

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



4
2013
Том I



`K[N+1]... K[2*N]` в `K[1]... K[`

`while(f)`

`ue; d=-d; k <-> l;`

`s)`



ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (51) / 2013

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ответственный редактор: Кайнова Галина Анатольевна

Художник: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

На обложке изображен Сергей Брин, учёный, предприниматель, разработчик и сооснователь поисковой системы Google.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»

127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В.,
Бочкарев Ю.П., Евдокимов О.В.**
Моделирование асинхронного двигателя с
помощью магнитных и электрических схем
замещения1
- Иванова О.М., Кадменский В.Г., Иванов М.А.,
Лихоманов М.О.**
Разработка электронного учебного пособия по
естественнонаучным дисциплинам 11

МАТЕМАТИКА

- Гарькина И.А., Данилов А.М., Пылайкин С.А.**
Идентификация объекта эргатической
системы14
- Покорная И.Ю., Шаталова Н.А., Покорная О.Ю.**
О формировании теории отрицательных чисел
в контексте исторического развития
математики 17
- Расулов Т.Х., Гайбуллаев Р.К.**
О дискретном спектре модельного оператора,
ассоциированного с системой трех частиц
на решетке 20
- Смородинов Д.А.**
Оценивание рабочей ёмкости и эквивалентной
диэлектрической проницаемости изоляции
витой пары кабеля связи..... 27
- Тангиров Х.Э., Хаитова Н.Ф.**
Использование электронных средств обучения
при изучении курса «Алгебра».....34

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Адизов Б.З., Очилов А.А., Сатторов М.О.**
Влияние минеральных солей на интенсивность
разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий
деэмульгаторами в сочетании с микроволновым
излучением39
- Адизов Б.З., Хужакулов А.Ф., Заирова А.И.,
Рузиев Э.У.**
Схема экологически безопасного
газохимического комплекса переработки
серосодержащих газов 41
- Адизов Б.З., Хужакулов А.Ф., Зенков А.В.**
Исследование адсорбционной очистки
турбинного масла Тп-3043
- Адизов Б.З., Хужакулов А.Ф., Нуруллаев М.М.,
Хайдаров Л.Р., Гафанова Д.Д.**
Влияние деэмульгаторов и магнитного поля
на глубину обессоливания узбекистанских
нефтей45
- Белокаменная А.М., Ребезов М.Б.,
Мазаев А.Н., Ребезов Я.М., Зинина О.В.**
Применение физико-химических методов
исследований в лабораториях Челябинской
области.....48
- Бешимов Ю.С., Суюнов У.У., Курбанов М.Т.**
Технология переработки отходов сельского
хозяйства и пищевой промышленности53
- Гущин А.А.**
Использование беспроводных сетей при
построении гибридного сервиса геолокации ...55
- Друзьянова В.П., Анисимов Е.Е.**
Альтернативный метод эксплуатации
автомобилей в зимний период 57
- Дятлов М.Н.**
Приборы психофизиологического обследования
водителей59

Ершов Д.Ю. Техническое диагностирование и методы контроля механических узлов в машиностроении	62
Жуков А.Н. Результаты конечно-элементного моделирования конструкций восстановления работоспособности железобетонных консолей колонн.....	65
Калинина М.Ф. Упругие деформации поплавкового подвеса в диффузном акустическом поле	68
Мелков Д.А. Сравнение методов настройки ПИД-регулятора при колебаниях параметров возмущающего воздействия	72
Мерко М.А., Меснянкин М.В., Колотов А.В. Формирование областей существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки по дорожке качения наружного кольца	76
Михайлов В.В., Дрозд Д.А., Авксентьев Д.Г., Савоненко К.К. Особенности развертывания и эксплуатации полевых трубопроводов в сложных условиях ...	81
Ольшевский Н.А. К вопросу об эффективном функционировании систем управления охраной труда и методик анализа рисков производственного травматизма	83
Отческих К.А. «Умное стекло» в современной архитектуре.....	86
Сафаров Б.Д., Саломов Ю.Д., Пардаев У.Я., Холлиев О.Х. Превращение углеводородных газов на модифицированных цеолитных катализаторах.....	88
Семахин А.М., Баталов И.С. Математическая модель оптимизации структуры электропроводной панели системы управления	91
Смородинов Д.А. Оптимальная компенсация отклонений волнового сопротивления при производстве LAN-кабелей связи	94
Ходес И.В., Слюсарев А.М., Победин А.В., Соколов-Добрев Н.С. Исследование управляемости транспортного средства при введении в рулевое управление упругого элемента.....	98

Хужакулов А.Ф., Рузиев Э.У., Джумаев М.А., Саъдуллаев Ш.А. Возможные варианты получения дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями	104
Яргин С.В. Компьютерная томография: технические аспекты качества исследований и лучевой нагрузки ...	106

ИНФОРМАТИКА

Боталова О.С. Понятие развивающей задачи.....	110
Данилов О.Е. Аналого-цифровой преобразователь как базовый элемент учебного компьютерного измерительного комплекса с аналоговыми датчиками физических величин	114
Лебединова С.П. Модуль сбора информации от поставщиков в режиме он-лайн.....	119
Олешко А.О. Hybrid K-Means Clustering Procedure Based on Radial Basis Function and Optimized by Artificial Fish Swarming Algorithm	122
Покорная О.Ю., Легкодымов С.О. Использование flash-анимаций в учебном процессе.....	125
Сахарова Е.Г. Автоматизированная информационная система «Ведение договоров с клиентами».....	128

ХИМИЯ

Салахов М.С., Багманов Б.Т., Аббасов З.С., Джафарова Н.А. Модели для визуализации молекул фуллеренов C _n и числа валентных связей	130
Шарипова А.Р., Медников Е.В. Результаты совершенствования технологии получения трибутилфосфата	133
Шишкин Е.В., Дудкин А.М., Дудкина М.С. Новый эффективный способ производства фреона-22.....	134
Шишкин Е.В., Дудкина М.С., Дудкин А.М. Исследование влияния технологических параметров на качество трихлорэтилена, получаемого методом жидкофазного дегидрохлорирования 1,1,2,2-тетрахлорэтана известковым «молоком»	136

БИОЛОГИЯ

Бурлака Н.И.

Механизмы регуляции функционального
состояния почек 139

Макаров А.В.

Население мелких млекопитающих приречного
соснового бора по р. Бии и его ближайших
окрестностей 143

Цыбулина М.В.

Таксономический анализ отдела
папоротникообразные (Pteridophyta)
Кавказского экорегиона по известным
флористическим сводкам 152

ЭКОЛОГИЯ

Кострюкова А.М., Крупнова Т.Г., Машкова И.В.

Биомониторинг озер Ильменского
государственного заповедника 156

Околелова А.А., Баева Е.В., Касьянова А.С., Калинкина М.А., Тарасов А.П.

Тяжелые металлы в почвах антропогенных
ландшафтов Волгограда 159

Околелова А.А., Баева Е.В., Мерзлякова А.С., Суркова Я.В.

Нефтепродукты в почвах Волгограда 161

Шитлина К.С., Шарипов Т.В.,

Кинзябулатова Г.С.

Аммиачный метод переработки сточных вод
горнопромышленных отходов 164

Щербакова Е.В.

Экологическое состояние свалки
с. Белая Глина 167

ФИЗИКА

Моделирование асинхронного двигателя с помощью магнитных и электрических схем замещения

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;
 Медведев Алексей Владимирович, аспирант;
 Кобзев Антон Валерьевич, студент;
 Бочкарев Юрий Павлович, студент;
 Евдокимов Олег Викторович, студент
 Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В работах [1], [2] и [3] показаны возможности использования магнитных и электрических схем замещения при исследовании линейных асинхронных двигателей с шунтирующими зонами по краям индуктора. В данной работе используем магнитные схемы замещения для математического моделирования асинхронного двигателя. На рис. 1, а показана линейная развертка кругового асинхронного двигателя с одной парой полюсов ($2p = 2$) и с одним числом пазов на полюс и фазу ($q = 1$). На рис. 1, б дана его магнитная схема замещения, где токи и потоки на входе двигателя являются соответствующими токами и потоками на его входе. Представление асинхронного двигателя в виде магнитных схем замещения приводит к необходимости работать с матрицами, что представляет собой большую ценность для подготовки студентов к исследовательской работе. Так как данная работа адресована студентам, то наибольшее внимание уделено способу изложения материала.

Запишем основные уравнения для « n »-ого участка схемы замещения.

Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

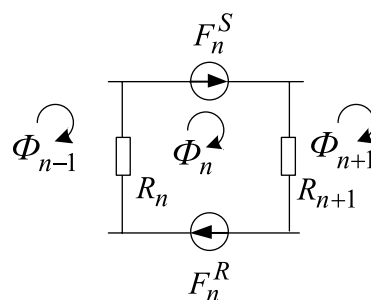


Рис. 2. Магнитная схема замещения

$\Phi_{n-1}, \Phi_n, \Phi_{n+1}$ – контурные магнитные потоки;

R_n, R_{n+1} – магнитные сопротивления воздушных участков;

$F_n^S = \omega_n^S \cdot i_n^S$ – магнитодвижущая сила, созданная статорным током i_n^S , протекающим по всем проводникам паза (ω_n^S);

$F_n^S = 0$ – в шунтирующих зонах;

$F_n^R = \omega_n^R \cdot i_n^R$ – М.Д.С. тока ротора в стержне ($\omega_n^R = 1$).

Баланс М.Д.С. для « n »-го участка имеет следующий вид:

$$F_n^S + F_n^R = \Phi_n \cdot (R_{n+1} + R_n) - \Phi_{n+1} \cdot R_{n+1} - \Phi_{n-1} \cdot R_n.$$

Отсюда ток в стержне ротора определится по следующему выражению:

$$i_n^R = -\omega_n^S \cdot i_n^S - \Phi_{n-1} \cdot R_n + \Phi_n \cdot (R_{n+1} + R_n) - \Phi_{n-1} \cdot R_{n+1}. \quad (1)$$

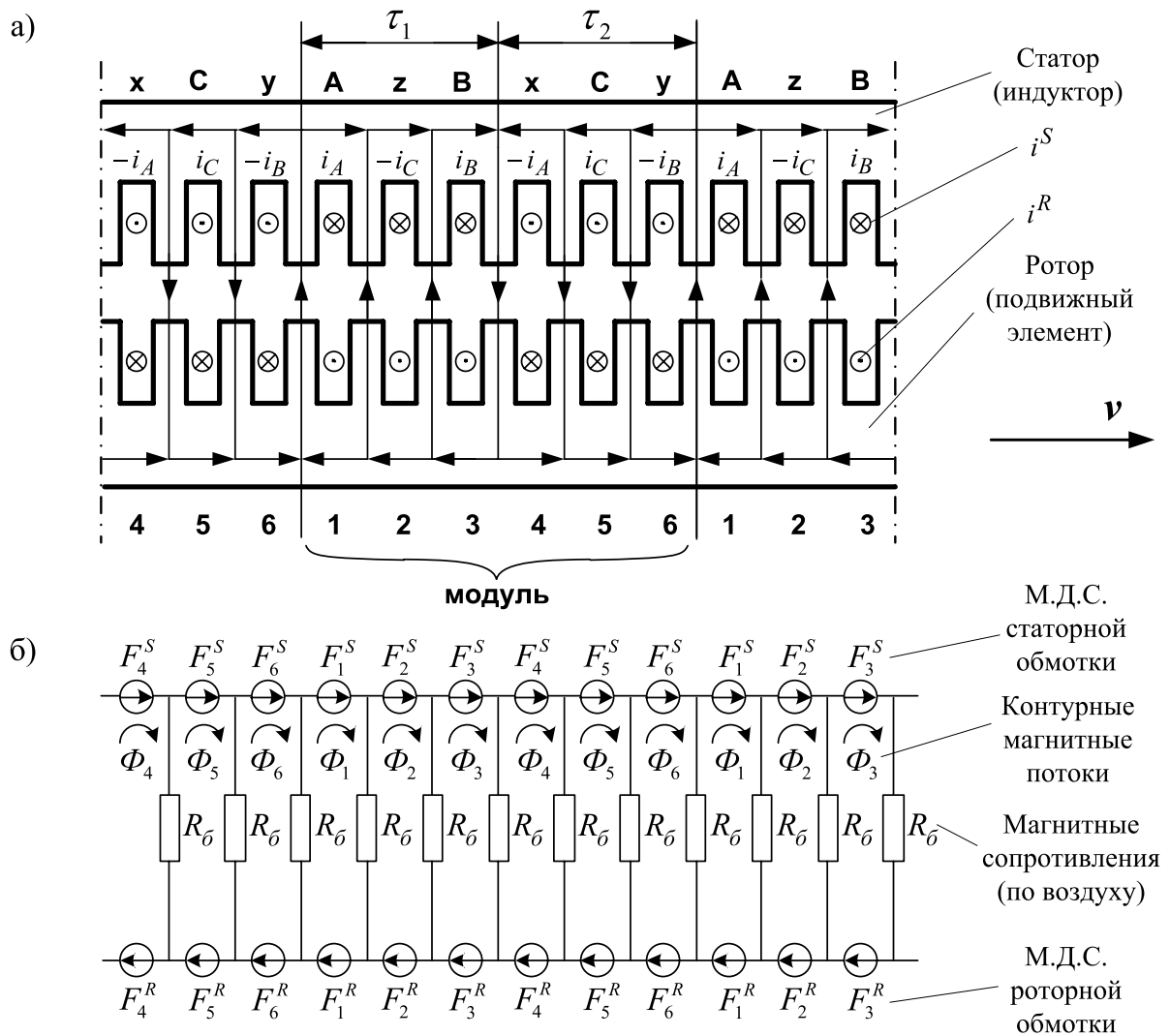


Рис. 1. а) Асинхронный двигатель ($2p = 2, q = 1$), б) Магнитная схема замещения

Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора

$$r^r \cdot i_n^r + L^r \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial t} + L^r \cdot v \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial x} = -\frac{\partial \Phi_n}{\partial t} - v \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial x}. \quad (2)$$

Выразим производные во времени через конечные разности:

$$\frac{\partial i_n^r}{\partial t} = \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t}; \quad \frac{\partial \Phi_n}{\partial t} = \frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t},$$

где n – номер зубцового деления;
 k – номер шага разбиения по времени.

