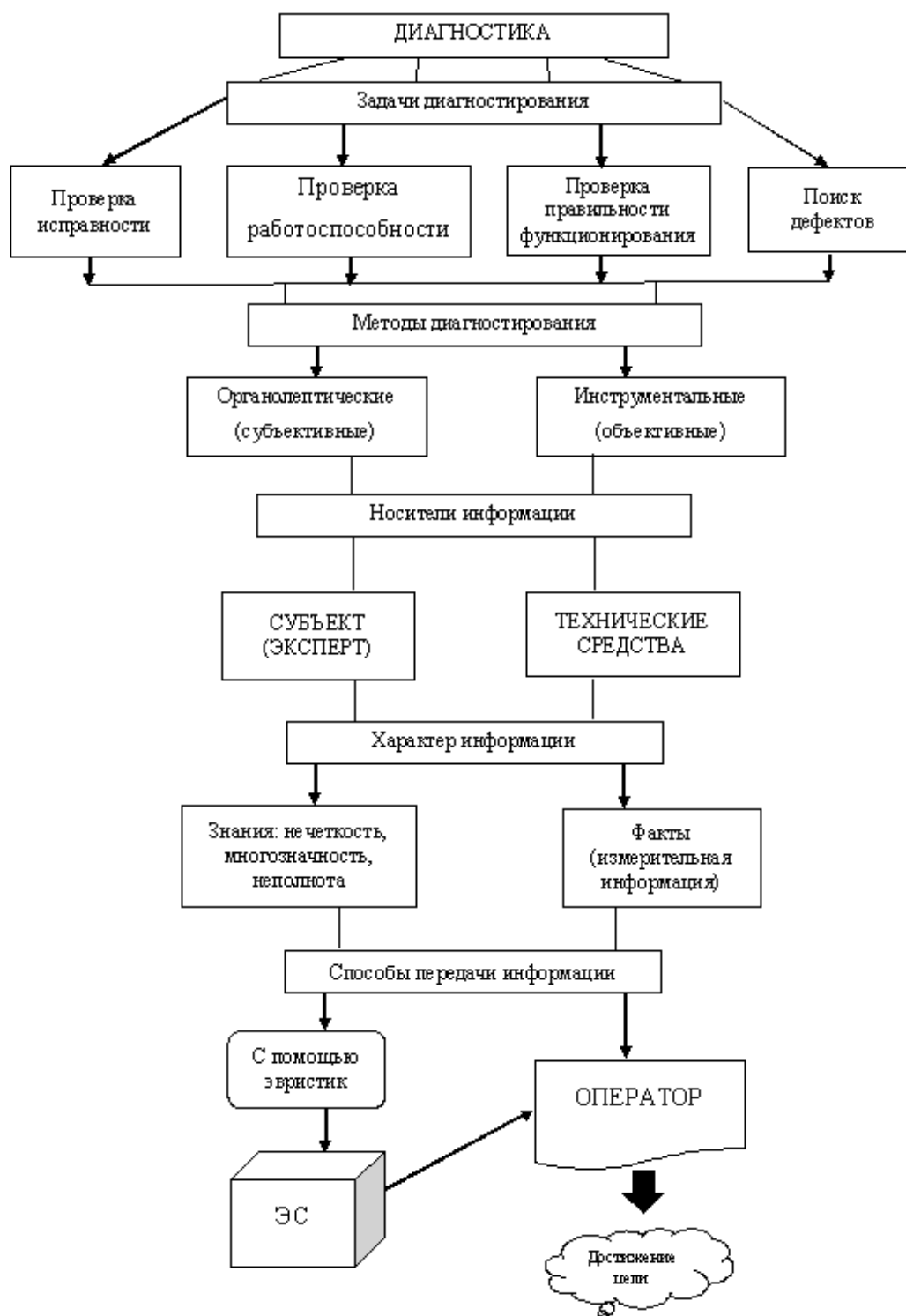


Рис. 1. Структурная схема системы диагностирования машин пищевого производства с применением ЭС

знаков, для чего существует два пути: повышение числа признаков, получаемых с датчика; повышение числа измерительных точек.

3. Принцип информационной полноты регламентирует ограниченность наших знаний об окружающем мире. Суть принципа в том, что после удаления из известных диагностических признаков из спектра сигнала известных признаков выделяется остаточный «шум», который также используется для диагностики. Широко-

масштабные эксперименты показали, что в большинстве случаев система признаков с характеристикой «шум» почти ортогональна, то есть отражает ряд неучтенных факторов технического состояния объекта, таких, например, как затирания и заедания в уплотнениях и подшипниках.

4. Принцип инвариантности способствует быстрому темпу разработки и внедрения системы мониторинга, диагностики и оценки остаточного ресурса. Выбор и селекция

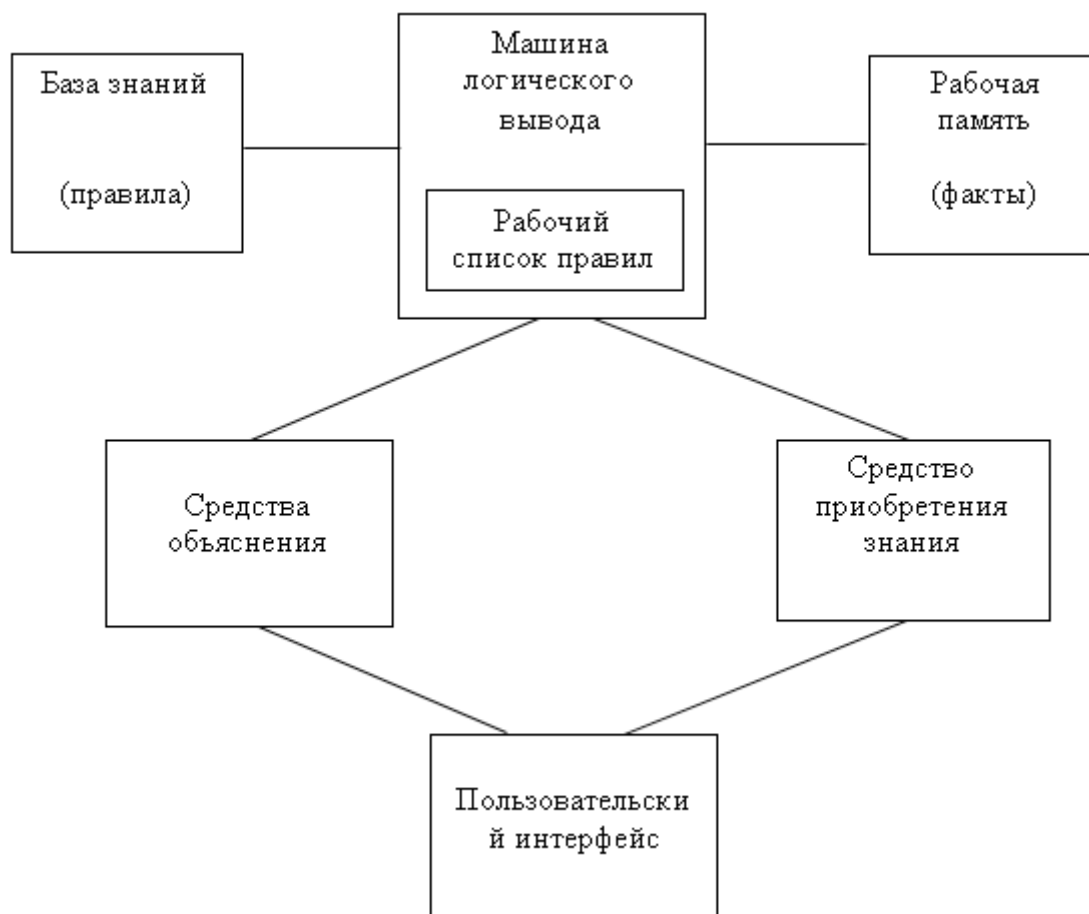


Рис. 2. Структура экспертной системы, основанной на правилах

инвариантных диагностических признаков к конструкции машины и формы связи с параметрами ее технического состояния обеспечивает применение быстрых самообучающихся ранговых процедур безэталонной диагностики и прогнозирования машин.

5. Принцип самодиагностики всех измерительных и управляющих каналов обеспечивает примитивный пуск систем в эксплуатацию, простоту ремонта и обслуживания отдельных каналов, высокую функциональную и метрологическую надежность системы, ее приспособляемость и выживаемость к постоянно изменяющимся условиям технологических процессов.

6. Принцип программируемости и структурной гибкости должен обеспечивать реализацию оптимальной параллельно-последовательной структуры. Различают системы с параллельной, последовательной и промежуточной сосредоточенной структурой. Система с параллельной структурой характеризуется максимальным быстродействием при максимальной стоимости. Системы с последовательной структурой характеризуется минимальным быстродействием при минимальной стоимости. Существуют организации и с промежуточной структурой, однако у них есть свои недостатки.

7. Принцип корректности регламентирует поправку нелинейности амплитудно-фазовых характеристик, дат-

чиков, согласующих преобразовательных трактов и т.д. вычислительными методами на компьютере.

8. Принцип дружелюбности интерфейса при максимальной информационной нагрузкой должен позволять оператору при одном взгляде на монитор оценить состояние объекта или системы в целом и спрогнозировать свои дальнейшие действия.

9. Принцип многоуровневой организации допускает работу с системой специалистами разных уровней квалификации ответственности. Благодаря наличию сетевой поддержки системы объединяются в диагностическую сеть производства. Такой многоуровневый контроль обеспечивает эффективный контроль за состоянием агрегатов и их безопасной эксплуатацией.

Учитывая автоматический сбор и хранение данных о состоянии оборудования и его параметрах, диагностические сети плодотворно влияют на организацию автоматизированной системы диагностических исследований в рамках всего предприятия. Примером может стать сеть Compac-NET [3], благодаря которой вся диагностическая информация передается на рабочие места специалистов, что позволяет им быть в курсе всех изменений технического состояния эксплуатируемого оборудования и принимать своевременные меры для обеспечения его безаварийной работы.

Решение задач построения автоматизированных диагностических систем для класса сложных промышленных объектов обуславливается выбранными методами и алгоритмами создания ЭС. По результатам анализа многочисленных работ, хорошим подспорьем для пищевых объектов может стать использование комбинации методов стохастической и нечеткой оценки, прогнозирования событий и диагностики технического состояний контролируемого оборудования при различных условиях его работы. Суть метода в определении зон нечеткого состояния оборудования. Эти зоны определяются фиксированными переменными типа «уровень вибрации», «уровень шума», «уровень нагрева» с такими терминами как, например, «требуется ТО», «аварийное состояние», «требуется замена элемента» и т.п. Причем для каждого конкретного оборудования эксперт может сам задать граничный уровень этих переменных, в результате чего будет построена оригинальная функция соответствия $\rho(f)$, что делает этот метод более гибким. Данный метод определяет рациональный состав ансамбль малонадежных компонентов предприятия по критериям ремонтпригодности, сохраняет граничные и недопустимые уровни вибрации для детерминированных систем диагностики, охватывает все традиционные функции систем диагностики и мониторинга технического состояния контролируемого оборудования. Такие ЭС получили название экспертные системы вероятностного типа [4].

Главное отличие ЭС нового поколения, что система полностью открыта для пользователей. Эксперты могут самостоятельно создавать, дополнять и изменять базу знаний, описывающую неисправности, на основе определенных производственных правил. Достоинство таких ЭС также состоит в том, что, интегрировав ее с модулем опроса датчиков, система способна выдавать решения с учетом данных, поступающих как от пользователя, так и напрямую от датчиков штатной системы контроля параметров. С учетом этих преимуществ рассмотрим подробнее операцию принятия решений ЭС.

Выбор правил зависит от состояний агрегата и управлений на предыдущих шагах процесса, то есть для многошагового процесса [5]:

$$u_t = \varphi_n(z^t, u^{t-1})$$

где u — выбранная стратегия ЭС для принятия решения, z^t — значения процесса к моменту времени t , φ — оператор перехода.

Помимо множества определенных и неопределенных возмущающих факторов (Λ) в диагностической системе заложены активные средства, которые в формализованном виде представлены техническими характеристиками S системы и совокупностью ресурсов C различного вида. Принимается, что каждый вид ресурсов имеет ограничения:

$$C_i^u \leq C_{i0}^u (i = 1, m)$$

где i — номер вида ресурса, C_{i0}^u — предельный запас ресурсов i -го вида.

Для вывода показателя эффективности операции необходимо принимать в расчет действия случайных факторов Λ_E . Система ограничений $\eta_i(u, \Lambda_E) \leq C_i (i = 1, m)$ может иметь стохастический характер. При решении задач данную схему заменяют либо системой $M[\eta_i(u, \Lambda_E)] \leq C_i$, либо

$$P[\eta_i(u, \Lambda_E)] \leq C_i \geq \alpha_i$$

где α_i — заданные уровни вероятности того, что i -е неравенство $\eta(u, \Lambda_E) \leq C$ будет выполнено. При этом показатель эффективности $W(u)$ представляет собой математическое ожидание функции соответствия.