В формуле (2) скорость подвижного элемента принимаем равным $v = v_{k-1}$ и в пределах « k » интервала считается постоянным.

Производные по пространственной координате « x » выразим через центральные конечные разности:

$$\frac{\partial i_{n,k}^r}{\partial x} = \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z}; \quad \frac{\partial \Phi_{n,k}}{\partial x} = \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_{n-1,k}}{2 \cdot t_z}.$$

С учетом вышеприведенных замечаний уравнение (2) примет следующий вид:

$$r^r \cdot i_{n,k}^r + L^r \cdot \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z} = \frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t} - v \cdot \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_n}{2 \cdot t_z}. \quad (3)$$

Исключим из уравнения (3) токи в роторе. Для этого подставим выражение (1) в уравнение (3) и получим:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\omega_n^s \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n-1,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) \right] \cdot i_{n,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n+1,k}^s + \left[\frac{R_{n-1} \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-2,k} + \\ & + \left[-R_n \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) - ((R_n + R_{n-1}) \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-1,k} + \\ & + \left[(R_{n+1} + R_n) \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + (R_n - R_{n+1}) \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} + \frac{1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k} + \\ & + \left[-R_{n+1} \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + ((R_{n+2} + R_{n+1}) \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+1,k} + \left[-R_{n+2} \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+2,k} = \\ & = \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot i_{n,k-1}^s + \left[-R_n \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n-1,k-1} + \left[\frac{(R_{n+1} + R_n) \cdot L^r + 1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k-1} + \left[-R_{n+1} \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n+1,k-1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы **A**, элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец из потоков (Φ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует матрицу-столбец **S** из свободных членов в $(k-1)$ момент времени. Матрица-столбец **X** сформирована из первых шести элементов, которые соответствуют потокам, а с 7 по 9 – токам i_A, i_B, i_C . Общий вид матриц при числе пазов на полюс и фазу $q = 1$ и числе полюсов $2p = 2$ примет следующий вид:

Матрица A	Матрица X	Матрица S		
$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & 0 & a_{1,5} & a_{1,6} & a_{1,7} & a_{1,8} & a_{1,9} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & a_{2,4} & 0 & a_{2,6} & a_{2,7} & a_{2,8} & a_{2,9} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & a_{3,4} & a_{3,5} & 0 & a_{3,7} & a_{3,8} & a_{3,9} \\ 0 & a_{4,2} & a_{4,3} & a_{4,4} & a_{4,5} & a_{4,6} & a_{4,7} & a_{4,8} & a_{4,9} \\ a_{5,1} & 0 & a_{5,3} & a_{5,4} & a_{5,5} & a_{5,6} & a_{5,7} & a_{5,8} & a_{5,9} \\ a_{6,1} & a_{6,2} & 0 & a_{6,4} & a_{6,5} & a_{6,6} & a_{6,7} & a_{6,8} & a_{6,9} \\ a_{7,1} & 0 & a_{7,3} & a_{7,4} & 0 & a_{7,6} & a_{7,7} & 0 & a_{7,9} \\ 0 & a_{8,2} & a_{8,3} & 0 & a_{8,5} & a_{8,6} & 0 & a_{8,8} & a_{8,9} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{9,7} & a_{9,8} & a_{9,9} \end{bmatrix}$	×	$\begin{bmatrix} x_1 = \Phi_1 \\ x_2 = \Phi_2 \\ x_3 = \Phi_3 \\ x_4 = \Phi_4 \\ x_5 = \Phi_5 \\ x_6 = \Phi_6 \\ x_7 = i_A \\ x_8 = i_C \\ x_9 = i_B \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \\ s_8 \\ s_9 \end{bmatrix}$

Так как в асинхронном двигателе сопротивления на всех зубцовых делениях одинаковы $R_n = R_\delta$, то уравнение (4) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\omega_n^s \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n-1,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) \right] \cdot i_{n,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n+1,k}^s + \left[\frac{R_\delta \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-2,k} + \\ & + \left[-R_\delta \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) - (2R_\delta \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-1,k} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left[2R_{\sigma} \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + 2R_{\sigma} \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} + \frac{1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k} + \\
& + \left[-R_{\sigma} \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+1,k} + \left[-R_{\sigma} \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+2,k} = \\
& = \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot i_{n,k-1}^s + \left[-R_{\sigma} \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n-1,k-1} + \left[\frac{2R_{\sigma} \cdot L^r + 1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k-1} + \left[-R_{\sigma} \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n+1,k-1}.
\end{aligned}$$

Введем следующие обозначения:

- Элементы матрицы \mathbf{A} , перемножаемые на потоки матрицы-столбца \mathbf{X} :

$$B = 2R_{\sigma} \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 1 / \Delta t;$$

$$C = -R_{\sigma} \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$D = -R_{\sigma} \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E = -R_{\sigma} \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

- Элементы матрицы \mathbf{A} , перемножаемые на токи i_a, i_b, i_c матрицы \mathbf{X} :

$$T = -\omega_n^s \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$Y = -\omega_n^s \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right);$$

- Элементы матрицы-столбца свободных членов \mathbf{S} :

$$W1 = -\omega_n^s \cdot L^r / \Delta t;$$

$$P = -R_{\sigma} \cdot L^r / \Delta t;$$

$$Q = (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) / \Delta t.$$

С учетом обозначений уравнение (5) примет следующий вид:

$$\begin{aligned}
& [-T] \cdot i_{n-1,k}^s + [Y] \cdot i_{n,k}^s + [T] \cdot i_{n+1,k}^s + [-D] \cdot \Phi_{n-2,k} + [E] \cdot \Phi_{n-1,k} + [B] \cdot \Phi_{n,k} + [C] \cdot \Phi_{n+1,k} + \\
& + [D] \cdot \Phi_{n+2,k} = [W1] \cdot i_{n,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{n,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{n-1,k-1} + \Phi_{n+1,k-1}).
\end{aligned} \quad (6)$$

Уравнение (6) позволит определить для первых шести строк элементы матрицы \mathbf{A} и с первой по шестой элементы матрицы-столбца \mathbf{S} , для этого последовательно зададимся n :

$n = 1$. В соответствии с рис. 1 $i_{n-1,k}^s = -i_{B,k}^s = (-1) \cdot i_{B,k}^s$. В матрице \mathbf{X} току i_B соответствует элемент столбца x_9 , в котором нет информации о начале обмотки или его конце. Условно в начале обмотки принимаем знак «+», а в конце «-». Соответствующие знаки необходимо учесть в другой матрице, а именно в \mathbf{A} .

$$a_{1,9} \cdot X_9 = a_{1,9} \cdot \left(-i_{B,k}^s \right) = a_{1,9} \cdot \left[(-1) \cdot i_{B,k}^s \right],$$

далее знак из матрицы \mathbf{X} перенесем в элемент матрицы \mathbf{A} :

$$a_{1,9} \cdot \left[(-1) \cdot i_{B,k}^s \right] \rightarrow \left[a_{1,9} \cdot (-1) \right] \cdot i_{B,k}^s.$$

Возвращаясь к уравнению (6) в квадратных скобках формируются элементы строки матрицы \mathbf{A} при $n = 1$, которые перемножаются на соответствующие элементы матрицы \mathbf{X} :

$$\begin{aligned}
& \underbrace{\left[(-T) \cdot (-1) \right]}_{a_{1,9}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^s}_{x_9} + \underbrace{[Y]}_{a_{1,7}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^s}_{x_7} + \underbrace{\left[T \cdot (-1) \right]}_{a_{1,8}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^s}_{x_8} + \underbrace{[-D]}_{a_{1,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[E]}_{a_{1,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[B]}_{a_{1,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[C]}_{a_{1,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[D]}_{a_{1,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} = \\
& = \underbrace{\left[W1 \right] \cdot i_{A,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{1,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{6,k-1} + \Phi_{2,k-1})}_{S_1}.
\end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{1,1}=B; \quad a_{1,2}=C; \quad a_{1,3}=D; \quad a_{1,5}=-D; \quad a_{1,6}=E; \quad a_{1,7}=Y; \quad a_{1,8}=T(-1); \quad a_{1,9}=(-T) \cdot (-1);$$

В правой части сформирован элемент s_1 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_1 = [W1] \cdot i_{A,k-1}^s + [P] \cdot (\Phi_{6,k-1} + \Phi_{1,k-1}) + [Q] \cdot \Phi_{2,k-1}.$$

$n = 2.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{2,7}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^s}_{x_7} + \underbrace{[Y \cdot (-1)]}_{a_{2,8}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^s}_{x_8} + \underbrace{[T]}_{a_{2,9}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^s}_{x_9} + \underbrace{[-D]}_{a_{2,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[E]}_{a_{2,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[B]}_{a_{2,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[C]}_{a_{2,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[D]}_{a_{2,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} = \\ & = \underbrace{[W1 \cdot (-1)] \cdot i_{A,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{2,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{1,k-1} + \Phi_{3,k-1})}_{S_2}. \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{2,1}=E; \quad a_{2,2}=B; \quad a_{2,3}=C; \quad a_{2,4}=D; \quad a_{2,6}=-D; \quad a_{2,7}=-T; \quad a_{2,8}=Y \cdot (-1); \quad a_{2,9}=T.$$

В правой части сформирован элемент s_2 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_2 = [W1 \cdot (-1)] \cdot i_{A,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{2,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{1,k-1} + \Phi_{3,k-1}).$$

$n = 3.$

$$\begin{aligned} & [-T \cdot (-1)] \cdot i_{C,k}^s + [Y] \cdot i_{B,k}^s + [T \cdot (-1)] \cdot i_{A,k}^s + [-D] \cdot \Phi_{1,k} + [E] \cdot \Phi_{2,k} + [B] \cdot \Phi_{3,k} + [C] \cdot \Phi_{4,k} + [D] \cdot \Phi_{5,k} = \\ & = [W] \cdot i_{B,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{3,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{2,k-1} + \Phi_{4,k-1}). \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{3,1}=-D; \quad a_{3,2}=E; \quad a_{3,3}=B; \quad a_{3,4}=C; \quad a_{3,5}=D; \quad a_{3,7}=T \cdot (-1); \quad a_{3,8}=-T \cdot (-1); \quad a_{3,9}=Y.$$

В правой части сформирован элемент s_3 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_3 = [W] \cdot i_{B,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{3,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{2,k-1} + \Phi_{4,k-1}).$$

$n = 4.$

$$\begin{aligned} & [-T] \cdot i_{B,k}^s + [Y \cdot (-1)] \cdot i_{A,k}^s + [T] \cdot i_{C,k}^s + [-D] \cdot \Phi_{2,k} + [E] \cdot \Phi_{3,k} + [B] \cdot \Phi_{4,k} + [C] \cdot \Phi_{5,k} + [D] \cdot \Phi_{6,k} = \\ & = [W1 \cdot (-1)] \cdot i_{A,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{4,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{3,k-1} + \Phi_{5,k-1}). \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{4,2}=-D; \quad a_{4,3}=E; \quad a_{4,4}=B; \quad a_{4,5}=C; \quad a_{4,6}=D; \quad a_{4,7}=Y \cdot (-1); \quad a_{4,8}=T; \quad a_{4,9}=-T.$$

В правой части сформирован элемент s_4 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_4 = [W1 \cdot (-1)] \cdot i_{A,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{4,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{3,k-1} + \Phi_{5,k-1}).$$