Для формирования показателя эффективности операции результирующее значение $y(u)$ сопоставляется с функцией соответствия

$$\rho(y(u), y^{TP})$$

где y^{TP} — требуемый результат.

В результате отображается показатель эффективности $W(u)$ и критерий эффективности K . Далее формируется задача принятия решения $\langle A_0, U, K, u^* \rangle$ (A_0 — цель операции), которая формируется таким образом: выбрать рациональную стратегию u^* из множества допустимых стратегий U , используя критерий K при поставленной цели операции A_0 .

Хорошим примером успешных разработок в других областях промышленности может послужить комплексы программ с использованием разработанной нечеткой экспертной системы: «КвиХар» (металлургия), «КОМ-ПАКС» (Энергетика), АПК для диагностики в движении роторных узлов вагонной тележки пригородного электропоезда. Все эти системы имеют ряд обобщенных функций [3,6,7]:

- определение общего статуса и диагноза состояния объекта;
- определение дат наступления событий изменения состояния объекта по тренду или по приращениям диагностических параметров;
- непрерывный мониторинг и диагностики состояния объекта на протяжении всего срока его службы, обеспечивающего полное использование ресурса, заложенного в оборудовании при одновременном сохранении его ремонтпригодности и безопасности производства.

Все эти системы объединяет то, что они предназначены для диагностики и мониторинга технологического оборудования обычных пользователей, не являющимися специалистами в области диагностики, также это простые удобные и недорогие средства диагностики и мониторинга технологического оборудования предприятия.

Учитывая современные тенденции создания ЭС и анализ существующих систем диагностики в пищевой промышленности и других областях, в МГУПП ведутся научные исследования по разработке распределенной автоматизированной системы интеллектуального мониторинга обо-

рудования зерноперерабатывающих предприятий [8]. В рамках работы стоит задача построения экспертной системы с использованием искусственных нейронных систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, связанных с организацией сбора и обработки большого объема статистических данных по обслуживанию, параметрам технологических процессов,

диагностическим параметрам, сопровождающих работу машины (вибрации, току, звуку, температуры). Для ЭС такая нейронная система может представлять собой базу знаний, сформированную путем обучения на основе примеров, взятых из эксплуатации разработанного диагностического аппарата или нескольких аппаратов, функционирующих на разных предприятиях.

Литература:

1. Экспертные системы: принцип разработки и программирование, 4-издание.: Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. — 1152 с.
2. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов/А. Е. Козярук, А. В. Кривенко, Ю. Л. Жуковский, С. В. Бабурин, М. С. Черемушкина, А. А. Коржев. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 90 с.
3. Костюков, В. Н. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР — КОМПАКС)/В. Н. Костюков, С. Н. Бойченко, А. В. Костюков; под ред. В. Н. Костюкова, — М.: Машиностроение, 1999. — 163 с.
4. Д. С. Кшесинский, Д. А. Моргуненко Экспертные системы вероятностного типа как средство оценки технического состояния оборудования // Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: VII Международная научно-техническая конференция, 19–21 ноября 2013 г.: сборник докладов/Открытое АО «Всероссийский теплотехнический науч.-исслед. ин-т» (ОАО «ВТИ»), с. 77–81.
5. Тугенгольд, А. К. и др. Интеллектуальные системы в управлении производственными и технологическими процессами. М.: ДГТУ, 2010. 179 с.
6. Кудрявцев, Е. А, Пронякин В. И. Комшин А. С. Свиридов В. В. Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов 2013 Сборник материалов с. 202–207
7. Благовещенская, М. М Интеллектуальная экспертная автоматизированная система контроля рисков микробиологической порчи мясного сырья/Фомушкин В. И., Благовещенская М. М., Носенко С. М., Благовещенский И. Г. // Пищевая промышленность № 6/2015. Изд-во Пищевая промышленность, — с. 14–17.
8. Костин, А. М. Распределенные автоматизированные системы интеллектуального мониторинга оборудования пищевых предприятий/Костин А. М., Яблоков А. Е., Благовещенский И. Г., Носенко С. М. // Пищевая Промышленность № 6/2015. Изд-во Пищевая промышленность, — с. 14–17.

Интенсификация процесса посола рыбы под воздействием механических колебаний

Слабьяк Вадим Петрович, аспирант

Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург)

В статье представлен разработанный способ посола продуктов и установка для его осуществления. В отличие от аналогов, способ обеспечивает режим колебаний с параметрами, различными для рассола и продукта. Результаты исследований свидетельствуют, что возникающая на границе раздела фаз (продукт, рассол) относительная скорость движения, в значительной степени интенсифицирует процесс посола. При этом показано, что по сравнению с условиями отсутствия такой относительной скорости процесс посола интенсифицируется в 1,5–2 раза. В результате время процесса посола сокращается и обеспечивается равномерность распределения посолочных ингредиентов по всей массе продукта.

Ключевые слова: повышение эффективности, посол рыбы, соленость, интенсификация, вибростимуляция, образец рыбы, механические колебания, кинетика процесса, относительная скорость.

Intensification of process salting fish under the influence of mechanical vibrations

Vadim Slabyak P., post-graduate student

UrSAU, Ekaterinburg

The article indicates method developed by salting products and installation for its implementation. Unlike analogies, the method provides a mode of vibrations with the parameters for the various product and brine. Results of researches testify that arising at the phase interface (product, brine), the relative speed of movement, largely intensifies the process of salting. It was then shown that, compared with the absence of such relative speed of the process of salting is intensified by 1.5–2 times. As a result, process time salting is reduced and provides uniform distribution of ingredients salting throughout the mass of the product.

Keywords: improving the efficiency, salting fish, salinity, intensification, vibratory stimulation, sample fish, mechanical vibrations, kinetics of the process, relative velocity.

Сокращение времени процесса посола и улучшение качества соленых мясных, рыбных и прочих продуктов является важными характеристиками производственного процесса. Эти характеристики являются определяющими в технологии производства, поскольку определяют время производства и трудозатраты. Одним из путей решения этой задачи, как известно [1], является применение механических колебаний.

При анализе отечественных и зарубежных источников [1, 2] выявлено, что наряду с установленным положительным влиянием колебаний на скорость процесса посола, остается неизученной кинетика процесса посола и сравнительная роль составляющих стадий процесса (внешний массообмен, внутренний массообмен) [1, 3]. Попытка решения этого вопроса явилась предметом настоящей работы. Сущность предлагаемого способа интенсификации процесса и установки для его осуществления показаны на рис. 1. На этом рисунке схематично показано направление колебаний в установках аналогов (рис. 1, а) и на исследуемом устройстве (рис. 1, б)

Как следует из рисунка 1, в известных установках для посола мяса и рыбы режим колебаний продукта по-

сола и рассола оказывается одинаковым, поскольку продукт в рассоле размещается непосредственно в самой емкости. Если разделить продукт и рассол в емкости любым устройством, изменяющим частоту колебаний одного из названных элементов, то режимы колебаний продукта и самого рассола окажутся разными. Такая система была использована в установке, представленной на рис. 2 [4, 5]. Как видно из рисунка, в этом случае режимы колебаний продукта и рассола различны. В результате этого различия на границе раздела продукт-рассол возникает относительная скорость движения продукта по отношению к рассолу, которая как следует из современных представлений о конвективном массопереносе, определяет интенсивность внешнего массообмена. При этом, формула общего коэффициента массопередачи процесса посола K_m если пренебречь скоростью процесса переноса на границе раздела рассол-продукт, будет иметь вид (1):

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{\text{áiáò}}} + \frac{1}{\beta_{\text{áiòó}}}} \quad (1)$$

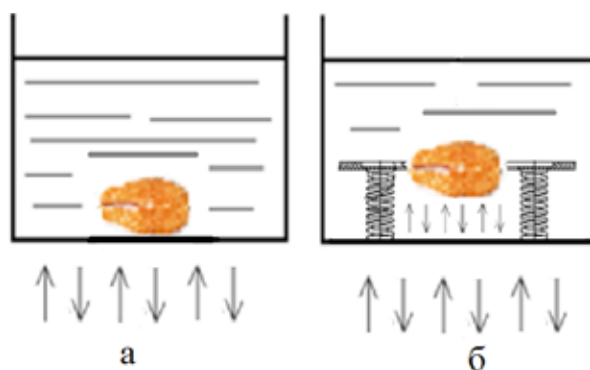


Рис. 1. Схема режимов колебаний продукта и рассола: режимы колебаний: а – одинаковый; б – различающийся

где $\beta_{\text{внеш}}$ — коэффициент массоотдачи при внешнем массообмене, м/с;

$\beta_{\text{внут}}$ — коэффициент массоотдачи при внутреннем массообмене, м/с;

При повышении скорости массоотдачи внешней или внутренней тем самым следует ожидать общую интенсификацию процесса. Результаты эксперимента не только подтверждают это очевидное предположение, но и указывают, что именно внешний массоперенос играет определяющую роль в лимитировании общей скорости процесса.

В опытах измерялась концентрация соли в исследуемых образцах с помощью солемера TDS-3, в совокупности с аргентометрическим способом по ГОСТу 7636–85. Применялся раствор соли NaCl лимитированной концентрацией 10%, так как превышение этого показателя солёности может привести к частичному разрушению структуры белка [2]. При построении графиков на основе полученных экспериментальных данных недостающие данные были найдены методом интерполяции. Параметры

механических колебаний взяты соответственно рекомендациям [1].

Стейки горбуши и скумбрии соответствовали ГОСТу 814–96 приняты, как лабораторный материал соответственно ГОСТу 7631–85.

Установка включает специальную рабочую емкость, в которой устанавливается дополнительное устройство основания для фиксации продукта в режиме колебаний, отличающимся от общего для рассола, что приводит к значительному изменению относительной скорости на границе рассол-продукт для интенсификации процесса посола.

Колебания в установке создаются за счет масс вращения толкателей по эксцентриситету, ход которых обеспечивает пружинам поочередный режим сжатия и растяжения. Наличие трех зубчатых колес в составе вибратора позволяет использовать различные модификации вибраторов, как маленьких, так и больших. Устройство работает следующим образом. В емкость 1 загружают рассол и продукт (рыбу) 5, крепя на вибропланшете 2, закрывают крышкой. Емкость 1 с сырьем, в свою очередь, крепится

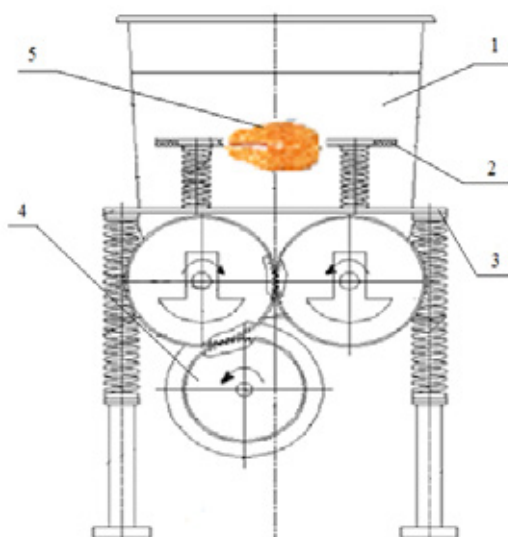


Рис. 2. Установка для проведения процесса посола: 1 – емкость; 2 – основание; 3 – вибростол; 4 – вибратор; 5 – продукт (рыба)

к вибростолу 3 при помощи шнура и фиксируется крючками. В нижней части стола закреплен вибратор 4, включающий три зубчатых колеса, связанных между собой. В движении обеспечивает поступательное движение емкости 1 с сырьем в вертикальной плоскости. Это обеспечивает колебания рассола, который, вместе с колебаниями от самой емкости приводит в движение с другой частотой вибропланшет 2 с продуктом 5. После выполнения работы, продукт (рыба) 5 выгружается из емкости 1 и проверяется качество посола.

На рисунке 3, расположение кривой 1 прямо свидетельствует о том, что при наличии относительной скорости

движения на границе раздела фаз существенно увеличивает интенсивность процесса. Так, уже после суток проведения процесса посола с помощью вибростимуляции достигалась концентрация соли в продукте значением более 9%. В то же время при других методах посола эта величина лежала в пределах 5.5–7.5%.