$n = 5.$

$$\begin{aligned} & [-T \cdot (-1)] \cdot i_{A,k}^s + [Y] \cdot i_{C,k}^s + [T \cdot (-1)] \cdot i_{B,k}^s + [-D] \cdot \Phi_{3,k} + [E] \cdot \Phi_{4,k} + [B] \cdot \Phi_{5,k} + [C] \cdot \Phi_{6,k} + [D] \cdot \Phi_{1,k} = \\ & = [W1] \cdot i_{C,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{5,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{4,k-1} + \Phi_{6,k-1}). \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{5,1}=D; \quad a_{5,3}=-D; \quad a_{5,4}=E; \quad a_{5,5}=B; \quad a_{5,6}=C; \quad a_{5,7}=-T \cdot (-1); \quad a_{5,8}=Y; \quad a_{5,9}=T \cdot (-1)=-T.$$

В правой части сформирован элемент s_5 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_5 = [W1] \cdot i_{C,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{5,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{4,k-1} + \Phi_{6,k-1}).$$

$n = 6.$

$$\begin{aligned} & [-T] \cdot i_{C,k}^s + [Y \cdot (-1)] \cdot i_{B,k}^s + [T] \cdot i_{A,k}^s + [-D] \cdot \Phi_{4,k} + [E] \cdot \Phi_{5,k} + [B] \cdot \Phi_{6,k} + [C] \cdot \Phi_{1,k} + [D] \cdot \Phi_{2,k} = \\ & = [W \cdot (-1)] \cdot i_{B,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{6,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{5,k-1} + \Phi_{1,k-1}). \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{6,1}=C; \quad a_{6,2}=D; \quad a_{6,4}=-D; \quad a_{6,5}=E; \quad a_{6,6}=B; \quad a_{6,7}=T; \quad a_{6,8}=-T; \quad a_{6,9}=Y \cdot (-1)=-Y.$$

В правой части сформирован элемент s_6 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$s_6 = [W \cdot (-1)] \cdot i_{B,k-1}^s + [Q] \cdot \Phi_{6,k-1} + [P] \cdot (\Phi_{5,k-1} + \Phi_{1,k-1}).$$

$$\begin{cases} U_{AB} = \omega_n^s \cdot \frac{d}{dt} (\Phi_1 - \Phi_4 + \Phi_6 - \Phi_3) + r^s \cdot (i_A^s - i_B^s) + L^s \cdot \left(\frac{di_A^s}{dt} - \frac{di_B^s}{dt} \right); \\ U_{BC} = \omega_n^s \cdot \frac{d}{dt} (\Phi_3 - \Phi_6 + \Phi_2 - \Phi_5) + r^s \cdot (i_B^s - i_C^s) + L^s \cdot \left(\frac{di_B^s}{dt} - \frac{di_C^s}{dt} \right), \end{cases} \quad (7)$$

где $U_{AB} = U_M \cdot \cos(\omega t + 2\pi / 3)$, $U_{BC} = U_M \cdot \cos \omega t$, $U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$.

С учетом шага по времени Δt в k -ый момент времени:

$$\begin{cases} U_{AB} = U_M \cdot \cos[\omega \cdot (k-1) \cdot \Delta t + 2\pi / 3], \\ U_{BC} = U_M \cdot \cos[\omega \cdot (k-1) \cdot \Delta t]. \end{cases}$$

Уравнения (7) при выражении производных по времени через конечные разности примут следующий вид:

$$\begin{aligned} & [U] \cdot \Phi_{1,k} + [-U] \cdot \Phi_{3,k} + [-U] \cdot \Phi_{4,k} + [U] \cdot \Phi_{6,k} + \left[r^s + \frac{L^s}{\Delta t} \right] \cdot i_{A,k}^s + \left[- \left(r^s + \frac{L^s}{\Delta t} \right) \right] \cdot i_{B,k}^s = \\ & = [U] \cdot (\Phi_{1,k-1} - \Phi_{3,k-1} - \Phi_{4,k-1} + \Phi_{6,k-1}) + \left(\frac{L^s}{\Delta t} \right) \cdot (i_{A,k}^s - i_{B,k}^s) + U_{AB,k}, \end{aligned}$$

где $U = \omega_n^s / \Delta t$.

В квадратных скобках сформированы элементы матрицы **A** для седьмой строки:

$$a_{7,1} = U; \quad a_{7,3} = -U; \quad a_{7,4} = -U; \quad a_{7,6} = U; \quad a_{7,7} = KS = r^s + L^s / \Delta t; \quad a_{7,9} = -KS = -(r^s + L^s / \Delta t);$$

Правая часть определила элемент s_7 матрицы-столбца **S**.

Аналогично для второго уравнения (7) определим элементы восьмой строки матрицы **A** и элемент s_8 матрицы **S**:

$$\begin{aligned} & [U] \cdot \Phi_{2,k} + [U] \cdot \Phi_{3,k} + [-U] \cdot \Phi_{5,k} + [-U] \cdot \Phi_{6,k} + [KS] \cdot i_{B,k}^s + [-KS] \cdot i_{C,k}^s = \\ & = [U] \cdot (\Phi_{2,k-1} + \Phi_{3,k-1} - \Phi_{5,k-1} - \Phi_{6,k-1}) + \left(\frac{L^s}{\Delta t} \right) \cdot (i_{B,k}^s - i_{C,k}^s) + U_{BC,k}. \end{aligned}$$

$$a_{8,2} = U; \quad a_{8,3} = U; \quad a_{8,5} = -U; \quad a_{8,6} = -U; \quad a_{8,8} = -KS = r^s + L^s / \Delta t; \quad a_{7,9} = KS = -(r^s + L^s / \Delta t);$$

Правая часть определила элемент s_8 матрицы-столбца **S**.

Наконец, сумма токов определяет элементы девятой строки матрицы **A** и элемент s_9 матрицы-столбца **S**.

$$\underbrace{[1]}_{a_{9,7}} \cdot i_{A,k}^s + \underbrace{[1]}_{a_{9,9}} \cdot i_{B,k}^s + \underbrace{[1]}_{a_{9,8}} \cdot i_{C,k}^s = \underbrace{0}_{s_9}.$$

Окончательно, матрица **A** примет следующий вид, удобный для программирования в MatLab:

$$A = \begin{array}{cccccc|ccc} \text{B} & \text{C} & \text{D} & 0 & -\text{D} & \text{E} & \text{Y} & -\text{T} & \text{T} \\ \text{E} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & 0 & -\text{D} & -\text{T} & -\text{Y} & \text{T} \\ -\text{D} & \text{E} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & 0 & -\text{T} & \text{T} & \text{Y} \\ 0 & -\text{D} & \text{E} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & -\text{Y} & \text{T} & -\text{T} \\ \text{D} & 0 & -\text{D} & \text{E} & \text{B} & \text{C} & \text{T} & \text{Y} & -\text{T} \\ \text{C} & \text{D} & 0 & -\text{D} & \text{E} & \text{B} & \text{T} & -\text{T} & -\text{Y} \\ \hline \text{U} & 0 & -\text{U} & -\text{U} & 0 & \text{U} & \text{KS} & 0 & -\text{KS} \\ 0 & \text{U} & \text{U} & 0 & -\text{U} & -\text{U} & 0 & -\text{KS} & \text{KS} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

Неизвестные переменные (потоки и токи в статорной обмотке) в k -ый момент времени определяется в результате следующей операции с матрицами:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{S},$$

Далее, подставляя в уравнение (1) $n = 1 \dots 6$, определяем токи в роторе:

$$\begin{aligned} i_1^R &= -\omega_n^s \cdot x_7 - R_\sigma \cdot x_6 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_1 - R_\sigma \cdot x_2; \\ i_2^R &= -\omega_n^s \cdot (-1) \cdot x_8 - R_\sigma \cdot x_1 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_2 - R_\sigma \cdot x_3; \\ i_3^R &= -\omega_n^s \cdot x_9 - R_\sigma \cdot x_2 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_3 - R_\sigma \cdot x_4; \end{aligned}$$

$$i_4^R = -\omega_n^S \cdot (-1) \cdot x_7 - R_\sigma \cdot x_3 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_4 - R_\sigma \cdot x_5;$$

$$i_5^R = -\omega_n^S \cdot x_8 - R_\sigma \cdot x_4 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_5 - R_\sigma \cdot x_6;$$

$$i_6^R = -\omega_n^S \cdot (-1) \cdot x_9 - R_\sigma \cdot x_5 + 2 \cdot R_\sigma \cdot x_6 - R_\sigma \cdot x_1.$$

Электромагнитные усилия на зубцовом делении определяются по следующим формулам:

$$F_1 = \frac{x_2 - x_6}{2t_z} \cdot i_1^R;$$

$$F_2 = \frac{x_3 - x_1}{2t_z} \cdot i_2^R;$$

$$F_3 = \frac{x_4 - x_2}{2t_z} \cdot i_3^R;$$

$$F_4 = \frac{x_5 - x_3}{2t_z} \cdot i_4^R;$$

$$F_5 = \frac{x_6 - x_4}{2t_z} \cdot i_5^R;$$

$$F_6 = \frac{x_1 - x_5}{2t_z} \cdot i_6^R.$$

Суммарное усилие: $F_\Sigma = \sum_{n=1}^6 F_n.$

Скорость в k -ый момент времени: $v_k = v_{k-1} + \frac{F_\Sigma}{m} \cdot \Delta t.$

Произведем построение математической модели асинхронного двигателя методом Гаусса-Жордана с использованием языка программирования MatLab. Ниже приведен пример кода:

```
function AD3
% Исходные данные линейного асинхронного двигателя
Rb=0.1003*10^7;
rs=19/2;
Ls=0.074/2;
rr=4.6345*10^-5;
Lr=0.0372*10^-5;
dt=0.001;
tz=9.769*10^-3;
m=0.95;
v0=0;
wn=200;
f=50;
w=2*pi*f;
U=wn/dt;
Um=155;
X=zeros (9,1);
F=0;
K=input ('длительность цикла k=');

for k=1: (K+1)
    v (1,k)=v0; % Создание вектор-строки для графика скорости
    f (1,k)=sum (F); % Создание вектор-строки для графика усилия
    Uab=Um*cos (w* (k-1)*dt+2*pi/3);
```



```

    Ubc=Um*cos (w* (k-1)*dt);
% Создание матрицы A
A=zeros (9);
B=2*Rb* (rr+Lr/dt)+1/dt;
C=-Rb* (rr+Lr/dt)+ (2*Rb*Lr+1)*v0/ (2*tz);
D=-Rb*Lr*v0/ (2*tz);
E=-Rb* (rr+Lr/dt) - (2*Rb*Lr+1)*v0/ (2*tz);
T=-wn*Lr*v0/ (2*tz);
Y=-wn* (rr+Lr/dt);
W1=-wn*Lr/dt;
P=-Rb*Lr/dt;
Q= (2*Rb*Lr+1)/dt;
KS=rs+Ls/dt;

% Матрица A
for n=1:6
    A (n,n)=B;
end;
for n=1:5
    A (n,n+1)=C;
    A (n+1,n)=E;
end;
for n=1:4
    A (n,n+2)=D;
    A (n+2,n)=-D;
end;
for n=1:2
    A (n,n+4)=-D;
    A (n+4,n)=D;
end;
A (1,6)=E;
A (6,1)=C;
for n=1:3
    A (n,n+6)= ((-1)^(n+1))*Y;
    A (n+1,n+6)= ((-1)^n)*T;
    A (n+2,n+6)= ((-1)^n)*T;
    A (n+3,n+6)= ((-1)^n)*Y;
end;
for n=1:2
    A (n,n+7)= ((-1)^n)*T;
    A (n+4,n+6)= ((-1)^(n+1))*T;
end;
A (1,9)=T;
A (6,7)=T;
for n=1:2
    A (7,n+2)=-U;
    A (8,n+1)=U;
    A (8,n+4)=-U;
    A (n+6,n+6)= ((-1)^(n+1))*KS;
    A (n+6,9)= ((-1)^n)*KS;
end;
A (7,1)=U;
A (7,6)=U;
for n=1:3
    A (9,n+6)=1;
end;

```

```

% Матрица свободных членов
S= [w1*x (7)+P* (X (6)+X (2))+Q*x (1);
    w1* (-1)*X (8)+P* (X (1)+X (3))+Q*x (2);
    w1*x (9)+P* (X (2)+X (4))+Q*x (3);
    w1* (-1)*X (7)+P* (X (3)+X (5))+Q*x (4);
    w1*x (8)+P* (X (4)+X (6))+Q*x (5);
    w1* (-1)*X (9)+P* (X (5)+X (1))+Q*x (6);
    U* (X (1)-X (4)+X (6)-X (3))+ (Ls/dt)* (X (7)-X (9))+Uab;
    U* (X (3)-X (6)+X (2)-X (5))+ (Ls/dt)* (X (9)-X (8))+Ubc;
    0];

% Решение методом Гаусса-Жордана
Z=rref ([A S]); % Приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z (1:9,10:10); % Выделение последнего столбца из матрицы
Is= [X (7),-X (8),X (9),-X (7),X (8),-X (9)];

% Матрица токов ротора
Ir (1)=-wn*Is (1)-Rb*x (6)+2*Rb*x (1)-Rb*x (2);
for n=1:4
    Ir (n+1)=-wn*Is (n+1)-Rb*x (n)+2*Rb*x (n+1)-Rb*x (n+2);
end;
Ir (6)=-wn*Is (6)-Rb*x (5)+2*Rb*x (6)-Rb*x (1);

% Электромагнитное усилие
F (1)= (X (2)-X (6))*Ir (1)/ (2*tz);
for n=1:4
    F (n+1)= (X (n+2)-X (n))*Ir (n+1)/ (2*tz);
end;
F (6)= (X (1)-X (5))*Ir (6)/ (2*tz);

% Скорость
v0=v0+ (sum (F)/m)*dt;
end;

% Построение графиков
k=0: (K);
subplot (2,1,1);
plot (k*dt,v);title ('Скорость');
xlabel ('t, c');
ylabel ('v, м/с');
grid on
subplot (2,1,2);
plot (k*dt,f);
title ('Электромагнитное усилие');
xlabel ('t, c');
ylabel ('F, Н');
grid on
end
    
```

Результаты моделирования представлены в таблице 1, а также на рис. 3.