На рисунке 4 показано, что массоперенос соли при вибрационном воздействии происходит интенсивнее, если режим колебаний таков, что на границе раздела продукт-рассол создаются условия, обеспечивающие наличие относительной скорости движения фаз (сравнить кривые 1, 2 для условий существования относительной скорости

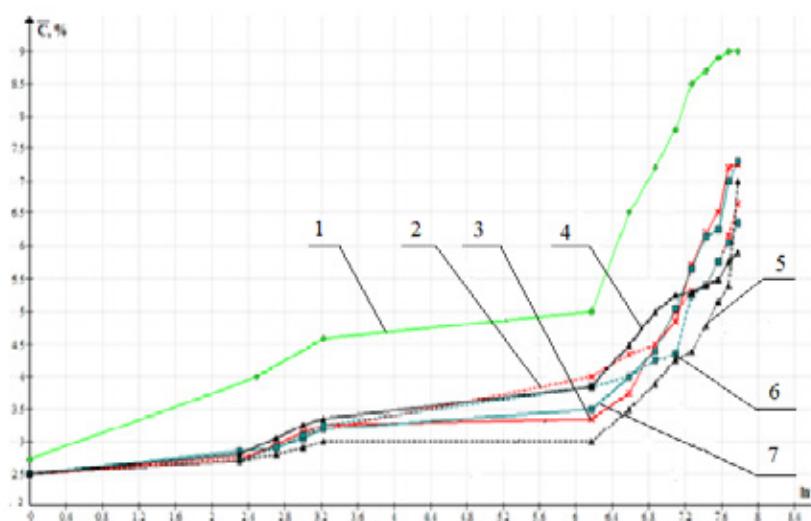


Рис. 3. Изменение средней солёности при посоле горбуши под электро- и вибростимуляцией: 1 — при вибростимуляции раствора и образца; 2 — электро- и вибростимуляция до сухого посола; 3 — электрохимическая стимуляция посола; 4 — мокрый посол; 5 — электро- и вибростимуляция до мокрого посола; 6 — сухой посол; 7 — электро- и вибростимуляция до посола в насыщенном растворе

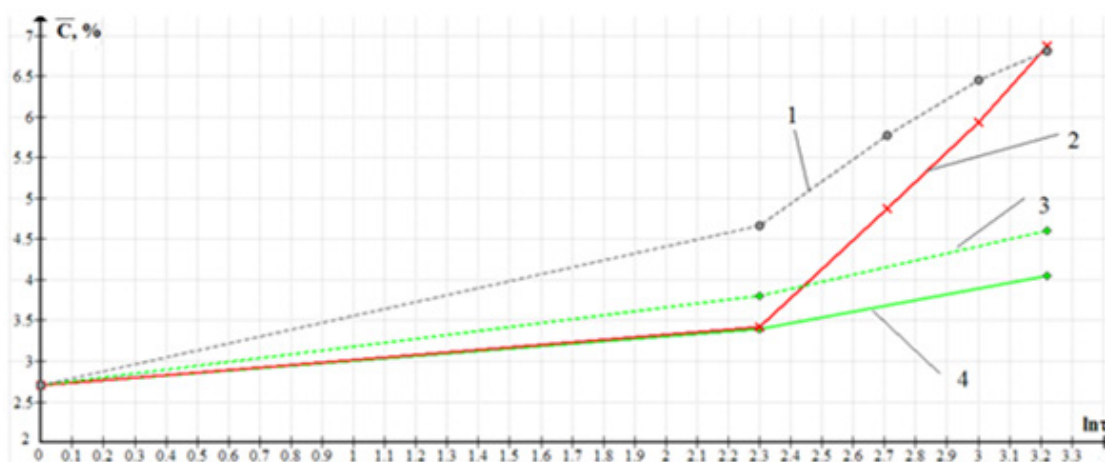


Рис. 4. Сравнение кривых изменения средней солёности рыбы при посоле в поле механических колебаний: 1, 2 — при передаче колебаний только к емкости с рассолом и неподвижным образцом горбуши и скумбрии соответственно; вибростимуляция раствора и образца; 3, 4 — при передаче колебаний только к емкости с рассолом и продуктом соответственно горбуши и скумбрии

Таблица 1. Изменение солёности горбуши

Показатели	Числовые данные							
	Известное устройство				Предложенное устройство			
Солёность, %	3,6	3,9	4,4	4,6	4,66	5,77	6,45	6,81
Время, мин	10	15	20	25	10	15	20	25
Частота колебаний продукта, Гц	25				25 — n			
Частота колебаний рассола, Гц	25				25			
Амплитуда колебаний, мм	5				5			
Рассол, %	9,33				9,33			

Таблица 2. Изменение солёности скумбрии

Показатели	Числовые данные							
	Известное устройство				Предложенное устройство			
Солёность, %	3,4	3,5	3,8	4,05	3,42	4,88	5,93	6,87
Время, мин	10	15	20	25	10	15	20	25
Частота колебаний продукта, Гц	пре				25 — n			
Частота колебаний рассола, Гц	25				25			
Амплитуда колебаний, мм	5				5			
Рассол, %	9,33				9,33			

движения и кривые 3, 4 для условий когда относительная скорость движения продукта и рассола практически отсутствует). Это происходит на отрезке времени от 10 до 25 минут (соответственно значения $\ln t$, равных 2,3 и 3,2).

В таблицах 1 и 2, представлены данные по изменению солёности рыбы (горбуши и скумбрии) при посоле в устройстве прототипа и полезной модели. При посоле горбуши (табл. 1) с целью получения малосолёной про-

дукции по ГОСТ 7448—2006, устройству требуется 10—15 минут.

Таким образом, установлено что, наложение механических колебаний на процесс посола позволяет сократить его продолжительность приблизительно в 1,5—2,5 раза.

Время посола рыбы для достижения требуемой для заданного продукта концентрации (по рыбе — ГОСТ 7448—2006) составляет 25 минут.

Литература:

1. Лимонов, Г.Е., Боровикова О.П., Смирнова Л.В. Вибрационная техника и технология в мясной промышленности. М.: Агропромиздат, 1989. — 232 с.
2. Уитон, Ф. В., Лоусон, Т.Б. Обработка водных пищевых продуктов. Нью-Йорк: Уайли, 1985, — 273—327 с.
3. Минухин, Л. А. Расчёт сложный процессов тепло и массообмена в аппаратах пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. — 170 с.
4. Слабьяк, В.П., Минухин Л.А. Повышение эффективности посола рыбы в поле механических колебаний // Аграрный вестник Урала. — 2015. — № 3, 21—25 с.
5. Слабьяк, В.П., Минухин Л.А. Исследование кинетики процесса посола рыбы в поле механических колебаний // Аграрный вестник Урала. — 2015. — № 4, 62—66 с.

13. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Строительный материал столетия

Джолманова Маия Мержановна, магистрант;

Айтуганова Сауле Гараповна, кандидат педагогических наук, доцент

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

В данной статье рассмотрены современное состояние и тенденция развития технология легкого бетона. Изучаются современные технологические линии, целесообразные режимы основных процессов, а также организация технологии бетона для промышленного и гражданского строительства.

Ключевые слова: бетон, конструкция, строительный материал, сооружение, песчано-гравийные смеси, горные породы, заполнители, прочность, давление, цемент, морозостойкость, вискозиметр.

This article describes the current status and trend of development of technology of lightweight concrete. Studied modern production lines, suitable modes of basic processes, as well as the organization of concrete technology for industrial and civil construction.

Keywords: concrete, construction, building materials, construction, sand and gravel, rocks, aggregate, strength, pressure, cement, frost, viscometer.

Темпы строительства во многих регионах Казахстана сдерживаются из-за отсутствия развитой транспортной сети при удалённости объектов от баз строительной индустрии. Более того, освоение отдалённых районов нашей республики предъявляет повышенные требования к строящимся объектам, ведущее место при строительстве которых занимает бетон. В качестве заполнителей зачастую применяют местные горные породы, песчано-гравийные смеси из русла рек, пески и т.д., при этом требуется производить бетонные работы в короткий срок и с хорошим качеством.

Бетон — один из древнейших строительных материалов. Из него построены галереи египетского лабиринта (3600 лет до н. э.), часть Великой Китайской стены (III век до н. э.), ряд сооружений на территории Индии, Древнего Рима и в других местах. Однако использование бетона и железобетона для массового строительства началось только во второй половине XIX в., после получения и организации промышленного выпуска портландцемента, ставшего основным вяжущим веществом для бетонных и железобетонных конструкций [1].

Вначале бетон использовался для возведения монолитных конструкций и сооружений. Применялись жесткие и малоподвижные бетонные смеси, уплотнявшиеся трамбованием. Столетиями бетон использовался как долговечный строительный материал. В начале 20 века, с появлением стального армирования, бетон становится наиболее широко применяемым строительным материалом в мире. Долговечный и стойкий к коррозии, бетон

противостоит солнечным лучам и влаге, большинству микроорганизмов и проникновению химических элементов.

Бетон способен выдержать давление до 1000 кгс/см², но при этом имеет относительно низкую прочность на разрыв и изгиб. В зависимости от доступности сырья и альтернативных строительных материалов бетон может быть относительно недорогим в производстве и технологичным при изготовлении сложных строительных конструкций [2].

Для приготовления бетона строительных конструкций наиболее широко используют неорганические вяжущие вещества. Эти вещества при смешивании с водой под влиянием внутренних физико-химических процессов способны схватываться (переходить из жидкого или тестообразного состояния в камневидное) и твердеть (постепенно увеличивать свою прочность). Различают неорганические вяжущие вещества водного (цементы) и воздушного (известь, гипс и др.) твердения [3].

На современном этапе строительства важнейшей задачей является снижение массы зданий и сооружений за счет применения облегченных конструкций.

Использование легких бетонов позволяет снизить массу сборных железобетонных конструкций на 30–35 %, укрупнить монтируемые элементы зданий, улучшить теплотехнические и акустические показатели зданий, снизить транспортно-монтажные расходы, уменьшить стоимость строительства в среднем на 5, а в некоторых районах на 30–40 %, снизить трудовые затраты на стройках до 50 %, увеличить производительность труда на 20 %.

Основными направлениями по улучшению качества бетонных изделий на стадии приготовления бетонной смеси в настоящее время являются: использование разнообразных химических добавок (модификаторов, пластификаторов), активных наполнителей, и т. д. Так, из обычных тяжелых бетонов на плотных заполнителях основное применение находят бетоны марки 200–400, а к высокопрочным относят бетоны марки 600 и выше.

Из легких бетонов на пористых заполнителях, в том числе керамзитобетонов, наиболее массовое применение в настоящее время находят бетоны марок 50–100. Поэтому высокопрочным сейчас целесообразно считать керамзитобетон марки выше 200. В дальнейшем по мере развития применения керамзитобетона граница высокопрочных керамзитобетонов, очевидно, переместится в сторону более высоких марок.

Сокращение времени набора прочности является неперенным условием любой технологии производства бетонных работ, так как длительное твердение бетона стало несовместимым с существующими темпами строительства.

Легкие бетоны находят в строительстве возрастающее применение. Конструкции из легких бетонов позволяют улучшить теплотехнические и акустические свойства зданий, значительно снизить их массу, успешно решить проблему объемного и многоэтажного строительства, а также строительства в сейсмических районах страны. Развитие производства бетонов с применением пористых заполнителей характерно как для нашей страны, так и за рубежом. В нашей стране наиболее широко используемым заполнителем является керамзит, а также аглопорит, перлит и др. Керамзитовый гравий составляет до 80% общего объема современного производства искусственных пористых заполнителей. За рубежом более типичным легким заполнителем является термозит (шлаковая пемза). Понятие «высокопрочный» для бетонов является относительным и характеризует бетоны более прочные, чем применяемые в настоящее время в массовом строительстве. Бетоны называются легкими, если в сухом состоянии их средняя плотность не выше 2000 кг/м^3 . Снижения их массы достигают в основном за счет облегчения заполнителя, иногда еще путем поризации вяжущей части.

В зависимости от назначения и технических свойств легкие бетоны разделяют на конструкционные, применяемые для несущих конструкций (стены, перекрытия, и др.); теплоизоляционные, применяемые для ограждающих слоистых конструкций как утеплитель и разного рода теплоизоляции, звукопоглощения; конструкционно-теплоизоляционные. Конструкционные легкие бетоны марок 150–400 получают на основе портландцемента марок 300–600 с применением керамзитового гравия (керамзитобетоны), аглопоритового щебня (аглопоритобетоны) или шлаковой пемзы (шлакобетоны). В качестве мелкого заполнителя применяют природный песок,

но может быть использован и дробленый песок. Средняя плотность этих бетонов с применением кварцевого песка составляет $1600\text{--}1800 \text{ кг/м}^3$, что значительно меньше, чем при применении плотного заполнителя для получения тяжелого бетона той же прочности. Эффективность легкого бетона в данном случае особенно наглядна при сравнении их по коэффициентам конструктивного качества. Этот коэффициент, обозначаемый ККК, равен отношению предела прочности бетона при сжатии к его средней плотности. При равной прочности у легкого конструктивного бетона в среднем он выше в $2400/1700 = 1,4$ раза, поэтому легкие бетоны целесообразнее применять, чем тяжелые одинаковой прочности, в междуэтажных перекрытиях отапливаемых зданий, в проезжей части мостов, в железобетонных конструкциях с обычной и предварительно напряженной арматурой (балки, прогоны, лестничные марши и площадки и т. п.). Широкому применению конструктивных легких бетонов в наружных конструкциях способствует высокая морозостойкость (Мрз35 и выше), а при использовании для гидротехнических сооружений их морозостойкость увеличивают до 300 и выше, что достигается введением некоторых добавочных веществ.