Таблица 1. Результаты расчетов

	k = 1				k = 2				
	X	S	$\dot{i}_{n,k}$	$F_{n,k}$	X	S	$\dot{i}_{n,k}$	$F_{n,k}$	
Φ_1	-2,33E-05	4,251e-17	55,597	0,692	Φ_1	-6,55E-05	-0,0025	150,53	2,53

	k = 1				k = 2				
	X	S	$i'_{n,k}$	$F_{n,k}$	X	S	$i'_{n,k}$	$F_{n,k}$	
Φ_2	0,00011	0,00722	-245,88	-1,970	Φ_2	0,00013	0,01861	-270,53	-3,64
Φ_3	0,00013	0,00722	-301,48	1,339	Φ_3	0,0002	0,02119	-421,06	1,43
Φ_4	2,32E-05	8,26e-18	-55,6	0,692	Φ_4	6,55E-05	0,00257	-150,53	2,54
Φ_5	-0,00011	-0,00722	245,88	-1,971	Φ_5	-0,00013	-0,01861	270,53	-3,64
Φ_6	-0,00013	-0,00722	301,48	1,339	Φ_6	-0,00019	-0,02119	421,06	1,43
I_A	-0,395	-182,2	F_k	1,11E-15	I_A	-1,08	-299,36	F_k	0,12
I_C	-1,781	281,4			I_C	-2,01	369,2		
I_B	2,176	0			I_B	3,09	0		

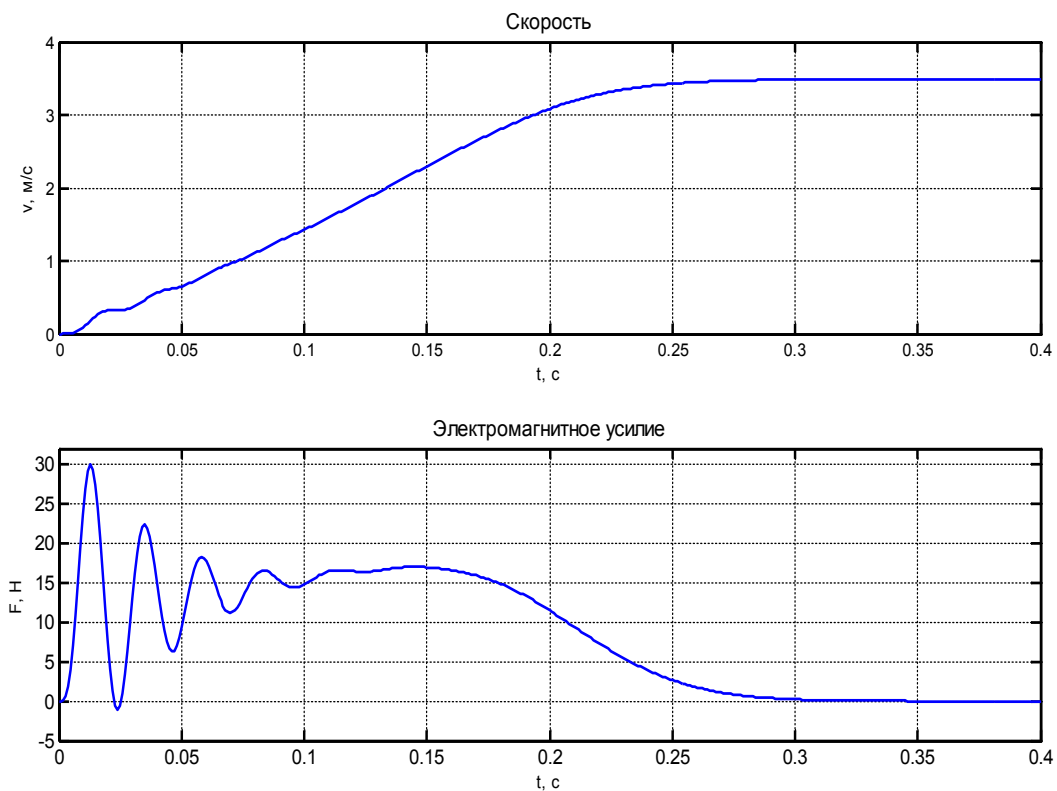


Рис. 3. Зависимости электромагнитного усилия и скорости подвижного элемента от времени при пуске

Литература:

1. Сарапулов Ф.Н., Емельянов А.А., Иваицкий С.В., Резин М.Г. Исследование электромеханических переходных процессов линейного асинхронного короткозамкнутого двигателя // Электричество. – 1982. – №10. – С. 54–57.
2. Емельянов А.А., Богатов Е.А., Клишин А.В., Медведев А.В., Симонович В.Г. Математическая модель линейного асинхронного двигателя на основе магнитных схем замещения // Молодой ученый. – 2010. – №5. – с. 14–22.
3. Емельянов А.А., Медведев А.В., Богатов Е.А., Кобзев А.В., Бочкарев Ю.П. Программирование линейного асинхронного двигателя в MATLAB // Молодой ученый. – 2013. – №3. – С. 129–143.
4. Ануфриев И.Е. и др. MATLAB 7 / Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

Разработка электронного учебного пособия по естественнонаучным дисциплинам

Иванова Ольга Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Кадменский Виктор Георгиевич, кандидат физико-математических наук, доцент;
Иванов Михаил Александрович, курсант;
Лихоманов Михаил Олегович, курсант
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «ВВА» (г. Воронеж)

Трансформация, происходящая во всех сферах современного общества, привела к существенным изменениям требований к конечным целям образования. Появилась потребность в специалистах, готовых к профессиональному самообучению в течение всей трудовой деятельности. Одним из путей решения данной проблемы является совершенствование процесса организации самостоятельной работы в военном вузе профессионально информационной среде [1, с. 148]. Нашей целью является разработка принципов построения электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам, ориентированного на вовлечение курсантов в режим самостоятельной работы и повышения качества их обучения этим дисциплинам. Функциональными особенностями дидактических материалов электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам должны быть:

- 1) конкретное дидактическое назначение, соответствующее определенному этапу процесса обучения;
- 2) соответствие научному уровню материала тематического плана и программы по дисциплине и его логическому построению;
- 3) обеспечение научных и методических связей изложения и воспроизведения теоретического материала;
- 4) учет преемственности знаний, использование ранее полученных знаний;
- 5) создание условий для решения комплекса образовательных, воспитательных и развивающих задач;
- 6) отражение уровня подготовленности иностранных военнослужащих;
- 7) наглядность, под которой подразумеваются все возможные варианты воздействия на органы чувств обучаемого. Я.А. Коменский назвал наглядность «золотым правилом дидактики» и требовал, чтобы все представлялось для восприятия чувствами;
- 8) учет психологических особенностей обучаемых и национальной культуры.

При разработке электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам следует понимать, что курсант будет работать с текстом как носителем информации и единицей профессиональной коммуникации, а также вербальному обеспечению обучения. Это предполагает не только расширение словарного запаса обучаемых, но и адекватного понимания теоретического материала. Работа с текстами предполагает развитие четырех видов чтения у иностранных военнослужащих: изучающего, ознакомительного, поискового и просмотрового [2, с. 70]. Все эти типы чтения должны быть учтены при разработке

электронных пособий по естественнонаучным дисциплинам. Основными характеристиками электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам являются:

- 1) логическое разделение учебного материала на тематические главы, наполненные профессионально ориентированным текстовым материалом;
- 2) целенаправленный подбор текстов, основанный на принципе максимальной доступности в смысловом и языковом отношении. Это призвано формировать у курсантов систему базовых образов и понятий по естественнонаучным дисциплинам, активизирующих их познавательную деятельность и способствующих восприятию учебного материала на неродном языке;
- 3) наличие информативного раздела для дополнительного глоссария базовых понятий и определений по дисциплине, видеофайлов, выполняющих компенсаторную функцию для максимального варьирования работы с учебным электронным пособием с учетом ограниченного знания русского языка.

Отличительные особенности электронного и печатного пособия: слоистая структура учебного материала; краткость и глав, параграфов, подпараграфов; меньший размер страниц; наличие дискретности преподнесения информации; наличие адресации; прерывная последовательность в пределах наименьшей структурной единицы; наличие словаря терминов (в хороших учебных пособиях это присутствует); видеофайлы, банк которых можно пополнять при необходимости. Эти отличительные особенности в организации учебного материала по естественнонаучным дисциплинам обеспечивают дифференцированный подход обучения курсантов в зависимости от уровня их подготовленности. Результатом станет более высокий уровень мотивации обучения и приведет к лучшему и ускоренному восприятию и усвоению программного материала.

В электронном издании требуется разрешить ряд проблем. Размещение и оформление текстового и графического материала должно быть на рабочей поверхности экрана. Размер этой поверхности, использование признака цветности и субъективной реакции пользователей на наличие этих элементов должно учитывать национальную культуру. Необходима ориентация и перемещения пользователя между разделами, графикой и рисунками, страницами, включая овладение различными уровнями материала и перемещение между ними. При размещении информации на поверхности экрана следует обратить внимание на ряд факторов:

- 1) гарнитура, кегль и начертание отдельных символов;
- 2) учет экранного разрешения;
- 3) размещение текста и свободное пространство на поверхности;
- 4) виды используемых иллюстраций и графики;
- 5) читаемость, логическая структура электронного текста;
- 6) классификация фрагментов текста и их креативность;
- 7) учет психологических реакций пользователя на электронный материал.

Типографский шрифт печатных изданий отличаются от экранных компьютерных шрифтов. Курсанты, как правило, предпочитают работать Times New Roman, Arial, Courier, Sans Serif. Установлено [3, с. 362], что большинству пользователей предпочтительнее работать с малыми размерами шрифта, позволяющими располагать экранные тексты на экране компьютера компактно. Обучаемый зрительно получает основной объем информации. Текст воспринимается им как монолитное [4, с. 68]. При разработке электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам следует особое внимание обратить на размещение блоков информации на поверхности экрана и их взаимодействие с его контрастностью пространства. Именно число и размещение контрастного пространства на экране способствует нахождению нужного фрагмента материала из общего их экранного множества, восприятию информационного содержания фрагментов текста [5, с. 90].

При оформлении пользовательского интерфейса поверхности экрана следует обратить внимание на виды используемой графики и иллюстраций. Иллюстрации и графика при обучении естественнонаучным дисциплинам необходимы, так как графическая форма представления материала характеризуется многократно большим информационным объемом и скоростью восприятия представленного материала. Самостоятельная разработка иллюстраций и графики сложна. Она требует знаний программирования и большого количества времени для ее осуществления. Вследствие этого можно использовать программные продукты известных производителей, например, фирмы «Физикон», или файлы из Internet.

Применение цвета значительно увеличивает информационную насыщенность материала и дает положительный эффект. Цветом выделяются текстовые заголовки, подзаголовки, блоки понятий, графика и иллюстрации, гипертекстовые ссылки, подложка. В нашем пособии подложка текста светло-зеленая, что хорошо воспринимается зрительно. Для цвета текста используем контрастные цвета (желтый, зеленый, белый, красный, синий). Информация располагается на слайде горизонтально, шрифт Arial, для выделения текста используется жирный шрифт, курсив или подчеркивание, рамки, границы, заливки разных цветов, разнообразные стрелки (WordArt). Для интереса презентации пособия используются анимационные возможности. В меньшей степени привлекаемы звуковые

эффекты, отвлекающие внимание от содержания информации на слайде. Однако именно звук позволяет лучше воспринимать видеофрагменты.

Психологическая реакция курсанта на электронный материал состоит в субъективной реакции пользователя на оформление текста, его ясность, научность, краткость предложений. Если стиль оформления текста неприятен пользователю, то его производительность при работе с пособием понизится. Культуросообразность пособия должна состоять в том, что в процессе преподнесения материала прикладного характера необходимо, прежде всего, знакомить курсантов с богатством культуры и самобытностью нашего народа, достижениями РФ и их государств в области военной техники (при возможности). Профессиональная ориентированность в данном случае является средством обучения, так как призвана повысить мотивацию курсантов к овладению теоретическими знаниями посредством расширения профессионального кругозора и приобретения навыков целенаправленного использования полученных естественнонаучных знаний. При разработке электронного пособия следует обратить внимание на возможности перемещения по пособию и ориентацию в нем.