Для установления марки бетонов гидротехнических массивных сооружений срок выдержки образцов равен 180 суткам. Срок выдержки и условия твердения образцов бетонов сборных изделий указываются в соответствующих ГОСТах. За марку силикатных и ячеистых бетонов принимают временное сопротивление в кгс/см^2 на сжатие образцов тех же размеров, но прошедших автоклавную обработку одновременно с изделиями ($1 \text{ кгс/см}^2, 0,1 \text{ Мн/м}^2$). Особо тяжелые бетоны имеют марки от 100 до 300 ($10\text{--}30 \text{ Мн/м}^2$), тяжелые бетоны от 100 до 600 ($10\text{--}60 \text{ Мн/м}^2$). Марки высокопрочных бетонов от 800–1000 ($80\text{--}100 \text{ Мн/м}^2$). Применение высокопрочных бетонов наиболее целесообразно в центрально-сжатых или сжатых с малым эксцентриситетом колоннах многоэтажных промышленных и гражданских зданий, фермах и арках больших пролётов. Лёгкие бетоны на пористых заполнителях имеют марки от 25 до 200 ($2,5\text{--}20 \text{ Мн/м}^2$), высокопрочные бетоны до 400 (40 Мн/м^2), крупнопористые бетоны от 15 до 100 ($1,5\text{--}10 \text{ Мн/м}^2$), ячеистые бетоны от 25 до 200 ($2,5\text{--}20 \text{ Мн/м}^2$), особо лёгкие бетоны от 5 до 50 ($0,5\text{--}5 \text{ Мн/м}^2$). Прочность бетонов на осевое растяжение ниже прочности бетонов на сжатие примерно в 10 раз.

Кроме того, значительный эффект достигается при использовании технологических приёмов воздействия не только на сами бетоны в процессе его созревания, но и на его компоненты на стадии изготовления.

Таким образом, бетон остается на сегодняшний день широко применяемым строительным материалом.

Технологические приемы его изготовления, подбор составляющих компонентов является актуальной проблемой химической технологии.

Литература:

1. Сажнев, Н. П., Шелег Н. К. Производство ячеистобетонных изделий по технологии фирмы «Хебелъ». — Строительные материалы и изделия. — 2002. — № 3. — с. 17–21.
2. Рязанов, А. В. Пенобетон и его производство // Строительная альтернатива. — 2002. — № 1.
3. Андреева, А. Н. Химия цемента и вяжущих веществ: учеб. пособие/Н. А. Андреева; СПбГАСУ. — СПб., 2011. — 67 с.
4. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

Использование растворов силиката натрия в производстве бетонов

Сарсеналиева Айна Есенгалиевна, магистрант;

Айтуганова Сауле Гараповна, кандидат педагогических наук, доцент

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

В данной статье рассмотрены физико-химические свойства силиката натрия и использование растворов силиката натрия в производстве бетонов.

Ключевые слова: *кремнесодержащие породы, опока, силикат натрия, бетон, производства бетонов, вязкость, плотность.*

В производстве строительных материалов используется силикат натрия для производства бетонных конструкций и изделий. Силикат натрия является крупнотоннажным продуктом неорганического синтеза и производится во всех промышленно развитых странах мира, причем с увеличением темпов строительства в Казахстане потребность в нем непрерывно возрастает. Исходя из классификации строительных вяжущих веществ, раствор силиката натрия относят к «воздушным вяжущим», поскольку искусственный камень на его основе неводостоек — разупрочняется при хранении в воде. Однако специальными приемами водостойкость такого камня может быть значительно повышена, прежде всего, за счет правильного выбора отвердителя, использования термического отверждения, введение добавок-модификаторов и т.д. Раствор силиката натрия применяют для производства бетонных конструкций и изделий, для укрепления грунтов при строительстве дорог, аэродромных покрытий, оснований под фундаменты, в частности, в составе инъекционных растворов [1].

Основным способом производства раствора силиката натрия, реализуемым в нашей области является получение растворов силиката натрия гидротермальным методом на основе природного кремнеземсодержащего сырья.

Сырьем для производства растворов силиката натрия гидротермальным методом являются горные породы осадочного происхождения (опоки, трепелы, диатомиты и др.). Одним из основных критериев определения пригодности данного сырья является максимальное содержание в нем аморфного SiO_2 и минимальное содержание примесей, которые являются источником загрязнения растворов щелочных силикатов и способствуют появлению в них нерастворимых остатков.

Силикат натрия используется он обычно в виде водных растворов. Общеизвестно, что в химии силикатов, а также в химии растворов силикатов результат химического взаимодействия трудно, а подчас и невозможно свести к ряду химических реакций в привычном для химиков формульном выражении. С одной стороны, это обусловлено сложным и большей частью неизвестным полимерным составом раствора, который формально характеризуют силикатным модулем, и неизвестным характером полимерных превращений в ходе взаимодействия. С другой стороны, такая ситуация складывается из-за некристаллического аморфного состояния продуктов реакции. Обычно они имеют нестехиометрический состав и развитую поверхность; большую роль в этом случае играют адсорбционные явления, и отличить адсорбцию от химических реакций можно только условно или в специальном исследовании [2].

Химизм процессов, происходящих при твердении силикатных масс на основе силиката натрия, проявляется, прежде всего, в выделении из щелочного силиката коллоидного кремнезема. Эта коагуляция особенно наглядно обнаруживается у высококремнеземистых силикатных композиций, содержащих большое количество малоустойчивых коллоидных мицелл, легко распадающихся под влиянием различных причин. Высокомолекулярные концентрированные растворы силикатов щелочных металлов, получаемые гидротермальным способом, являются системами, переходными от растворов к коллоидам. Им уже в значительной степени присущи превращения, характерные для коллоидной химии: гелеобразование, коагуляция, флокуляция. Эти явления очень часто сопутствуют, накладываются на основное химическое взаимодействие, придавая химии растворов силикатов своеобразие.

Основными характеристиками растворов щелочных силикатов являются силикатный модуль, содержание SiO_2 , M_2O (Na_2O или K_2O), или содержание твердого вещества ($\text{SiO}_2 + \text{M}_2\text{O}$). Штыренковым предложена эмпирическая формула для определения силикатного модуля натриевых силикатов: $p = 55,16 (p-1) N - 2,28$, где p — плотность раствора силиката натрия; N — нормальность щелочи в этом растворе, определенная титрованием. На рис. 1 представлены в качестве примера для системы $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ графики, позволяющие по плотности и содержанию K_2O и SiO_2 определить модуль раствора, или наоборот, причем графики, предназначенные для работы, делают более крупными и наносят на них частую сетку.

Для определения плотности в технических целях используют наборы ареометров. При более точных измерениях прибегают к пикнометрическому методу с обязательным термостатированием.

Вязкость растворов очень сильно изменяется с температурой.

Небольшой подогрев может быть оправдан при перевозке щелочных силикатов по железной дороге в цистернах. Исследователи обычно отмечают, что причина высокой вязкости силикатных растворов по своей природе отлична от растворов высокополимерных органических соединений. Способы определения средней молекулярной массы по величине характеристической вязкости не применимы к растворам щелочных силикатов [3].

Другой особенностью химии растворов силикатов является то обстоятельство, что результат взаимодействия реагентов зависит не только от их химической природы, но и от целого ряда нехимических факторов: порядка смешения реагентов, их начальной концентрации, скорости перемешивания при смешении и т. п. Общая причина этой группы явлений — гелеобразование на границе раздела взаимодействующих или смешиваемых фаз. Это приводит к осложнениям при гомогенизации реакционной системы

и к возрастанию роли диффузионных процессов, предшествующих химическому взаимодействию реагентов. Поэтому различные технологические приемы, используемые для обеспечения взаимодействия реагентов, могут играть решающую роль в создании систем с заданными свойствами. Такими технологическими приемами, помимо перемешивания, могут быть предварительное растворение твердых реагентов в том же самом растворителе (например, в воде); их диспергирование; проведение гетерогенной реакции при непрерывном обновлении поверхности (например, в шаровой мельнице); растворение различных исходных реагентов в двух несмешивающихся растворителях с последующим эмульгированием и т. п. Описание результатов реакции и использования тех или иных технологий проведения этих реакций оказывается громоздким, сводится, в конечном итоге, к бесконечному множеству примеров.

Очевидно, что, приливая раствор силиката к избытку кислоты, при быстром перемешивании можно проскочить этот диапазон pH и сразу выйти на устойчивые системы при pH равном 2. Обратный порядок приливания приведет к образованию геля или к неоднородной системе при медленном перемешивании. Из рисунка следует, что использование сильноокислотных катионитов, обуславливающее малую ионную силу раствора, может дать совсем иной результат, чем адекватная нейтрализация щелочи кислотой в диапазоне $\text{pH} = 7-10$. Изменение природы аниона в растворе, т.е. частичная замена гидроксильного иона анионом вводимой кислоты, имеет следствием большую или меньшую потерю устойчивости системы, поскольку гидроксильный ион лучше любого другого аниона хемосорбируется на поверхности полимерных частиц, сообщая им отрицательный заряд, препятствующий их агломерации. В зависимости от способности аниона кислоты сорбироваться на поверхности кремнезема полная или частичная нейтрализация раствора щелочного силиката той или иной

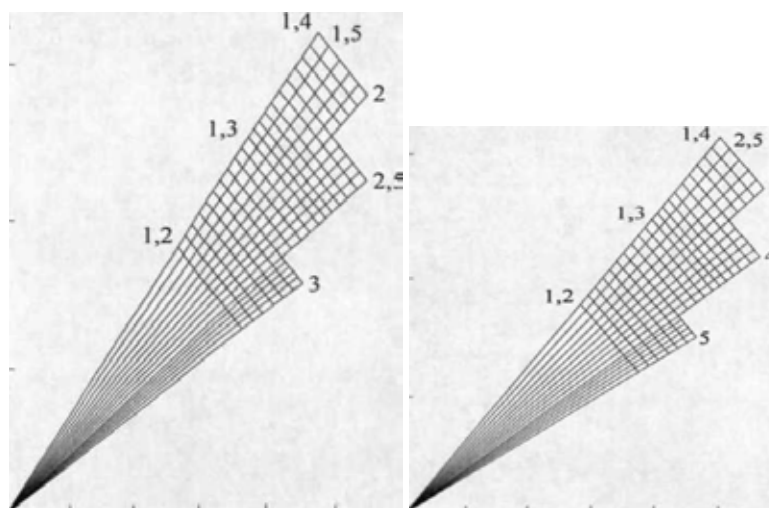


Рис. 1. Плотность растворов силикатов калия (число над линиями) в зависимости от состава раствора (числа справа показывают отношение $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$: а — массовое, б — молярное)

кислотой может дать внешне различные результаты: выпадение объемистого аморфного осадка (коагуляция), образование студенеобразной массы (гелеобразование), помутнение раствора из-за образования микронеоднородностей в системе, сохранение прозрачного раствора с меньшим или большим изменением вязкости [4].

Учитывая широкое применение растворов силиката натрия для производства бетонных конструкций и изделий, для укрепления грунтов при строительстве дорог, аэродромных покрытий, оснований под фундаменты и т. д. большое значение имеют исследования свойств силиката, полученные из местных месторождений.

Литература:

1. Технологическая оценка качества на разных стадиях ГРП исходных и активированных цеолитсодержащих кремнистых пород для использования в нетрадиционных направлениях Методические указания НСОМТИ № 98/Т. П. Конюхова, У. Г. Дистанов, О. А. Михайлова, Д. А. Кикило, Т. Н. Чуприна. — М.: ВИМС, 2000. — 111 с.
2. Везенцев, А. И. Энергосберегающий синтез нанодисперсного аморфного силиката натрия для производства жидкого стекла/А. И. Везенцев, И. Д. Тарасова, Е. Л. Проскурина, А. П. Польшин // Стекло и керамика. — 2008. — № 8.-С. 3—7.
3. Айлер, Р. Химия кремнезема/Р. Айлер; пер. с англ. — М: Мир, 2001. Ч. 1,2.—416 с.
4. Барзаковский, В. П. Труды Д. И. Менделеева в области химии силикатов и стеклообразного состояния/В. П. Барзаковский, Р. Б. Добротин. — М.: Изд-во АН. 2002. — 125 с.

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Результаты производственной проверки экспериментального щелевателя

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Потешкин Константин Сергеевич, инженер

Оренбургский государственный аграрный университет

Экспериментальные исследования проводились согласно следующим нормативным документам: ГОСТ Р 52778—2007 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки» и ОСТ 104.1—2001 «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки функциональных показателей» [1, 2].

Полевые экспериментальные исследования проводились на учебно-опытном поле ОГАУ (на фонах, типичных для сухостепной зоны Южного Урала) с использованием экспериментальной установки (рисунок 1).



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки: 1 — трактор Т-150К; 2 — чизельный плуг ПЧ-2,5; 3 — экспериментальные рабочие органы

Программа полевых исследований в себя включала:

- а) проведение испытаний предлагаемого щелевателя в полевых условиях;
- б) определение качества выполнения операций;
- в) исследование влияния экспериментального агрегата на урожайность зерновых культур;
- г) определение баланса мощности щелевателя и энергоемкости процесса его работы;
- д) определение качественно-экономических показателей работы экспериментального щелевателя.

Экспериментальная установка состоит из чизельного плуга ПЧ-2,5 (только с двумя крайними щелерезами) с установленным на нем экспериментальными рабочими органом для внесения соломы в щель. Щелеватель агрегатировался с трактором Т-150К [3, 4].

Во второй части эксперимента сравнивались агротехнические и энергетические характеристики работы щелевателей (серийного и экспериментального). Также проводились исследования зависимости урожайности зерновых культур от параметров заделки соломы в щель.

Одной из задач экспериментального исследования щелевателя является определение оптимальных параметров, при которых качество заделки соломы в почвенную щель будет наилучшим при низком значении тягового сопротивления агрегата.

Так как факторов, определяющих оптимальные параметры процесса, достаточно много, то было принято решение о проведении многофакторного эксперимента. Многофакторный эксперимент планировался на основании известных методик [5, 6, 7, 8].

За первый параметр оптимизации многофакторного эксперимента было принято тяговое сопротивление агрегата R_x , кН (Y_1).

За второй параметр оптимизации, показывающий качество обработки почвы, была принята влажность почвы k , % (Y_2).

Основываясь на теоретических положениях, а также на исследованиях ряда ученых, в качестве варьируемых факторов, оказывающих наибольшее влияние на параметры оптимизации, были приняты следующие параметры работы:

- 1) ширина наральника (X_1);
- 2) глубина щели (X_2);
- 3) глубина заделки соломы (X_3).

В таблице 1 представлены уровни изменения факторов в эксперименте.

Таблица 1. Факторы многофакторного эксперимента и уровни их варьирования

Наименование факторов	Условное обозначение	Единица измерения	Уровни варьирования			Интервал
			верхний (+1)	основной (0)	нижний (-1)	
Ширина наральника (B)	X_1	м	0,11	0,08	0,05	0,03
Глубина щели (a)	X_2	м	0,41	0,38	0,35	0,03
Глубина заделки соломы (h_c)	X_3	м	0,24	0,20	0,16	0,04

Для описания поверхности отклика в области начальной точки был составлен ортогональный план эксперимента первого порядка в кодированных и натуральных значениях факторов (таблица 2).

Кодирование представляет собой линейное преобразование координат факторного пространства: перенос начала координат в нулевую точку плана (центр плана) и выбор масштаба по осям координат в единицах интервалов варьирования. При этом верхний уровень интервала варьирования принимается за +1, а нижний за -1.

Формула перевода натуральных значений факторов в кодированные имеет вид:

$$t_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta_i}, \quad (1)$$

где t_i — кодированное значение i -го фактора;

D_i — натуральное значение интервала варьирования i -го фактора;

X_{i0} — натуральное значение нулевого (основного) уровня i -го фактора;

X_i — текущее натуральное значение i -го фактора.

Натуральные значения интервала варьирования и нулевого (основного) уровня i -го фактора определяются по формулам:

$$\Delta_i = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{2}; X_{i0} = \frac{X_{i\max} + X_{i\min}}{2}, \quad (2)$$

где $X_{i\max}$, $X_{i\min}$ — соответственно, натуральные максимальное и минимальное значения i -го фактора.

Эксперимент реализовался отдельными сериями. Каждая серия включала в себя проведение N опытов, соответствующих всем строкам матрицы спектра плана. Количество серий m обычно равно 2,4. В нашем случае $m = 3$, следовательно, общее число опытов равно $Nm = 8 \times 3 = 24$. Внутри каждой серии порядок реализации опытов должен быть случайным, для этого применялась процедура рандомизации: m -кратное проведение данной процедуры обеспечивает различную (случайную) последовательность реализации строк матрицы спектра плана в каждой серии опытов.

В ходе многофакторного эксперимента были получены результаты, показывающие зависимость параметров оптимизации (тягового сопротивления щелевателя Y_1 и влажности почвы Y_2) от трех факторов: ширины наральника X_1 , глубины щели X_2 , глубины заделки соломы X_3 (таблица 3).

Таблица 2. Ортогональный план эксперимента

№ опыта, N	Условия опыта в кодированных переменных				Условия опыта в натуральных переменных		
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	+1	−1	−1	−1	0,05	0,35	0,16
2	+1	−1	−1	+1	0,05	0,35	0,24
3	+1	−1	+1	−1	0,05	0,41	0,16
4	+1	−1	+1	+1	0,05	0,41	0,24
5	+1	+1	−1	−1	0,11	0,35	0,16
6	+1	+1	−1	+1	0,11	0,35	0,24
7	+1	+1	+1	−1	0,11	0,41	0,16
8	+1	+1	+1	+1	0,11	0,41	0,24

Таблица 3. Результаты многофакторного эксперимента.

№	Значения факторов в кодированных переменных				Значения параметров оптимизации в трех повторностях							
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	Y ₁ , кН				Y ₂ , %			
					1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее
1	+1	−1	−1	−1	7,203	7,166	7,205	7,191	17,68	18,51	17,97	18,05
2	+1	−1	−1	+1	7,282	7,249	7,235	7,255	22,84	22,87	22,93	22,88
3	+1	−1	+1	−1	9,384	9,412	9,383	9,393	15,19	15,48	15,24	15,30
4	+1	−1	+1	+1	9,454	9,457	9,443	9,451	20,87	21,57	20,93	21,12
5	+1	+1	−1	−1	8,646	8,670	8,690	8,669	18,89	18,96	19	18,95
6	+1	+1	−1	+1	8,752	8,747	8,737	8,745	25,05	25,12	25,07	25,08
7	+1	+1	+1	−1	10,983	10,983	10,970	10,979	16,33	16,49	16,22	16,35
8	+1	+1	+1	+1	11,066	11,049	11,035	11,050	21,80	22,31	22,49	22,20

Результаты многофакторного эксперимента были обработаны в программе Statistica 6.1. Также были подсчитаны коэффициенты регрессии для параметров оптимизации.

Коэффициенты регрессии, у которых вероятность p (уровень значимости или вероятность ошибки) для факторов и их взаимодействий больше выбранного уровня значимости (0,05 или 5%), являются статистически незначимыми, следовательно, из уравнений были исключены.

По результатам регрессионного анализа для параметра оптимизации Y_1 можно составить следующее уравнение регрессии, описывающее зависимость тягового сопротивления от факторов:

$$Y_1 = -1 - 1,7 \cdot X_1 + 37,50764 \cdot X_2 + 0,00318 \cdot X_3 + 0,90417 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,00026 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,5 \cdot X_1^2, \quad (3)$$

По результатам регрессионного анализа для параметра оптимизации Y_2 составлено следующее уравнение регрессии, описывающее зависимость влажности почвы от факторов:

$$Y_2 = 65,9673 + 2,0938 \cdot X_1 - 46,9583 \cdot X_2 + 0,3964 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_1^2. \quad (4)$$

Проверка адекватности полученных регрессионных моделей с помощью F-критерия Фишера выявила, что построенные модели адекватны.

Полученные уравнения регрессии позволяют построить поверхности отклика параметров оптимизации от факторов (рисунок 2).

Важнейшим показателем при расчете экономической эффективности модернизированного щелевателя является изменение урожайности сельскохозяйственных культур вследствие его применения по сравнению с использованием стандартного щелевателя.

Экспериментальные исследования по выявлению этого показателя проводились в 2012–2014 годах на поле ПУМ Оренбургского ГАУ при возделывании озимой пшеницы.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 4.

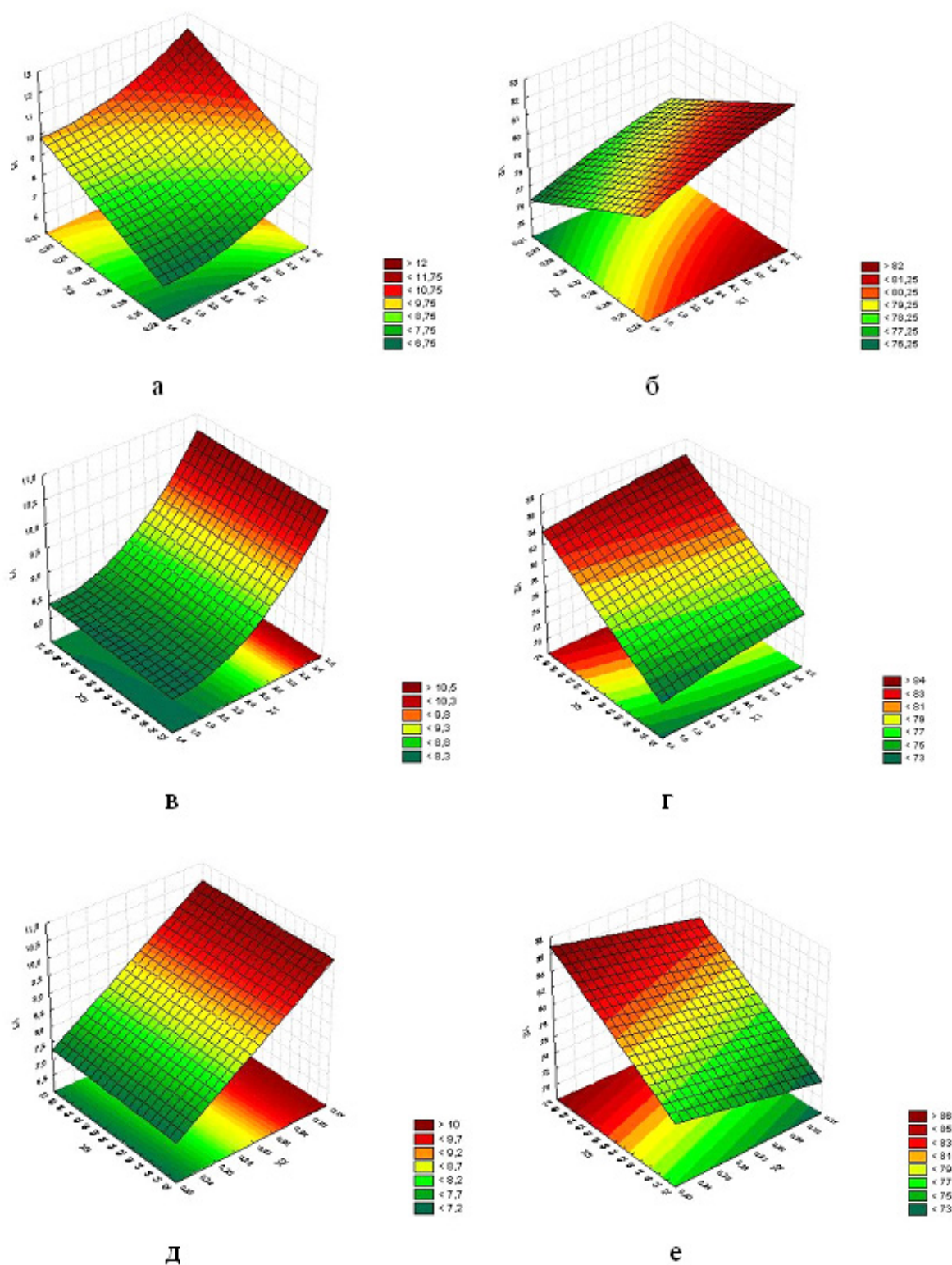


Рис. 2. Поверхности откликов параметров оптимизации Y1 и Y2: а – Y1 (RX, кН) от факторов X1 (ширина наральника B, м) и X2 (глубина щели а, м); б – Y2 (k, %) от факторов X1 (ширина наральника B, м) и X2 (глубина щели а, м); в – Y1 (RX, кН) от факторов X1 (ширина наральника B, м) и X3 (глубина заделки соломы hс, м); г – Y2 (k, %) от факторов X1 (ширина наральника B, м) и X3 (глубина заделки соломы hс, м); д – Y1 (RX, кН) от факторов X2 (глубина щели а, м) и X3 (глубина заделки соломы hс, м); е – Y2 (k, %) от факторов X2 (глубина щели а, м) и X3 (глубина заделки соломы hс, м)

Эксперимент показал увеличение урожайности озимой пшеницы на 31,1 % при обработке почвы щелевателем с дополнительными рабочими органами по сравнению с серийным. Увеличение урожайности произошло вследствие увеличения влажности почвы на 26,9 %. При этом произошло увеличение энергетических затрат (повышение тягового сопротивления на 19,1 %, увеличение расхода топлива на 8,97 %), которое учитывается при оценке экономической эффективности модернизированного щелевателя.

Таблица 4. Сравнение показателей работы серийного щелевателя с щелевателем с дополнительными рабочими органами.