Способы ориентации пользователя в электронном пособии:

- 1) самораскрывающееся меню. Рубрикация электронного пособия при наличии самораскрывающегося меню содержит большое число уровней в виде глав, параграфов, подпараграфов. Лаконичность разделов электронного пособия не должна влиять на их научность. Каждый раздел при этом содержит исчерпывающую информацию по одному конкретному вопросу;

- 2) бегущая строка в форме всплывающей подсказки, содержащей название раздела и выделенной цветом;

- 3) колонтитул позволяет контролировать название изучаемой дидактической единицы;

- 4) наличие содержания, имеющего гипертекстовые ссылки. Гипертекст — это способ нелинейной подачи текстового материала или графики, при котором существуют каким-либо образом выделяемое, имеющее привязку к определенным текстовым или графическим фрагментам;

- 5) существование гипертекстовых ссылок, позволяющих перемещение внутри электронного пособия.

На рис. 1, 2 представлены экранные интерфейсы двух частей электронного пособия по дисциплине «Концепции современного естествознания».

Естественнонаучные дисциплины являются базой для специальных дисциплин нашей академии. В разработанных на нашей кафедре электронных учебных пособиях мы стремились к тому, чтобы у курсантов появились понимание явлений и объясняющих их фундаментальных законов естествознания, умение самостоятельно работать, стремление к самообучению. Английский писатель 18 века Джозеф Аддисон писал: «Чтение для ума — то же, что физическое упражнение для тела».

По-нашему мнению, предлагаемые принципы постро-



Рис. 1. Экранный интерфейс титульного листа с самораскрывающимся меню

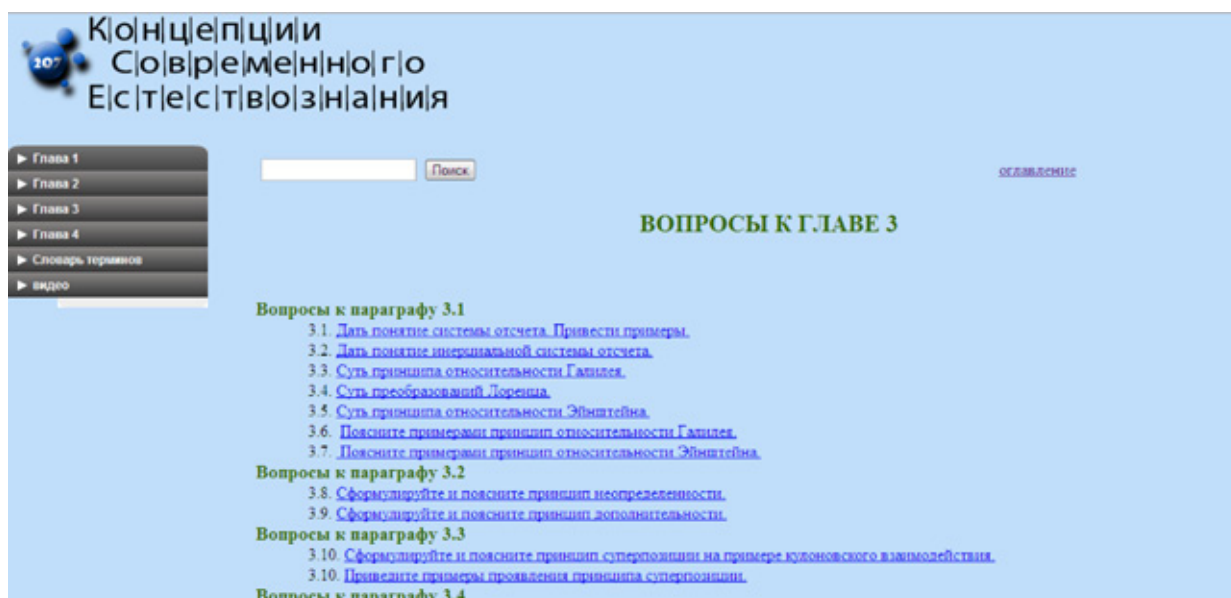


Рис. 2. Экранный интерфейс с системой поиска и вопросами с гиперссылками

ения электронного пособия по естественнонаучным дисциплинам позволят давать теорию в нужной последова-

тельности и в нужных пропорциях, акцентируя внимание на базовые понятия и законы.

Литература:

1. Гавришина О.Н., Филатова Е.В. Профессионально ориентированная информационная среда //Высшее образование в России. № 4. 2011. С. 148–151.
2. Шевцова Г.В., Нарочная Е.Б. Методология иностранного языка для технического университета //Alma mater. № 8. 2011. С. 67–71.
3. Ясинский В.Б. Слайд-лекция — особенности создания//Тезисы докладов научно-методической школы-семинара по проблеме «Физика в системе инженерного образования стран ЕврАзЭС» и совещания заведующих кафедрами физики технических ВУЗов России, г. Москва 30 июня — 3 июля 2008 г. С. 361–362.
4. Слостенин В.А., Каширин В.П. Психология и педагогика. М. Академия, 2003. 480 с.
5. Козловцева Т.Е., Капранов И.В. Зрительное воображение и визуальное мышление в изучении математики//Alma mater. № 2. 2012. С. 90–92.

МАТЕМАТИКА

Идентификация объекта эргатической системы

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент;
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор;
Пылайкин Сергей Александрович, аспирант
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

При синтезе сложных динамических систем, включая эргатические, часто возникает задача выделения их элементов по данным нормального функционирования (так, по записи хорового исполнения нельзя определить конкретных исполнителей без их индивидуальных характеристик; по осциллограммам колебаний многозвенной конструкции также нельзя выделить конкретные источники вибрации и т.д.).

В структурной схеме эргатической системы по каждому из каналов управления оператор представляется в виде трех звеньев. Первое характеризует двигательную (моторную) систему человека; другое — формирование мысленного образа выходной координаты; третье — сравнивающее «устройство» центральной нервной системы и формирование ошибки управления. Чрезвычайно плохо формализуется именно сравнивающее «устройство». Это приводит к тому, что при оценке разницы функционирования систем «оператор-объект управления» и «оператор-имитатор» нельзя разделить эту разницу на две составляющие: первую, определяемую разницей технических частей этих эргатических систем и вторую, определяемую разницей в поведении человека. Именно это обстоятельство, а также то, что в соответствии с организмическим принципом объект, по существу, предопределяет поведение оператора, являются основным тормозом при разработке тренажных и обучающих комплексов.

В этих условиях задача определения управляющих воздействий оператора (стабилизация программного движения без флуктуаций в его поведении) может быть решена в основном лишь с использованием некоторой итерационной процедуры. Все это относится и к определению передаточных функций объекта и оператора по данным нормальной эксплуатации. Как видим, прямая идентификация эргатической системы в силу ее замкнутости через человека встречает, по существу, непреодолимые трудности.

Классическим, традиционным считается определение оценки передаточных функций по спектральным характеристикам. Однако, наблюдается большая расхожимость результатов в зависимости от параметров дискретизации, длительности рассматриваемых реализаций и применяемых для сглаживания различных типов «окон» (с неизбежными элементами субъективизма при их выборе).

Известно, что точность определения передаточных характеристик вдали от доминирующих частот крайне низка. Правда, в этих зонах высокая точность и не нужна. Это следует из того, что оператор управляет объектом на частотах, близких к его собственной частоте. На это обращалось внимание и ранее; учитывалась связь входного сигнала со спектральной характеристикой [1,2]. Зоны доминирующих частот для некоторых режимов функционирования могут определяться на основе обобщенных АЧХ и ФЧХ, вычисленных решением уравнений идентификации; в этих зонах возможна их линейная аппроксимация. Это говорит о том, что оператор воспринимает объект как усилительное звено с запаздыванием. Но, по видимому, частотные, впрочем, равно и другие методы, практически не позволяют определить передаточные функции объекта по данным нормальной эксплуатации эргатической системы. Так что решение общей задачи идентификации не позволяет получить требуемые данные для доводки имитаторов объекта с целью сближения стиля управления оператора в условиях реального объекта и его имитатора. Поэтому целесообразней решение частной задачи идентификации, используя для уточнения оценок передаточных функций итерационный метод. Наиболее удобны для использования регрессионные методы параметрической идентификации. Неплохие результаты дает метод наименьших произведений, который, по существу, является обобщением регрессионного метода. Возможно обобщение регрессионного метода идентификации для инерционного оператора с чистым запаздыванием. В этом случае возможна идентификация переменных коэффициентов в уравнениях движения (аппроксимация с использованием полиномов Ньютона или методом наименьших квадратов). Определение уравнений движения позволит установить и требуемые характеристики оператора.

Пусть в эргатической системе

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$u = Px$$

по синхронным измерениям $x(t), u(t)$ в процессе нормальной эксплуатации требуется определить матрицу P ; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$. В дискретной форме получим:

$$x^{k+1} = Qx^k, \quad x^k = x(k\Delta t).$$

Можно показать, что

$$P = B^{-1} \left(\frac{1}{\Delta t} Q - \frac{1}{\Delta t} E - A \right);$$

$$Q^T = (U^T U)^{-1} U^T \chi,$$

$$U = \begin{bmatrix} x_1(0) & \dots & x_n(0) \\ x_1(\Delta t) & \dots & x_n(\Delta t) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1((r-1)\Delta t) & \dots & x_n((r-1)\Delta t) \end{bmatrix}, \quad \chi = \begin{bmatrix} x_1(\Delta t) & \dots & x_n(\Delta t) \\ x_1(2\Delta t) & \dots & x_n(2\Delta t) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1(r\Delta t) & \dots & x_n(r\Delta t) \end{bmatrix}.$$

В более общем случае, когда оператор представляет собой инерционное звено второго порядка с запаздыванием и при формировании управляющих воздействий использует как фазовые координаты, так и скорости, ускорения будем иметь:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Du(t) = F\ddot{x}(t) + Q\dot{x}(t) + Rx(t) + Sx(t - \tau);$$

в дискретной форме:

$$z^{k+1} = \Phi w^k;$$

$$z^{k+1} = (x_1^{k+1}, \dots, x_n^{k+1}, \dot{x}_1^{k+1}, \dots, \dot{x}_n^{k+1}, u_1^{k+1}, \dots, u_m^{k+1}, \dot{u}_1^{k+1}, \dots, \dot{u}_m^{k+1})^T,$$

$$w^k = (x_1^k, \dots, x_n^k, \dot{x}_1^k, \dots, \dot{x}_n^k, u_1^k, \dots, u_m^k, \dot{u}_1^k, \dots, \dot{u}_m^k, x_1^{k-s}, \dots, x_n^{k-s})^T; \quad \Delta t = \frac{\tau}{s}.$$

Тогда в соответствии с предыдущим

$$\Phi^T = (U^T U)^{-1} U^T \chi;$$

$$U = \begin{bmatrix} x_1(s\Delta t) & \dots & x_n(s\Delta t) & \dots & x_1(0) & \dots & x_n(0) \\ x_1((s+1)\Delta t) & \dots & x_n((s+1)\Delta t) & \dots & x_1(\Delta t) & \dots & x_n(\Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1((r-1)\Delta t) & \dots & x_n((r-1)\Delta t) & \dots & x_1((r-1-s)\Delta t) & \dots & x_n((r-1-s)\Delta t) \end{bmatrix},$$

$$\chi = \begin{bmatrix} x_1((s+1)\Delta t) & \dots & x_n((s+1)\Delta t) & \dots & \dot{u}_1((s+1)\Delta t) & \dots & \dot{u}_m((s+1)\Delta t) \\ x_1((s+2)\Delta t) & \dots & x_n((s+2)\Delta t) & \dots & \dot{u}_1((s+2)\Delta t) & \dots & \dot{u}_m((s+2)\Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(r\Delta t) & \dots & x_n(r\Delta t) & \dots & \dot{u}_1(r\Delta t) & \dots & \dot{u}_m(r\Delta t) \end{bmatrix}.$$

Оптимальное управление в системе определится из условия минимума выбранного функционала качества [3].

Составление частных моделей сложной системы часто может опираться на приводимых ниже простейших инженерных методах идентификации. Ограничимся системами второго порядка (увеличение порядка, не меняя сути, лишь усложняет техническую реализацию).