Показатели	Серийный щелеватель	Щелеватель с дополнительными рабочими органами	Изменение показателей
Тяговое сопротивление R_x , кН	16,57	19,75	+3,18
Расход топлива, л/га	7,8	8,5	+0,7
Влажность почвы k , %	59,1	86	+26,9
Урожайность пшеницы $У$, ц/га	13,2	17,3	+4,1
Урожайность в пересчете на 18 %-ю влажность $У_{пр}$, ц/га	12,57	16,48	+3,91

В результате экспериментальных исследований выявлены зависимости энергетических и агротехнических показателей работы предлагаемого щелевателя в зависимости от условий работы, сравнение экспериментальных данных с теоретическими показало соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований.

В результате испытаний по сравнению агротехнических показателей работы серийного и экспериментального рабочих органов выявлено повышение влажности почвы на 26,9 % по сравнению с серийным щелевателем при возрастании тягового сопротивления на 19,1 %, также зафиксировано увеличение урожайности озимой пшеницы на 31,1 %.

Литература:

1. ГОСТ Р 52778–2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. — Введ. 13.10.2007. — М.: Стандартинформ.
2. ОСТ 104.1–2001 Стандарт отрасли. «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки функциональных показателей». — М.: Минсельхоз России. — 2001. — 43 с.
3. Совершенствование технических средств для глубокого рыхления почвы/К. С. Потешкин, М. М. Константинов, А. Н. Хмура, Б. Н. Нуралин // Известия ОГАУ. — 2011. — № 4. — с. 101–104.
4. Потешкин, К. С. Определение конструктивно-режимных параметров модернизированного щелевателя/К. С. Потешкин, И. В. Герасименко // Молодой ученый. — 2012. — № 12. — с. 39–43.
5. Аугамбаев, М., Иванов А. З., Терехов Ю. И. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента: учебное пособие/под. ред. д. т. н., профессора Рудакова Г. М. — Ташкент: Укитувчи. — 2004. — 336 с.
6. Базаров, М. К., Огородников П. И. тах информации при tip сложности методов количественного анализа (пособие начинающему исследователю). — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. — 2008. — 357 с.
7. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. — М.: Колос. — 1973. — 199 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд. доп. и перераб./М.: Агропромиздат. — 1985. — 351 с.

Конструкция опрыскивателя «ОМЕГА СТЕПЬ 1»

Помеляйко Сергей Александрович, студент;
Белоусова Анна Игоревна, студент;
Белоусов Сергей Витальевич, старший преподаватель, магистр
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

В данной статье рассмотрена конструкция опрыскивателя применительно к малой механизации и использованию его в малых формах хозяйствования.

Ключевые слова: ширина захвата, качество внесения, рабочий орган, энергосбережение, рабочая поверхность.

Междурядная обработка пропашных культур является одной из самых важных операций в процессе возделывания культурных растений, высаживаемых в огромном количестве в Краснодарском крае и не только. От нее напрямую зависит урожайность сельскохозяйственных культур, она требует высокой квалификации и ответственности механизатора.

Концепцией машинно-технологического обеспечения растениеводства на период до 2020 года предусматривается создание нового поколения органов и машин для обработки почвы, защиты растений зерно и кормоуборочных машин, созданных на основе системного подхода, адаптивности технологических воздействий, в зависимости от зональных почвенно-климатических и агроландшафтных условий. Решение поставленной задачи базируется на научных исследованиях процесса взаимодействия почвообрабатывающих рабочих органов с почвой [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

Создание и внедрение в сельскохозяйственное производство высокопроизводительных комплексов машин для механизации садоводства позволяет сократить затраты труда на производство фруктов, значительно повысить производительность труда и создают предпосылки для организации высококачественного промышленного производства в этой отрасли. Среди мероприятий, направленных на получение высоких и устойчивых урожаев плодов, ягод и овощей, важное место занимают своевременная защита растений от вредителей и болезней.

По данным ООН и других международных организаций, ежегодные мировые потери урожая всех сельскохозяйственных культур составляют 35 % валовых сборов потенциального урожая, на долю вредителей приходится 13.9 %, болезней 9.2 % и сорняков 11.4 %.

Основная задача защиты растений от вредителей и болезней — полная ликвидация или уменьшение потерь урожая до хозяйственно неощутимых размеров на основе использования интегрированных систем защиты растений, безопасных для человека и окружающей среды [10], [11], [12], [13], [14], [15].

Производство продукции на мелкоконтурных участках основано на технологиях с применением малогабаритной техники и средств малой механизации. К малогабаритной технике относятся тракторы тягового класса 0,6 с набором

разных сельскохозяйственных машин, предназначенных для выполнения механизированных работ по обработке почвы, внесению удобрений, посеву, уходу за посевами, химической защите растений и др.. Отличаются они от своих старших копий габаритными размерами, параметрами рабочих органов и технико-экономическими показателями.

Средства малой механизации (СММ) — это устройства, приводимые в действие двигателем (электрическим, пневматическим или внутреннего сгорания), мускульной силой сельскохозяйственных животных или человека. Применение средств малой механизации обеспечивает повышение производительности труда в 3...15 раз. Наиболее эффективно их использовать на мелких земельных наделах (личные подсобные хозяйства, приусадебные и другие участки) и участках, недоступных для тракторов, в горной и заболоченной местности, при механизации работ в селекции и семеноводстве. Все большее значение они имеют при возделывании садов и виноградников, это можно проследить на примере технологий возделывания многолетних насаждений в провинции БОРДО во Франции, а в нашем крае на пример агрофирмы «САД ГИГАНТ» Славянского района Краснодарского края. В настоящее время промышленность выпускает более 400 наименований и моделей СММ, номенклатура которых охватывает машины от ручного механизированного инструмента до сельскохозяйственных агрегатов на базе мини-тракторов и мотоблоков [1], [2], [3], [4].

В настоящей работе более подробно актуальнее рассмотреть ранцевые опрыскиватели и мотоблоки и способы совмещения этих приспособлений для обработки небольших трудно доступных участков посевов и более экономичного расхода средств защиты растений.

Ранцевый опрыскиватель ОРР-1А («Эра-1») и его модификации предназначен, для обработки растений эмульсиями, суспензиями и растворами пестицидов на небольших участках, в теплицах и труднодоступных для тракторных опрыскивателей местах. Он состоит из полиэтиленового резервуара 1 (рисунок 1) вместимостью от 10—20 литров, поддона 13, насоса 9 с ручным приводом, брандспойта 6, наплечных ремней, снабженных подушечками из мягкого эластичного влагонепроницаемого материала [1], [2], [3], [4].

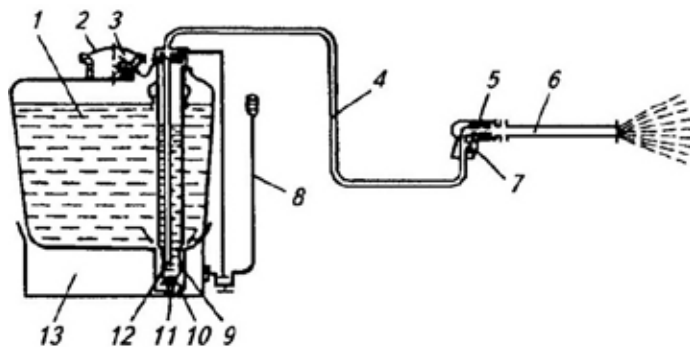


Рис. 1. Схема рабочего процесса опрыскивателя ОРР-1А («Эра-1»): 1 – резервуар; 2 – горловина; 3, 5 – фильтры; 4 – шланг; 6 – брандспойт; 7 – запорное устройство; 8 – рычаг; 9 – насос; 10 – манжетка; 11 – шариковый клапан; 12 – поршень; 13 – поддон

Опрыскиватель заправляют рабочим раствором через заливную горловину 2. Для опрыскивания оператор рычагом 8 приводит в движение поршень 12. При его перемещении вверх нижняя полость насоса заполняется рабочей жидкостью, поступающей из резервуара через манжетку 10. При движении поршня вниз рабочая жидкость вытесняется из цилиндра в верхнюю полость насоса и сжимает находящийся там воздух. Под давлением сжатого воздуха рабочая жидкость поступает в брандспойт и через распылитель на обрабатываемый объект. Подача жидкости прекращается при повороте запорного устройства 7.

Мотоблоки — это универсальные энергетические средства на базе одноосного шасси, предназначенные для работы со сменными и разнотипными прицепными или навесными орудиями, а также для привода стационарных механизмов. Как правило, мотоблоки оборудуют одним или несколькими валами отбора мощности и активными органами (например, фрезами), а комплект прицепных и насосных орудий к ним может насчитывать несколько десятков наименований [10], [11], [12], [13], [16], [17].

Для проведения лабораторно — полевых исследований нами была изготовлена специальная установка, с помощью которой можно работать на стационаре в ла-

боратории и провести испытания из расчета работы агрегата на один ряд или одно междурядье. Установка была изготовлена для минимотокультиватора «мотоблока» с применением ранцевого опрыскивателя объемом 20 литров. Данная комбинация позволяет полностью проверить работоспособность конструкции для заданной обработки

Технологическая схема агрегата «ΩMEGA CTEΠЫ1» СЗОР — 12/45.80 представлена на рисунке 2

По данным ведущих ученых [1], [6], [7], [8] суммарные потери в растениеводстве России от вредителей, болезней и сорняков в последние годы составляют до 100 млн. тонн в год, в пересчете на зерно — до 40 млн. тонн. Доля потерь от сорняков достаточно высока — практически сравнима с таковой от вредителей и болезней, вместе взятых, и значительно превышает количество зерна, ежегодно закупаемого Россией из-за рубежа [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Для этого нами предложена технология ухода за посевами пропашных культур и многолетних насаждений с применением современных средств защиты растений рисунок 1 и 2. Она заключается в разработке современных средств внесения агрохимикатов путем точечного воздей-

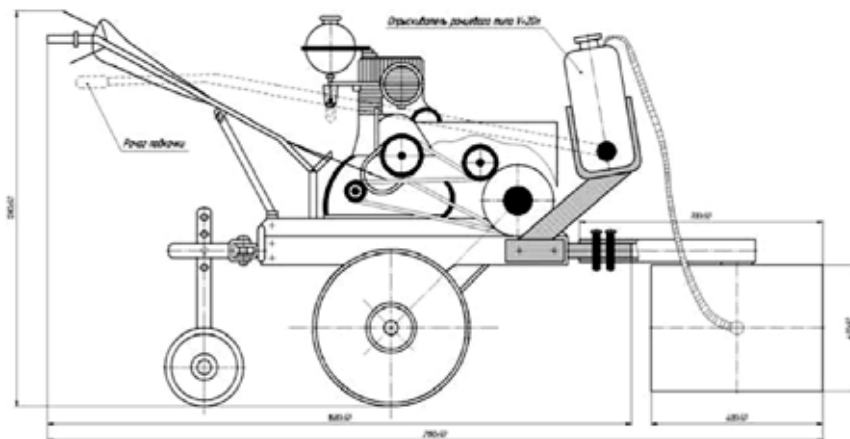


Рис. 2. Технологическая схема агрегата «OMEGA СТЕПЬ 1» СЗОР – 12/45.80

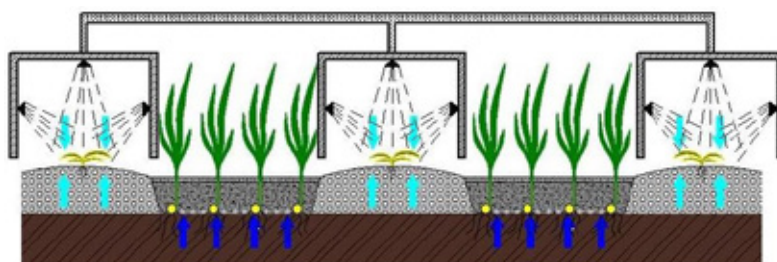


Рис. 3. Принципиальная схема работы разрабатываемого нами агрегата при обработке междурядий

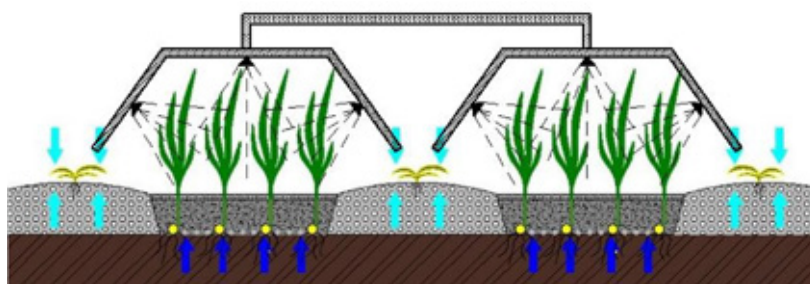


Рис. 4. Принципиальная схема работы разрабатываемого нами агрегата при подкормке пропашных культур или обработки фиторегуляторами

ствия на сорную растительность, очагов возникновения болезней сельскохозяйственных культур и уничтожения вредителей. Все это даст нам ограниченное применение агрохимикатов, что в свою очередь повысит экологическую безопасность и качество продуктов питания населения страны в целом.

Работает агрегат «ΩMEGA СТЕПЬ» СЗОР — 12/45.80 следующим образом. Жидкость из опрыскивателя подается по трубопроводам к распыливающим устройствам расположенные на корпусе устройства и затем подается в замкнутый контур.