Пусть при начальных условиях $x_1(0)=x_{10}, x_2(0)=0$ известны переходные процессы системы

$$\dot{x}_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2$$

$$\dot{x}_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2.$$

Имеем

$$x_2(p - a_{22}) = a_{21}x_1, \quad x_2 = \frac{a_{21}}{p - a_{22}}x_1;$$

$$(p - a_{11})x_1 = a_{12} \frac{a_{21}}{p - a_{22}}x_1, \quad (p^2 - 2\sigma p + \Delta)x_1 = 0,$$

или

$$(p^2 - 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2)x_1 = 0.$$

По осциллограмме $x_1(t)$ легко определить относительный коэффициент демпфирования ξ и собственную частоту

$$\omega_n = \omega_0 \sqrt{1 - \xi^2} \quad (\text{собственная частота незатухающих колебаний } \omega_0 = \frac{\omega_n}{\sqrt{1 - \xi^2}}).$$

Справедливо:

$$a_{11} + a_{22} = 2\xi\omega_0,$$

$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = \omega_0^2;$$

$$x_{10}a_{11} + x_{20}a_{12} = \dot{x}_{10}$$

$$x_{10}a_{21} + x_{20}a_{22} = \dot{x}_{20}.$$

С учётом $x_{20}=0$ получим:

$$a_{11} = \frac{\dot{x}_{10}}{x_{10}}, \quad a_{21} = \frac{\dot{x}_{20}}{x_{10}}, \quad a_{12} = \frac{1}{a_{21}}(a_{11}a_{22} - \omega_0^2), \quad a_{22} = a_{11} - 2\xi\omega_0.$$

Идентификация проведена.

При идентификации эргатической системы

$$\dot{x}_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + b_1\delta$$

$$\dot{x}_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + b_2\delta$$

воспользуемся осциллограммами $x_1(t), \dot{x}_1(t), x_2(t), \dot{x}_2(t)$ и управляющего воздействия оператора $\delta(t)$ при скачкообразном воздействии $\delta(t) = \delta(0) = \delta_0$.

Частное решение системы уравнений при начальном условии $\delta(t) = \delta_0$ имеет вид:

$$x_{1ч} = \frac{\delta_0}{\Delta}(a_{12}b_2 - a_{22}b_1), \quad x_{2ч} = \frac{\delta_0}{\Delta}(a_{21}b_1 - a_{11}b_2).$$

Общее решение однородной системы

$$x_{1одн} = e^{-\xi\omega_0 t} (C_1 \cos \omega_c t + C_2 \sin \omega_c t),$$

$$x_{2одн} = e^{-\xi\omega_0 t} \left[\left(-C_1 \frac{\xi\omega_0}{a_{12}} + C_2 \frac{\omega_c}{a_{12}} - C_1 \frac{a_{11}}{a_{12}} \right) \cos \omega_c t + \left(-C_2 \frac{\xi\omega_0}{a_{12}} - C_1 \frac{\omega_c}{a_{12}} - C_2 \frac{a_{11}}{a_{12}} \right) \sin \omega_c t \right]$$

Из общего решения неоднородной системы

$$x_1 = x_{1ч} + x_{1одн},$$

$$x_2 = x_{2ч} + x_{2одн}$$

при нулевых начальных условиях получим:

$$C_1 = \frac{\delta_0}{\Delta} (a_{22}b_1 - a_{12}b_2), \quad C_2 = \frac{\delta_0}{\Delta \omega_c} [(a_{22}b_1 - a_{12}b_2)(\xi\omega_0 + a_{11}) + a_{12}(a_{11}b_2 - a_{21}b_1)].$$

По известным осциллограммам $\dot{x}_1(t), \dot{x}_2(t)$ с учетом

$$\dot{x}_1 = -\xi\omega_0 e^{-\xi\omega_0 t} (C_1 \cos \omega_c t + C_2 \sin \omega_c t) + e^{-\xi\omega_0 t} (-C_1 \omega_c \sin \omega_c t + C_2 \omega_c \cos \omega_c t),$$

$$\dot{x}_2 = -\xi\omega_0 e^{-\xi\omega_0 t} (A \cos \omega_c t + B \sin \omega_c t) + e^{-\xi\omega_0 t} (-A \omega_c \sin \omega_c t + B \omega_c \cos \omega_c t);$$

$$A = -C_1 \frac{\xi\omega_0}{a_{12}} + C_2 \frac{\omega_c}{a_{12}} - C_1 \frac{a_{11}}{a_{12}}, \quad B = -C_2 \frac{\xi\omega_0}{a_{12}} - C_1 \frac{\omega_c}{a_{12}} - C_2 \frac{a_{11}}{a_{12}},$$

получим

$$\dot{x}_{10} = -\xi\omega_0 C_1 + C_2 \omega_c, \quad \dot{x}_{20} = -A \xi \omega_0 + B \omega_c.$$

Подставляя C_1, C_2, A, B , получим два уравнения относительно a_j .

Добавляя выражения ξ, ω_c , относительно a_j

$$a_{11} + a_{12} = 2\xi\omega_0,$$

$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = \omega_0^2,$$

получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными a_j .

Значения b_1, b_2, δ_0 , как и ранее, предполагаются известными. И здесь задача идентификации решена полностью.

Методики успешно использовались при синтезе прецизионной системы управления объектом на подвижном основании (виброзащита объекта управления от колебаний конструктивных элементов всей системы при работе приводов системы управления).

Литература:

1. Гельфандбейн Я.А. Методы кибернетической диагностики динамических систем / Я.А. Гельфандбейн. — Рига: Зинатне, 1967. — 542 с.
2. Красовский А.А. Системы автоматического управления летательных аппаратов / А.А. Красовский, Ю.А. Вавилов, А.И. Сучков. — М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986. — 478 с.
3. Данилов А.М., Гарькина И.А. Сложные системы: идентификация, синтез, управление: монография. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 308 с.

О формировании теории отрицательных чисел в контексте исторического развития математики

Покорная Илана Юльевна, кандидат физико-математических наук, доцент;

Шаталова Наталия Андреевна, магистр,

Воронежский государственный педагогический университет

Покорная Ольга Юльевна, кандидат физико-математических наук, доцент

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «ВВА» (г. Воронеж)

Исторические и генетические основы некоторых знаков в математике прослеживаются в их особенностях применения и обозначения. Но эти особенности не выделены и не акцентированы при изучении соответствующих разделов в школьной математике, и поэтому

школьники и даже студенты не всегда их учитывают. Тем не менее появляются достаточно интересные математические и логические проблемные ситуации.

На определенном этапе изучения алгебраических преобразований необходимо обязательно отмечать кон-

кретные значения одного и того же знака «-». Действительно, в записи « $x - y$ » или « $a - b$ », знак «-» выражает разность двух чисел. В записи «-2» это обозначение отрицательного числа. В общем виде для любого числа a в обозначении «- a » роль знака «-» выражается в значении противоположного числа. Эта же роль и не в совсем обычном выражении $|x| = -x$, верном для всех отрицательных x . Еще одно толкование знака «-» появляется в записи 2^{-1} , где «-1» определяет форму записи числа, обратного к 2.

Смысл и неоднозначность понимания этого знака обнаруживаются не сразу. Если, например, для положительных чисел $a > 0$, $b > 0$ из условия $a < b$, очевидно,

следует $\frac{a}{b} < \frac{b}{a}$, то аналогичное утверждение для a и b разных знаков вызывает споры. Так для случая $a < 0 < b$, положив, например, $a = -1$ и $b = 1$, из условия $a < b$ следует $\frac{a}{b} = \frac{b}{a}$. Действительно, $\frac{-1}{1} = \frac{1}{-1}$.

Нельзя забывать про исторические особенности возникновения знака

«-», появившегося в одной из версий «долга». Если $2 \cdot 3 = 3 + 3$ — это дважды 3, т.е. 3 взятые два раза; $2 \cdot (-3) = (-3) + (-3)$ — это дважды (-3), то не совсем понятно, какой смысл у аналогичного похожего алгебраического выражения $(-2) \cdot (-3)$. Как объяснить в этом случае трактовку данного выражения: «множь убытки на убытки, враз получишь прибыль?»

Ответ на этот вопрос исторически складывался в течение не одной сотни лет, когда крупнейшие математики пытались решить проблемы отрицательных чисел. Даже Декарт, сопоставивший их с точками отрицательной полуоси и признавший тем самым их право на существование, называл их ложными числами. Интерпретация с помощью «долга» сомнений не прояснила, так как было непонятно, каким образом можно получать прибыль, умножая долг на долг, т.е. убытки на убытки. Подобные недоразумения возникали и в отношении их изображения. Некоторые авторы предлагали, например, изображать их точками на полуоси, как это делал Декарт, но на другой полуоси — ортогональной к той, где откладывались обычные количества [1].

Крупнейший математик XVII века Джон Валлис «доказывал», что все отрицательные числа должны считаться большими, чем положительные. Его соответствующее обоснование современниками считалось безупречным. От этих рассуждений в настоящее время остался следующий парадокс («парадокс Валлиса»). Если $-1 < 0$, то $-1 < \frac{1}{n}$ для любого $n \in \mathbb{N}$. Тогда при любом n должно выполняться неравенство $\frac{1}{-1} < \frac{1}{n}$. Следовательно, знаменатель (-1) меньшей дроби должен быть количественно больше n . Таким образом, получаем противоречивое неравенство $+\infty < -1$.

Великий Эйлер, как и Валлис, считал, что отрицательные числа больше бесконечности. Свою правоту он

фактически доказал в «Основаниях дифференциального исчисления» (см. [2]). Однако к моменту выхода этой работы уже широко распространилась и стала привычной позиция Декарта, без всяких комментариев поддержанная Ньютоном. Лишь к концу XVIII века благодаря работам Даламбера и Карно стало ясно, что арифметизация множества положительных и отрицательных чисел невозможна. То есть, множество чисел-координат по Декарту-Карно — это множество объектов другой природы, нежели множество известных ранее чисел-количеств.

Следует обязательно подчеркивать и объяснять на первых уроках математики по теме отрицательных чисел, что эти числа имели очень долгие и противоречивые этапы осмысливания в истории математики. В Европе отрицательные числа стали известны из арабских текстов, но большинство математиков XVI—XVII вв. не признавали их. Весь XVII в. математики считали, что меньше нуля (т.е. меньше «ничего») не может быть ничего. Кардано называл «фиктивными» все отрицательные корни уравнений. Виет полностью отвергал отрицательные числа. Декарт называл их «ложными» на том основании, что они представляют числа, которые меньше, чем ничто.

Разве может быть что-то меньше, чем ничего? Вот эта старая система арифметических представлений, органически связанная с бытовой культурой и укрепленная греческой наукой, являлась главным чисто психологическим препятствием для адаптации к новым объектам. Именно здесь для понимания сущности отрицательных чисел требуется опыт самостоятельного абстрагирования. Дело в том, что в математических кругах считать отрицательные числа меньше нуля договорились (подчеркиваем — договорились, т.к. это математическая условность) лишь к началу XVIII в. Хотя примерно с середины XVII в. отрицательные числа использовались весьма широко, однако они были лишены строгого определения и логического обоснования. Один из величайших мыслителей Века Даламбер утверждал: «Если задача приводит к отрицательному решению, то это означает, что какая-то часть исходных предположений ложна, хотя мы и считали ее истиной» [3].

В XVIII в. Эйлер обосновывал эквивалентность операций вычитания величины $-b$ и прибавления величины b , сославшись на то, что «погасить долг означает поднести дар». Равенство $(-1) \cdot (-1) = +1$ Эйлер доказывал следующим образом. Произведение $(-1) \cdot (-1)$, рассуждал он, может быть равно либо (-1) , либо $+1$, а поскольку ему удалось доказать, что $(+1) \cdot (-1) = -1$, то для произведения $(-1) \cdot (-1)$ остается единственно возможное значение, а именно $+1$. В XVIII в. авторы даже наиболее выдающихся работ по алгебре не различали знак «минус» как символ операции вычитания и знак «минус» как символ отрицательного числа. На протяжении XVIII в. против отрицательных чисел выдвигалось немало возражений. Английский математик, член Королевского общества Френсис Мазер в 1759 г. опубликовал «Рассуждения о применении в алгебре знака минус», где показал, как из-

бежать отрицательных чисел «...Насколько я могу судить, отрицательные числа служат для того, чтобы внести замешательство во всю теорию уравнений и сделать смутным и загадочным то, что по самой природе особенно ясно и просто...Чрезвычайно желательно поэтому не допускать отрицательные корни в алгебру, а если таковые все же возникнут, неукоснительно *изгонять* их» [3].

К началу XIX века математика оказалась в весьма парадоксальной ситуации. Ее успехи в описании и предсказании физических явлений превзошли самые смелые ожидания. Многие математики с головой ушли в новые области физики и добились там значительных успехов, а об основаниях математики никто попросту не задумывался. Критика по поводу отрицательных и, одновременно с ними и комплексных чисел, не утихала. Отрицательные и комплексные числа доставляли немало беспокойства, так как интуитивно казались неприемлемыми.