Устройство для химической защиты растений содержит систему замкнутого внесения жидкости состоящую из основания боковых стенок регулируемых по ширине захвата, в зависимости от условий работы, одного рабочего органа необходимую для обработки максимально возможной ширины захвата как для уничтожения сорной растительности в междурядьях пропашных культур и многолетних насаждений без механического воздействия на поверхность почвы, так и для поверхностной обработки пропашных культур осуществляя их подкормку и борьбу с вредителями. Устройство содержит распылители, распо-

ложенные на боковых стенках, для ввода жидкости в замкнутый контур, а применение специальных распылителей, позволит создать завихрение, что предаст жидкости более мелкое строение капель и попадать не только на поверхность листьев сверху, но и с обратной стороны, это позволит значительно сократить количество повторных обработок и быстрому уничтожению сорной растительности, а при поверхностной обработке пропашных культур скорейшее их развитие. Агрегат, разрабатываемый нами универсален, имеет возможность регулировки ширины захвата, непосредственно находясь на раме без ее демонтажа, возможность уничтожения сорняков за один проход агрегата, возможность подкормки культурных растений вне зависимости от погодных условий, исключая только дождь

В результате проделанной работы нами предлагается новая технология возделывания сельскохозяйственных культур, которая направлена на сокращение прямых затрат на возделывание продукции растениеводства, повышение экологической составляющей продуктов питания. Все это приведет к увеличению количества продукции при меньших затратах на ее возделывание.

Литература:

1. Инновационный метод основной обработки почвы как способ борьбы с сорными растениями Белоусов С.В., Бледнов В.А., Трубилин Е.И. В сборнике: Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Типография КубГАУ, 350044, Краснодар, Калинина,13, 2013. с. 202—206.
2. Инновационный метод междурядной обработки почвы, подкормки пропашных культур и многолетних насаждений

3. Белоусов, С.В., Бледнов В.А. В сборнике: Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Типография КубГАУ, 350044, Краснодар, Калинина, 13, 2013. с. 304–309.
4. Современные технологии обработки почвы
5. Белоусов, С.В. В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, 2012. с. 3–4.
6. Дисковые бороны и лушильники в системе основной и предпосевной обработки почвы. Проблемы и пути их решения/Е.И. Трубилин, К.А. Сохт, В.И. Коновалов, С.В. Белоусов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — № 04 (088). с. 662–671. — IDA [article ID]: 0881304045. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/45.pdf>, 0,625 у. п. л.
7. Трубилин, Е.И. Экономическая эффективность отвальной обработки почвы разработанным комбинированным лемешным плугом/Е.И. Трубилин, С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 09 (103). с. 654–672. — IDA [article ID]: 1031409040. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/40.pdf>, 1,188 у. п. л.
8. Трубилин, Е.И. Результаты экспериментальных исследований определение степени тягового сопротивления лемешного плуга при обработке тяжелых почв/Е.И. Трубилин, С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 09 (103). с. 673–686. — IDA [article ID]: 1031409041. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/41.pdf>, 0,875 у. п. л.
9. Белоусов, С.В. Расчет основных параметров разбрасывателя сыпучих материалов/С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 10 (104). с. 1884–1900. — IDA [article ID]: 1041410131. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/131.pdf>, 1,062 у. п. л.
10. Трубилин, Е.И. Основная обработка почвы с оборотом пласта в современных условиях работы и устройства для ее осуществления/Е.И. Трубилин, С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 10 (104). с. 1863–1883. — IDA [article ID]: 1041410130. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/130.pdf>, 1,312 у. п. л.
11. Белоусов, С.В. Внесение сыпучих материалов при помощи центробежных разбрасывателей. Существующие проблемы и пути их решения/С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 10 (104). с. 1849–1862. — IDA [article ID]: 1041410129. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/129.pdf>, 0,875 у. п. л.
12. Белоусов, С.В. Патентный поиск конструкций, обеспечивающих обработку почвы с оборотом пласта. Метод поиска. Предлагаемое техническое решение/С.В. Белоусов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — № 04 (108). с. 409–443. — IDA [article ID]: 1081504029. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/04/pdf/29.pdf>, 2,188 у. п. л.
13. Белоусов, С.В. Конструкция комбинированного лемешного плуга и исследование его тягового сопротивления в составе машинотракторного агрегата [Текст]/С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Молодой ученый. — 2015. — № 5. — с. 217–221.
14. Белоусов, С.В. Связь науки и техники в возделывании сельскохозяйственных культур при проектировании лемешного плуга [Текст]/С.В. Белоусов, Е.И. Трубилин, А.И. Лепшина // Актуальные вопросы технических наук: материалы III междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). — Пермь: Зебра, 2015.
15. Белоусов, С.В. Определение тягового сопротивления при обработке дополнительным плоскорежущим рабочим органом [Текст]/С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Молодой ученый. — 2015. — № 8. — с. 194–199.
16. Сергей Белоусов, Евгений Трубилин, Совершенствование лемешного плуга для основной обработки почвы Монография Palmarium-Publishing ISBN 978–3-659–60152–1. — Германия. — 2015 год — с. 73.
17. Белоусов, С.В. Плоскорежущие рабочие органы для обработки почвы с оборотом пласта [Текст]/С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Молодой ученый. — 2015. — № 10. — с. 158–161.
18. Белоусов, С.В. Компьютерные технологии в преподавании инженерной графики и моделирования сельскохозяйственной техники [Текст]/С.В. Белоусов, В.В. Цыбулевский, А.И. Белоусова // Теория и практика образования в современном мире: материалы VII междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 161–167.

19. Современные технологии в полеводстве Трубилин Е. И., Белоусов С. В., Бледнов В. А. В сборнике: Инноватика — 2013. сборник материалов IX Всероссийской школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Национальный исследовательский Томский государственный университет, министерство образования и науки Российской Федерации; Под редакцией А. Н. Солдатова, С. Л. Минькова. Томск, 2013. с. 152–158.

Внедрение комплексной системы постоянного улучшения («Кайдзен») на российских предприятиях: проблемы и ограничения

Попова Екатерина Сергеевна, студент
Тюменский государственный нефтегазовый университет

В настоящее время очень много упоминается о преимуществах различных систем стандартизации процессов как пути к успеху организаций. Однако существуют и другие подходы, иногда даже более эффективные и прогрессивные, чем соответствие требованиям многих стандартов.

«Кайдзен» — японская стратегия маленьких шагов, которые ведут к постоянному совершенствованию, один из инструментов идеи «Бережливого производства». Данная концепция зародилась в Японии и была признана в остальном мире, что доказывает её эффективность, как в промышленности, так и в других сферах, таких как услуги или общественные организации.

В сертификационных программах ISO большая доля внимания уделяется стандартизации процессов и их постоянному улучшению, а терминология данной системы подразумевает, что стандарты — это самый лучший способ выполнить работу.

Термин «кайдзен» появился в 1986 году, с выходом печатного издания «Кайдзен: ключ к успеху японских компаний», им была названа одна из основных идей менеджмента. Этот термин в 1993 году был включен в New Shorter Oxford English Dictionary, где говорится о «кайдзен» как о непрерывном совершенствовании методов работы, личной эффективности и т. д., то есть как о философии бизнеса. Именно тогда термин получил признание в английском языке.

В переводе с японского, «кайдзен» — «непрерывное, постоянное совершенствование». Исходя из этого, в процесс совершенствования вовлекаются все — от руководителей до рабочих, реализация данной стратегии не требует больших капиталовложений. Философия «кайдзен» несёт в себе идею, что наша жизнь в целом (трудовая, общественная и личная) должна быть ориентирована на постоянное улучшение. Это является настолько естественным и очевидным для многих жителей Японии, что они следуют этой мысли не задумываясь.

Основатели системы «кайдзен» это: Эдвард Деминг, Джозеф Джуран, Филипп Кросби, Арманд Фейгенбаум и их японские коллеги Генити Тагути и Каору Исикава.

«Кайдзен» — это система не на один день, а долгосрочная стратегия развития предприятия. Суть системы очень простая: это непрерывное совершенствование, в которое вовлечены все сотрудники: и высшее руководство, и руководители отделов, и рабочие. Философия системы предполагает, что наша жизнь должна быть направлена на непрерывное улучшение.

Эта система включает в себя большинство японских систем по качеству. Также многие приводят аналогию с зонтом, который укрывает все системы (элементы) качества.

Система «кайдзен» состоит из следующих элементов:

Клиентоориентированность. Основа данной системы в том, что вся деятельность предприятия направлена на удовлетворение потребителя — создание ценности для потребителя и устранение тех потерь, которые такую ценность не создают. При этом существует разделение на внешних и внутренних клиентов.

Работа в команде. Внутри коллектива постоянно происходит обмен информацией, опытом, обсуждение проблем. Ярким элементом командной работы являются кружки качества.

Самодисциплина и личное совершенствование. Любой сотрудник отвечает за свои действия и должен улучшать свои навыки. Это дает возможность делегировать полномочия.

Общее обсуждение проблем и постоянное наличие информации о всех событиях и ситуациях каждого сотрудника. Цель — не наказать работника за ошибки, а создать такие ситуации, когда ошибки невозможны.

Предложения по улучшению. Любой сотрудник, от руководителя до рабочего, имеет право предлагать идеи по улучшению на организованных специально собраниях и конференциях или же в отправляться в специальный ящик для проектов по улучшениям. Для поддержки предложений должна быть внедрена система поощрений: моральных и материальных.

Стандартизация. Если сотрудник добился каких-то улучшений, то его опыт должен быть отмечен, создана инструкция и все сотрудники должны быть с ней ознакомлены, чтобы закрепить полученный результат.

Система «кайдзен» содержит такие инструменты как:

- 5 S — упорядочивание рабочих мест
- TQM
- Дзидока — это когда оборудование само находит проблему и останавливает систему
- «Just-in-time» system — система «точно вовремя»
- Систему предложений
- Бережливое производство и другие.

Если получится успешно внедрить систему Кайдзен, то произойдут изменения в компании, которые приведут к отличным результатам таким как:

- Устранение потерь на предприятии
- Повышение качества продукции и качества услуг
- Увеличится степень удовлетворенности потребителей.

Ещё один плюс системы, это то что система позволяет избежать естественного страха перед переменами, ведь они происходят постепенно.

Существует десять принципов Кайдзен:

- 1) направленность на клиентов
- 2) постоянные изменения
- 3) признание проблем компании
- 4) пропаганда на открытость
- 5) создание рабочих групп
- 6) управление проектами при помощи межфункциональных групп
- 7) гармония взаимоотношений
- 8) самодисциплина
- 9) информирование всех сотрудников
- 10) возможность делегирования полномочий каждому сотруднику.

Значение системы «кайдзен» для российского предпринимательства велико. Если маркетинговые и финансовые вопросы руководители компаний решать научились, то вопрос эффективности производств остается до сих пор открытым. Очень высокие издержки на производстве способствуют тому, что отечественная продукция является неконкурентоспособной. На сегодняшний день достаточно большой процент выпускаемых товаров не соответствует тем стандартам качества, которые действуют во всем мире. Хотя, даже в том случае, если продукция является качественной и продается по приемлемым ценам, компания всё равно находится далеко позади лидеров мирового бизнеса. Потому как все вопросы логистики, начиная от закупки материалов и комплектующих и заканчивая поставкой готовых товаров заказчикам, в России находятся в допотопном состоянии.

Главное препятствие, мешающее распространению практики «кайдзен» в России, кроется в сознании самих предпринимателей. За последние несколько лет многие компании совершили колоссальный рывок в своем развитии. Всего лишь несколько лет назад некоторых из них даже не существовало, а сейчас это лидеры по доле на рынке и считаются «великими». Такие компании зачастую, окрыленные успехом своего быстрого старта, продолжают стремительное развитие и пытаются охватить

всё и сразу. Сама идея «кайдзен» предполагает методичное, постепенное и долгосрочное совершенствование отдельных элементов. Эффект от внедрения данной системы не может быть сиюминутным. А многие российские предприниматели именно его и ожидают.

Кроме того, в менталитете русских людей заложено, что если делать, то только большие дела: «развернуть реки вспять», «посадить сады на Марсе»... В восточной Кайдзен культуре все по-другому. Например, в японских школах существует предмет «малое дело». Детей со школьной скамьи учат, что любые, и малые и большие дела одинаково значимы и что от мелких, на первый взгляд, недоработок могут возникать большие проблемы. В России есть поговорка, что «бес кроется в деталях», её любят повторять, но на деле мало кто готов шаг за шагом устранять небольшие недочеты в работе.

В России система «кайдзен» внедряется, но не настолько широко как хотелось бы. Руководство многих предприятий до сих пор недооценивают важность мелких улучшений, отказываются выделять средства для мотивации сотрудников и значительно больше внимания уделяют продажам и маркетингу, повышению эффективности производства, его совершенствованию. Данная система может работать в любой компании, которая создает товар или услугу. Например, в банке «Гембой», что в переводе с японского «реальное место», то место, где совершается работа, является зал обслуживания частных клиентов. В гостинице — ресепшн, на автозаправке — касса... Таким образом, данная система применима как для малых, так и для больших компаний и в любых отраслях. Ведь суть этого метода — то, как люди относятся к своей работе, то, как они воспринимают ценность, которую создают для клиента.

В России стали рассматривать эту систему в 2000-х годах. Первыми были автомобильные заводы, которые вдохновились успехом японской корпорации Toyota. Российские предприятия в большинстве случаев пытаются применять отдельные элементы системы, а не всю в целом. Часто систему вводят руководители, не объясняя сути рабочим, от этого и идёт отторжение системы во многих предприятиях. Ещё одной из проблем до последнего времени являлось отсутствие достаточной информированности об системе «кайдзен». Кроме того, в нашей стране пока единицы российских специалистов, изнутри знающих особенности этой системы.

Раньше считалось, что из-за менталитета народа, эта система не приживется в России, но это совершенно не так, «кайдзен» развивается в России, хотя иногда и по своим законам. Наряду с печальным опытом внедрения, есть и успешный опыт применения этой системы. Эту систему успешно применили такие предприятия как: КАМАЗ, Корпорация «Иркут», РУСАЛ, Росатом, Агро-Холдинг «Кубань», ОАО «УАЗ», ЛУКОЙЛ, Росатом-строй, Гидросила, пытаются внедрить Пермский Моторный Завод и Камкабель.

На сегодняшний день ситуация начинает изменять в лучшую сторону: многие руководители компаний осоз-

нают необходимость повышения эффективности производственных процессов, студенты ВУЗов, как технических, так и управленческих, экономических направлений проявляют интерес к данной области знаний, а также уже существуют положительные результаты внедрения данной системы на российских предприятиях.

По моему мнению, российские компании должны стараться внедрять в себя эту систему, ведь без улучшений мы не будем конкурентоспособными. Для успешного внедрения необходимо проводить обучение персонала, нужно, чтобы каждый рабочий осознавал свою значимость в про-

изводственном процессе, необходимо обеспечить обратную связь, для того, чтобы рациональные и полезные идеи сотрудников были услышаны и воплощены в реальность, если они действительно хорошо продуманы и помогут улучшить те или иные процессы производства.

Отечественные предприятия уже совершили первые шаги на пути формирования Российской Производственной Системы, и на этом пути, несомненно, будет еще немало трудностей, но эти шаги уже сделаны, а как гласит древняя мудрость: «Путь в тысячу ли начинается с одного шага».

Литература:

1. Кайдзен — система непрерывных улучшений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vigorconsult.ru/resources/kaydzen-sistema-nepreeryivnyih-uluchsheniy/> (дата обращения 17.09.2015)
2. Философия бережливого производства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ctrgroup.com.ua/concept/detail.php?ID=33> (дата обращения: 13.09.2015).
3. Лапидус, В.А. Концепция всеобщего качества (TQM) как национальная идея России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iteam.ru/publications/quality/section_61/article_2759/ (дата обращения: 12.09.2015).

Оценка эффективности применения консервантов при производстве кормов в условиях Северо-Западного региона

Юнин Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Зыков Андрей Владимирович, аспирант, научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (г. Санкт-Петербург)

Приведена оценка эффективности применения жидких консервантов при производстве кормов с учетом потерь и введения коэффициента сохранности корма в сравнении с принятыми технологиями заготовки кормов.

Ключевые слова: корма для КРС, жидкий консервант, сохранность корма, сухое вещество, питательность.

Применение химических консервантов при заготовке кормов с выходом на экономическую эффективность определяют составлением удельной прибыли полученной при заготовке корма с консервантом и контрольным образцом без него. Основными показателями которой служат: повышение сохранности и питательности корма с учетом всех эксплуатационных затрат.

Для определения экономической эффективности применения консервантов при заготовке кормов используют стоимостные показатели цены 1 тонны корма в конкретном хозяйстве, исходные данные влажности и питательности кормов и затраты, связанные с применением консерванта. Последние, определяются с учетом стоимости 1 тонны консерванта, дозы внесения консерванта на 1 тонну заготавливаемого корма, эксплуатационных затрат связанных с транспортировкой консерванта в хозяйство и к месту использования, хранением и внесением их в корм.

Для определения прибыли учитывается как разность в содержании кормовых единиц в 1 тонне кормов, полу-

ченных с применением химического или биологического консерванта и без их применения, так и разность потерь кормовых единиц в заготовленных кормах. На практике разность потерь кормовых единиц при заготовке кормов различными способами учитывалась при определении эффективных новых способов заготовки ведущими учеными нашего института и других [2, с. 46; 3, с. 155; 6, с. 9]. Предлагаемая оценка, отличается тем, что предполагает учет потерь путем введения в расчет формулы коэффициента сохранности сухого вещества при заготовке и хранении. Коэффициент выводится в результате обобщения данных потерь сухого вещества при заготовке и хранении кормов.

Исследованиями ведущих сотрудников нашего института, установлено, что при заготовке и хранении кормов общие потери сухого вещества в зависимости от влажности сырья, вида и способов заготовки могут достигать до 35 %, а с учетом метеорологических данных и выше [4, с. 55; 7, с. 20; 8, с. 90; 9, с. 37].

Таблица 1. Потери сухого вещества от выращенного урожая, %

Вид корма. Способ заготовки		Потери сухого вещества %	
		Фактические	Неизбежные
1	Прессованное сено	30	25
2	Прессованное сено +хим. консервант	20	12
3	Сенаж	24	17
4	Сенаж + био. консервант	24	11
5	Силос	25	15
6	Силос + био. консервант	25	12
7	Фуражное зерно. Сушка	28	24
8	Фуражное зерно + био. консервант	15	10

С учетом фактических и неизбежных потерь при заготовке кормов определены коэффициенты сохранности кормов. Большие неизбежные потери в технологиях заготовки происходят во время выполнения технологических операции провяливания и транспортировки.

Из таблицы видно, что увеличение коэффициента сохранности сухого вещества с применением консервантов по сравнению с обычно принятыми технологиями заготовки различных кормов составляет:

Прессованное сено — 0,15; Сенаж — 0,05; Силос — 0,15; Зерно — 0,1.

В практических расчетах принимается величина между сохранностью сухого вещества при заготовке и изменением содержания питательных кормовых единиц. Ранее выведена линейная зависимость содержания кормовых единиц по сравнению с кормом, приготовленным без консерванта зная коэффициент сохранности [1, с. 449; 5, с. 305].

Химический консервант для сена, зерна, как и биологический консервант для сенажа и силоса обеспечивает больший выход готового корма за счет повышения сохранности. Аналитический обзор за I квартал 2015 показывает, что силос и сено заготовленное с применением консервантов различной структуры содержит в среднем на 20 % больше кормовых единиц, чем без их применения. Такие же результаты подтверждающие литературные источники получены в производственных условиях, вы-

полняемые совместно с сельхозпредприятием Восход Ленинградской области и ФГБУ «Ленинградская МВЛ» в июле 2015 года.

Вследствии чего при отсутствии сравнительных данных по питательности кормов, заготовленных с консервантами, возможно использовать среднюю величину повышения питательности корма на 13 %.

При получении лабораторных данных ФГБУ «Ленинградская МВЛ» на питательность корма, оценку эффективности применения консервантов проводят в нижеследующей последовательности:

Определение общей заложенной растительной массы на корм в пересчёте на сухое вещество по формуле 1.1

$$Q_{с/в} = Q_{р.м.} \cdot (1-A), \text{ т} \quad (1.1)$$

где $Q_{с/в}$ -Количество корма в пересчете на сухое вещество, т

$Q_{р.м.}$ -Количество растительной массы корма, т

A-содержание влаги в растительной массе, доли %

1. Определение затрат, связанных с применением консерванта:

Затраты на применение консерванта зависят от вида консерванта и удельного его расхода. Стоимость консерванта биологического и химического составляет от 600 до 1000 рублей за килограмм. Удельный расход консервантов зависит от вида заготавливаемого корма, его исходной влажности и срока хранения. В среднем при за-

Таблица 2. Коэффициент сохранности сухого вещества в кормах, %

Вид корма. Способ заготовки		Потери сухого вещества %	
		Фактические	Ср. значение
1	Прессованное сено	0,65–0,7	0,675
2	Прессованное сено +хим. консервант	0,8–0,85	0,825
3	Сенаж	0,75–0,85	0,775
4	Сенаж + био. консервант	0,8–0,85	0,825
5	Силос	0,75–0,85	0,775
6	Силос + био. консервант	0,9–0,95	0,925
7	Фуражное зерно. Сушка	0,75–0,8	0,775
8	Фуражное зерно + био. консервант	0,85–0,9	0,875

готовке плющенного зерна удельный расход 1 литра консерванта на 2 тонны зерна, а сена 4 литра на тонну при влажности 28 %.

2. Эксплуатационные затраты, связанные с применением консервантов, зависят от конкретных условий организации работ, которые включают в себя: затраты на приобретение оборудования для внесения консервантов, оплату труда обслуживающего персонала занятых на заготовке кормов с применением консервантов, затраты на амортизацию оборудования, на ремонт и текущее обслуживание, дополнительные затраты на горючее, связанные с усложнением процесса заготовки корма.

3. Определение количества кормовых единиц в 1 тонне сухого вещества:

$$Кс. в. = Кр. м. \div A_2 \cdot 1000, \text{ к. е} \quad (1.2)$$

где Кс. в. — Количество кормовых единиц в 1 тонне

Кр. м. — Количество кормовых единиц в 1 кг корма, данные анализов ФГБУ «Ленинградская МВЛ»

A_2 — содержание сухого вещества, доли %

4. Определение дополнительно сохраненных кормовых единиц во всей массе готового корма путем умножения результатов расчета по формулам 1.1 и 1.2. на разницу коэффициентов сохранности при разных способах обработки, с консервантами и без них.

5. Определение стоимости одной кормовой единицы путем деления величины стоимости 1 тонны на величину на общее количество кормовых единиц, полученное увеличения в 1000 раз величины Кр. м.

6. Определение стоимости дополнительно полученных кормовых единиц за счет лучшей его сохранности путем умножения стоимости кормовой единицы на количество дополнительных полученных кормовых единиц.

7. Определение стоимости дополнительных полученных кормовых единиц за счет повышения питательности корма, путем умножения величины 4 пункта на коэффициент из таблицы 2 и на стоимость одной кормовой единицы.

8. Определение общей стоимости дополнительно полученных кормовых единиц за счет лучшей сохранности и повышения питательности корма путем сложения результатов расчёта по 7 и 6 пункту.

9. Определение удельной прибыли на 1 тонну растительной массы

$$Уп = П / Q_{р.м} \quad (1.3)$$

где Уп — удельная прибыль, руб./т.

П — прибыль, руб.

$Q_{р.м}$ — Количество растительной массы корма, т

Литература:

1. Зыков, А. В Внесение жидких консервантов при заготовке рулонного сена // Зыков А. В., Юнин В. А./Молодой ученый. 2013. № 2. с. 448–451.
2. Перекопский, А. Н. Перспективы внесения биологических консервантов при плющении фуражного зерна. // Перекопский А. Н., Зыков А. В./Инновации в сельском хозяйстве. 2013. № 2 (4). с. 45–48.
3. Перекопский, А. Н. Ресурсосберегающая технология производства фуражного зерна плющением и консервированием. // Перекопский А. Н./В сборнике: Экология и сельскохозяйственная техника материалы 3-ей Научно-практической конференции. СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2002. с. 150–156.
4. Перекопский, А. Н. Технологический контроль процессов консервирования плющенного зерна. // Перекопский А. Н., Зыков А. В./Молочнохозяйственный вестник. 2012. № 4 (8). с. 52–57.
5. Перекопский, А. Н. Управление технологиями уборки фуражного зерна. // Перекопский А. Н., Сухопаров А. И./в сборнике: Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. 2010. с. 301–307.
6. Попов, В. Д. Технология консервирования плющенного зерна. // Попов В. Д., Перекопский А. Н., Савинов И. В./Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 2. с. 9–10.
7. Сухопаров, А. И. Условия и показатели управления технологиями заготовки кормов из трав и зерна. // Сухопаров А. И./в сборнике: Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. Санкт-Петербург, 2010. с. 17–24
8. Сухопаров, А. И. Модели процесса изменения влажности в проявляемой траве в зависимости от периодичности ворошения. // Сухопаров А. И., Ерёмин М. А., Ерохин И. В./Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 86. с. 89–95.
9. Терентьев, А. В Прогнозирование и контроль влажности растительной массы при заготовке кормов. // Терентьев А. В., Зыков А. В. Кишоварз. 2012. № 4. с. 37–38.

Научное издание

ТСОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

IV Международная научная конференция

Казань, октябрь 2015 г.

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *П.Я. Бурьянов*

Подписано в печать 24.10.2015. Формат 60х90 ¹/₈.
Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 17,49. Уч.-изд. л. 11,83. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии Издательства «Бук»
420029, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4