В 1831 году Огастес де Морган, автор знаменитых «законов де Моргана» математической логики, внесший немалый вклад в развитие алгебры, высказал свои рассуждения по поводу отрицательных чисел в книге «Об изучении и трудностях математики» [3]. В качестве примера он приводит следующую задачу: отцу 56 лет, сыну 29. Через сколько лет отец будет вдвое старше сына? Де Морган составляет уравнение $56 + x = 2 \cdot (29 + x)$ и получает ответ $x = -2$. Такой ответ он считает абсурдным, но отмечает, что если x заменить на $-x$, то данное уравнение перейдет в уравнение $56 - x = 2 \cdot (29 - x)$, откуда следует $x = 2$. Поэтому он делает вывод, что исходная задача была неверно поставлена: отрицательный ответ указывает на ошибку в первоначальной формулировке задачи, где на самом деле следует спрашивать: «Сколькими годами ранее отец был вдвое старше сына». В данной книге Де Морган замечает «...мы считаем своим долгом предупредить тех, кто изучает алгебру, о существующей трудности применения отрицательных чисел и указать на природу ее. Мы надеемся, что учащийся, рассмотрев достаточное число примеров, разобранных отдельно, обретет уверенность в тех результатах, к которым приводят правила».

Для знака «+» на уровне элементарной математики замечательна интерпретация отрицательной температуры воздуха. Известно, что 20 и +20 считаются одним и тем же числом, т.е. число 20 подразумевает неявное присутствие знака «+». Достаточно часто утверждается, что «знак плюс не пишется — для сокращения записи». Но если мы встречаем 20, то должны знать, что на самом деле это +20. Таким образом, если мы слышали, что сегодня на улице 20 градусов мороза, то мы должны это понимать как «плюс двадцать градусов мороза».

В школьной литературе часто «Математику» неявно отождествляют с понятием «Чистой математики». В связи с чем изначально в школьных учебниках не приводятся основные (порой противоречивые) аспекты становления, появления того или иного понятия в математике.

В соответствии с классификацией А.Н. Колмогорова [4] следует учитывать взаимное соотношение между че-

тырьмя различными областями человеческой деятельности и сопоставления их математике (математической культуре):

- 1) изучение реального мира и практического воздействия на него;
- 2) содержательная математика;
- 3) формализованная математика;
- 4) метаматематика.

Отметим два пронзительных точных обстоятельства. Здесь речь идет не вообще о математике или прикладной (или еще какой, в том числе чистой) математике, а о деятельности. Математической деятельности. Кроме того говорится о разных областях. При этом каждая область не поглощает другую. Первая область математической деятельности формировалась вместе с культурой и языком на протяжении десятков тысяч лет и сопутствовала естественному быту каждого человека. Вторая область, скорее всего, возникла уже с появлением письменности. С развитием торговли и масштабных хозяйственных дел вторая область образовала практическую математику. Развитие содержательной математики проявилось в грандиозных открытиях: от создания дифференциального и интегрального исчисления (Валлис, Ньютон, Лейбниц) до теории дифференциальных уравнений, вариационного исчисления, теории рядов и неисчислимого количества других содержательных продвижений. Именно содержательная математика продолжала бурно развиваться и весь XIV век.

Уже в XVII в. активный рост математических знаний привел к необходимости совершенствования понятийной среды. Между крупнейшими математиками велись жаростные дискуссии по вопросам: Что такое число; Можно ли считать числом ноль (как символ ничего); Можно ли считать числом запись «-2»? Все эти споры имели формальную природу и объяснялись тем, что приходилось пересматривать некоторые взгляды, устоявшиеся «в вечности», т.е. на протяжении 2 тысяч лет.

Споры эти были отодвинуты в сторону с появлением новых и резко более актуальных вопросов: Что есть бесконечно малая величина; Что есть сумма бесконечного ряда; Что есть отношение бесконечно малых; Что есть сумма неделимых (бесконечно малых), т.е. интеграл? Ответы на эти вопросы, потребовавшие почти всего XIX века, стали основой математического анализа с его теорией пределов, теорией непрерывности, гладким анализом и пр. Более глубокое течение мысли привело к созданию «наднауки» под названием «метаматематика».

Каким образом все сказанное можно соотносить со школьной математикой? Ясно, что изначально должно быть освоение материала из первых двух областей и понятийной среды формализованной математики, но только в той мере, в какой это будет помогать освоению первых двух областей. Реально же современная школьная математика направлена на изучение сразу третьей и четвертой области, считая именно их сутью всей математики, без учета исторических особенностей становления математики.

Литература:

1. Покорная И.Ю., Покорная О.Ю., Покорный Ю.В. О генезисе бесконечно малых в преподавании анализа. Современные проблемы прикладной математики и математического моделирования. Международная научная конференция, Воронеж, ВГУ, 2005, с. 185.
2. Эйлер Л. Дифференциальное исчисление. ГИТТЛ, М.-Л., 1949.
3. Клайн М. Математика. Утрата определенности: Пер. с англ./Под ред. М.И. Яглома. — М.: Мир, 1984.
4. Колмогоров А.Н. Математика — наука и профессия. М.: Наука, 1988.

О дискретном спектре модельного оператора, ассоциированного с системой трех частиц на решетке

Расулов Тулкин Хусенович, кандидат физико-математических наук, доцент;
Гайбуллаев Рустам Кахрамонович, студент
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

Введение. Хорошо известно, что при некоторых естественных предположениях оператор Шредингера A системы трех попарно взаимодействующих частиц в непрерывном пространстве имеет существенный спектр, совпадающий с полуосью $[k, \infty)$, где $k < 0$. В работах [1] и [2] доказана, что при $k < 0$ и достаточно быстром убывании потенциалов взаимодействия в координатном представлении дискретный спектр оператора A является конечным.

Что же касается дискретного оператора Шредингера, являющегося решеточным аналогом обычного трехчастичного оператора Шредингера в непрерывном пространстве, в отличие от непрерывного случая, «двухчастичная» и «трехчастичная» ветви существенного спектра заполняют отрезки конечной длины и они могут не пересекаться. Вопросу конечности дискретного спектра таких операторов посвящены многие работы, например [3], [4]. Отметим, что в работе [3] пользуясь уравнениями типа Фаддеева и Вайнберга, а также разложением определителя Фредгольма, доказана конечность дискретного спектра трехчастичного дискретного оператора Шредингера парными контактными взаимодействиями при отсутствии виртуальных уровней у операторов, описывающих двухчастичных подсистем. А в работе [4] с помощью принципа Бирмана-Швингера доказана конечность дискретного спектра трехчастичного дискретного оператора Шредингера, описывающий системы трех частиц (два бозона и третий иной природы).

В настоящей работе рассматривается модельный оператор H , ассоциированный с системой трех частиц на решетке, взаимодействующих с помощью парных нелокальных потенциалов. Построен «симметризованный» вариант известного уравнения Вайнберга, с помощью которого доказывается конечность дискретного спектра оператора H , в случае специального вида функции ω , являющейся параметром этого оператора. Следует отметить, что этот метод используется даже в том случае, когда существенный спектр оператора H имеет лауну (см. случай в) теоремы 2). В работах [5–7] изучены бесконечность дискретного спектра подобных модельных операторов.

1. Модельный оператор. Пусть $T^3 \equiv (-\pi, \pi]^3$ — трехмерный куб с соответствующим отождествлением противоположных граней, $L_2(T^3)$ — гильбертово пространство квадратично интегрируемых (комплекснозначных) функций, определенных на T^3 и $L_2^s((T^3)^2)$ — гильбертово пространство квадратично интегрируемых симметричных (комплекснозначных) функций, определенных на $(T^3)^2$.

Рассмотрим модельный оператор H , действующий в гильбертовом пространстве $L_2^s((T^3)^2)$ по формуле $H = H_0 - V_1 - V_2$,

где операторы $H_0, V_\alpha, \alpha = 1, 2$ определяются по правилам:

$$(H_0 f)(p, q) = \omega(p, q) f(p, q),$$

$$(V_1 f)(p, q) = \varphi(p) \int \varphi(t) f(t, q) dt, \quad (V_2 f)(p, q) = \varphi(q) \int \varphi(t) f(p, t) dt.$$

Здесь $\varphi(\cdot)$ вещественно-непрерывная функция на T^3 и функция $\omega(\cdot, \cdot)$ имеет вид

$$\omega(p, q) = \varepsilon(p) + \varepsilon(q),$$

где функция $\varepsilon(\cdot)$ определен по формуле

$$\varepsilon(p) = \sum_{s=1}^3 (1 - \cos p^{(s)}), p = (p^{(1)}, p^{(2)}, p^{(3)}) \in T^3,$$

$n > 1$ – натуральное число. Здесь и в дальнейшем интеграл без указания пределов всюду означает интегрирование по всей области изменения переменных интегрирования.

Можно легко проверить, что в этих предположениях модельный оператор H является ограниченным и самосопряженным в гильбертовом пространстве $L_2((T^3)^2)$.

2. Существенный спектр оператора H . В этом пункте исследуем местоположение и структуру существенного спектра оператора H , т.е. сформулируем теоремы о существенном спектре оператора H из работ [5], [6]. Они играют важную роль при нахождении условия конечности числа собственных значений оператора H .

Сначала приведем несколько основных обозначений, которые будут применяться на протяжении всей работы. При каждом фиксированном $p \in T^3$ определим регулярную в $C \setminus [\varepsilon(p), 6 + \varepsilon(p)]$ функцию

$$\Delta(p; z) = 1 - \int \frac{\varphi^2(t) dt}{\omega(p, t) - z}.$$

Обозначим через σ множество тех точек $z \in C$, для которых имеет место равенство $\Delta(p; z) = 0$ хотя бы для одной $p \in T^3$

Следующая теорема [5], [6] описывает местоположение существенного спектра оператора H .

Теорема 1. Для существенного спектра $\sigma_{ess}(H)$ оператора H справедливо равенство

$$\sigma_{ess}(H) = \sigma \cup [0, 12].$$

Определение. Множества σ и $[0, 12]$ называются, соответственно, «двухчастичной» и «трехчастичной» ветвями существенного спектра оператора H .

Пусть

$$n_1 = \begin{cases} n, & \text{если } n \text{ четное} \\ n-1, & \text{если } n \text{ нечетное} \end{cases} \text{ и } n_2 = \begin{cases} n-1, & \text{если } n \text{ четное,} \\ n, & \text{если } n \text{ нечетное.} \end{cases}$$

Рассмотрим точки вида $p_j = (p_j^{(1)}, p_j^{(2)}, p_j^{(3)})$, $q_j = (q_j^{(1)}, q_j^{(2)}, q_j^{(3)}) \in T^3$, для которых

$$p_j^{(s)} \in \left\{ 0, \pm \frac{2}{n} \pi; \pm \frac{4}{n} \pi; \dots; \pm \frac{n_1}{n} \pi \right\}, p_j^{(s)} \in \left\{ \pm \frac{1}{n} \pi; \pm \frac{3}{n} \pi; \dots; \pm \frac{n_2}{n} \pi \right\}, s = 1, 2, 3,$$

причем $p_i \neq p_j$, $q_i \neq q_j$ при $i \neq j$.

Положим $N_\alpha = (n_\alpha + 1)^3$, $\alpha = 1, 2$. Можно легко проверить, что число точек p_j и q_j равно N_1 и N_2 соответственно, более того функция $\omega(\cdot; \cdot)$ имеет невырожденный минимум в точках $(p_i, p_j) \in (T^3)^2$, $i, j = \overline{1, N_1}$ и невырожденный максимум в точках $(q_i, q_j) \in (T^3)^2$, $i, j = \overline{1, N_2}$. Тогда из непрерывности функции $\varphi(\cdot)$ на T^3 вытекает, что

$$\int \frac{\varphi^2(t) dt}{\omega(p, t)} > 0, p \in T^3$$

является конечным интегралом.

Из теоремы о предельном переходе под знаком интеграла Лебега, а также равенств $\Delta(p_1; 0) = \Delta(p_i; 0)$, $i = \overline{2, N_1}$ и $\Delta(q_1; 0) = \Delta(q_j; 0)$, $j = \overline{2, N_2}$ следует, что

$$\Delta(p_1;0) = \lim_{p \rightarrow p_1} \Delta(p;0), \Delta(q_1;0) = \lim_{p \rightarrow p_j} \Delta(p;0), i = \overline{1, N_1}, j = \overline{1, N_2}$$

и, следовательно, функция $\Delta(\cdot;0)$ непрерывна на T^3 .

Из определения функции $\Delta(\cdot;0)$ вытекает, что

$$\min_{p \in T^3} \Delta(p;0) = \Delta(p_1;0) \quad \max_{p \in T^3} \Delta(p;0) = \Delta(q_1;0)$$

Пусть E_{\min} и E_{\max} соответственно, нижняя и верхняя грани множества σ . Структура существенного спектра оператора H описывается [5], [6] со следующей теоремой.

Теорема 2. *Имеют место следующие:*

а) если $\Delta(p_1;0) \geq 0$, то $\sigma_{\text{ess}}(H) = [0, 12]$;

б) если $\Delta(p_1;0) < 0$ и $\Delta(q_1;0) \geq 0$, то $\sigma_{\text{ess}}(H) = [E_{\min}, 12]$, причём $E_{\min} < 0$;

в) если $\Delta(q_1;0) < 0$ то $\sigma_{\text{ess}}(H) = [E_{\min}, E_{\max}] \cup [0, 12]$, причём $E_{\max} > 0$

3. Вспомогательное утверждение. В этом пункте изучаются некоторые свойства функции $\varepsilon(\cdot)$ и $\Delta(\cdot;0)$.

В дальнейшем через δ, C_1, C_2 и C_3 обозначаются различные положительные постоянные, значения которые не конкретизированы.

Пусть

$$|p| = \sqrt{(p^{(1)})^2 + (p^{(2)})^2 + (p^{(3)})^2}, \quad p = (p^{(1)}, p^{(2)}, p^{(3)}) \in T^3,$$

$$U_\delta(p_0) = \{p \in T^3 : |p - p_0| < \delta\}, \quad \delta > 0, \quad p_0 \in T^3.$$

Лемма 1. Существуют положительные числа δ, C_1, C_2, C_3 такие, что выполняются неравенства:

а) $C_1|p - p_i|^2 \leq \varepsilon(p) \leq C_2|p - p_i|^2, p \in U_\delta(p_i), i = \overline{1, N_1}$;

б) $\varepsilon(p) - z \geq \varepsilon(p) > C_3, p \notin \bigcup_{i=1}^{N_1} (U_\delta(p_i)), z \leq 0$.

Доказательство. Из свойства функции $\varepsilon(\cdot)$ вытекает, что имеет место разложение

$$\varepsilon(p) = |p - p_i|^2 + O(|p - p_i|^4), \quad |p - p_i| \rightarrow 0, i = \overline{1, N_1}.$$

Отсюда следует, что существуют числа $C_1, C_2, C_3 > 0$ и некоторая $\delta > 0$ такие, что имеют места а) и б).

Лемма 2. Если $\Delta(p_1;0) > 0$, то при всех $p \in T^3$ и $z \in (-\infty; 0]$ выполняется неравенство:

$$\Delta(p; z) \geq \Delta(p_1; 0).$$

Доказательство. Так как при каждом $p \in T^3$ функция $\Delta(p; \cdot)$ монотонно убывает по $z \in (-\infty; 0]$, то

$$\Delta(p; z) \geq \Delta(p; 0) \geq \min_{p \in T^3} \Delta(p; 0) = \Delta(p_1; 0)$$

при всех $p \in T^3$ и $z \leq 0$. Лемма 2 доказана.

Лемма 3. Если $\Delta(q_1;0) < 0$, то существуют числа $\delta, C_1, C_2, C_3 > 0$ такие, что

а) $|\Delta(p; E_{\min})| \geq C_1|p - p_i|^2, p \in U_\delta(p_i), i = \overline{1, N_1}$.

б) $|\Delta(p; E_{\min})| \geq C_2|p - q_j|^2, p \in U_\delta(q_j), j = \overline{1, N_2}$.

$$в) |\Delta(p; E_{\min})| \geq C_3, p \notin \bigcup_{i=1}^{N_1} U_\delta(p_i);$$

$$г) |\Delta(p; E_{\min})| \geq C_3, p \notin \bigcup_{j=1}^{N_2} U_\delta(q_j);$$

$$д) |\Delta(p; 0)| \geq |\Delta(p_1; 0)|, p \in T^3.$$

Доказательство. Сначала покажем, что функция $\Delta(\cdot; E_{\min})$ имеет невырожденный минимум в точках $p = p_i, i = \overline{1, N_1}$, а функция $\Delta(\cdot; E_{\min})$ имеет невырожденный максимум в точках $p = q_j, j = \overline{1, N_2}$.

Видно, что при каждом фиксированном $z \in (-\infty; 0)$ функция $\Delta(\cdot; z)$ дважды непрерывно дифференцируема на T^3 и

$$\frac{\partial^2 \Delta(p; z)}{\partial p^{(l)} \partial p^{(l)}} = n^2 \cos np^{(l)} \int \frac{\varphi^2(t) dt}{(\varepsilon(p) + \varepsilon(t) - z)^2} - n^2 (\sin np^{(l)})^2 \int \frac{\varphi^2(t) dt}{(\varepsilon(p) + \varepsilon(t) - z)^2}, \quad l = 1, 2, 3;$$

$$\frac{\partial^2 \Delta(p; z)}{\partial p^{(s)} \partial p^{(l)}} = -2n^2 \sin np^{(s)} \sin np^{(l)} \int \frac{\varphi^2(t) dt}{(\varepsilon(p) + \varepsilon(t) - z)^2}, \quad s \neq l, \quad s, l = 1, 2, 3.$$

Тогда

$$\frac{\partial^2 \Delta(p_i; E_{\min})}{\partial p^{(l)} \partial p^{(l)}} > 0, \quad \frac{\partial^2 \Delta(p_i; E_{\min})}{\partial p^{(s)} \partial p^{(l)}} = 0, \quad s \neq l, \quad s, l = 1, 2, 3, \quad i = \overline{1, N_1};$$

$$\frac{\partial^2 \Delta(q_j; E_{\min})}{\partial p^{(l)} \partial p^{(l)}} < 0, \quad \frac{\partial^2 \Delta(q_j; E_{\min})}{\partial p^{(s)} \partial p^{(l)}} = 0, \quad s \neq l, \quad s, l = 1, 2, 3, \quad j = \overline{1, N_2}$$

Очевидно, что матрица, состоящая из частных производных второго порядка функции $\Delta(\cdot; E_{\min})$ положительно определена в точках $p = p_j, j = \overline{1, N_1}$. Следовательно, функция $\Delta(\cdot; E_{\min})$ имеет невырожденный минимум в этих точках. Поэтому из равенства $\Delta(p_1; E_{\min}) = 0$ следует, что существуют числа $\delta_1 > 0$ и $K_i > 0, i = \overline{1, N_1}$ такие, что

$$|\Delta(p; E_{\min})| \geq K_i |p - p_i|^2, \quad p \in U_{\delta_1}(p_i), \quad i = \overline{1, N_1},$$

$$U_{\delta_1}(p_i) \cap U_{\delta_1}(p_j) = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, N_1}.$$

Аналогично можно показать, что существуют числа $\delta_2 > 0$ и $M_j > 0, j = \overline{1, N_2}$

$$|\Delta(p; E_{\max})| \geq M_j |p - q_j|^2, \quad p \in U_{\delta_2}(q_j), \quad j = \overline{1, N_2},$$

$$U_{\delta_2}(q_i) \cap U_{\delta_2}(q_j) = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, N_2}.$$

Полагая

$$C_1 = \min_{1 \leq i \leq N_1} K_i, \quad C_2 = \min_{1 \leq j \leq N_2} M_j, \quad \delta = \min\{\delta_1, \delta_2\}$$

получим утверждения а) и б) леммы 3. Доказательство утверждений в) и г) вытекает из непрерывности положительных функций $|\Delta(\cdot; E_{\min})|$ и $|\Delta(\cdot; E_{\max})|$ на компактном множестве $T^3 \setminus \bigcup_{i=1}^{N_1} U_\delta(p_i)$ и $T^3 \setminus \bigcup_{j=1}^{N_2} U_\delta(q_j)$ соответственно. Утверждение д) следует из отрицательности непрерывной функции $\Delta(\cdot; 0)$ на компактном множестве T^3 .

Лемма 3 доказана.

Следующая лемма доказывается аналогично лемме 3.

Лемма 4. Если $\Delta(p_1; 0) < 0$ и $\Delta(q_1; 0) \geq 0$, то существуют числа $\delta, C_1, C_2 > 0$ такие, что

a) $|\Delta(p; E_{\min})| \geq C_1 |p - p_i|^2, p \in U_\delta(p_i), i = \overline{1, N_1};$

б) $|\Delta(p; E_{\min})| \geq C_2, p \notin \bigcup_{i=1}^{N_1} U_\delta(p_i).$

4. Уравнение Вайнберга. В этом пункте строится уравнение, представляющее собой «симметризованный» вариант известного уравнения Вайнберга, для собственных функций оператора H .

Пусть $\tau_{\text{ess}}(H)$ нижняя грань существенного спектра модельного оператора H . Отметим, что при всех $z < \tau_{\text{ess}}(H)$ (соот. $z \in (E_{\max}, 0)$, в случае $\Delta(q_1; 0) < 0$) и верна $\Delta(p; z) \geq 0$ (соот. $-\Delta(p; z) \geq 0$) и следовательно, существует его квадратный корень.

При каждом $z < \tau_{\text{ess}}(H)$ (соот. $z \in (E_{\max}, 0)$) рассмотрим интегральный оператор $W(z)$, действующий в пространстве $L_2^s((T^3)^2)$, с ядром

$$W(p, q, t, t'; z) = \frac{\varphi(p)\varphi(q)\varphi(t)\varphi(t')}{\sqrt{\Delta(t; z)}(\omega(p, q) - z)} \left[\frac{1}{\sqrt{\Delta(p; z)}(\omega(p, t) - z)} + \frac{1}{\sqrt{\Delta(q; z)}(\omega(q, t) - z)} \right]$$

(t, t' – переменные интегрирования), а при каждом $z \in (E_{\max}, 0)$ ядро оператора $W(z)$ определяется как в случае $z < \tau_{\text{ess}}(H)$, где роль функции $\Delta(\cdot; \cdot)$ играет $-\Delta(\cdot; \cdot)$.

Верна следующая лемма.

Лемма 5. Если $f \in L_2^s((T^3)^2)$ – собственная функция, соответствующая собственному значению $z < \tau_{\text{ess}}(H)$ (соот. $z \in (E_{\max}, 0)$) оператора H , то удовлетворяет уравнению $W(z)f = f$, обычно называемое уравнением Вайнберга.

Доказательство. Пусть $z < \tau_{\text{ess}}(H)$ (соот. $z \in (E_{\max}, 0)$) – собственное значение оператора H и $f \in L_2^s((T^3)^2)$ – соответствующая собственная функция. Тогда f удовлетворяет уравнению

$$(\omega(p, q) - z)f(p, q) - \varphi(q) \int \varphi(t)f(p, t)dt - \varphi(p) \int \varphi(t)f(t, q)dt = 0. \tag{1}$$

Так как $z \notin [0, 12]$, то из уравнения (1) для f имеем

$$f(p, q) = \frac{\varphi(q)g(p) + \varphi(p)g(q)}{\omega(p, q) - z}, \tag{2}$$

где

$$g(p) = \int \varphi(t)f(p, t)dt. \tag{3}$$

Подставляя выражения (2) для f в равенство (3) и учитывая $z < \tau_{\text{ess}}(H)$ (соот. $z \in (E_{\max}, 0)$) получим

$$g(p) = \frac{\varphi(p)}{\sqrt{\Delta(p; z)}} \int \frac{\varphi(t)g(t)}{\sqrt{\Delta(t; z)}(\omega(p, t) - z)} dt, \tag{4}$$

$$g(p) = \frac{\varphi(p)}{\sqrt{-\Delta(p; z)}} \int \frac{\varphi(t)g(t)}{\sqrt{-\Delta(t; z)}(\omega(p, t) - z)} dt. \tag{5}$$

Теперь в равенстве (2) вместо g подставляя её выражение (4) (соот. (5)), затем пользуясь выражением (3) получим уравнение Вайнберга $W(z)f = f$. Лемма 5 доказана.

Лемма 6. Если $\Delta(q_i; 0) < 0$, то оператор $W(z)$ принадлежит классу Гильберта-Шмидта при $z \leq E_{\min}$ и $E_{\max} \leq z \leq 0$, а также операторнозначная функция $W(\cdot)$ является непрерывным в равномерной операторной топологии в $(-\infty, E_{\min}] \cup [E_{\max}, 0]$.

Доказательство. Пусть $\Delta(q_i; 0) < 0$. Так как функция $\varphi(\cdot)$ непрерывна в T^3 , то для некоторого $C_1 > 0$ имеем $|\varphi(p)| \leq C_1, p \in T^3$. Из леммы 1 и утверждение д) леммы 3 следует, что абсолютная величина ядра $W(p, q, s, t; z)$ оператора $W(z)$ при $z \in \left[\frac{E_{\max}}{2}, 0\right]$ не превосходит

$$\begin{aligned}
 & C_1 \sum_{i,j=1}^{N_1} \left(1 + \frac{\chi_\delta(p-p_i)\chi_\delta(q-p_j)}{|p-p_i|^2 + |q-p_j|^2} + \right. \\
 & + \frac{\chi_\delta(p-p_i)\chi_\delta(t-p_j)}{|p-p_i|^2 + |t-p_j|^2} + \left. \frac{\chi_\delta(p-p_i)\chi_\delta(q-p_j)\chi_\delta(t-p_j)}{\left(|p-p_i|^2 + |q-p_j|^2\right)\left(|p-p_i|^2 + |t-p_j|^2\right)} + \right. \\
 & \left. + \frac{\chi_\delta(t-p_i)\chi_\delta(q-p_j)}{|t-p_i|^2 + |q-p_j|^2} + \frac{\chi_\delta(p-p_i)\chi_\delta(q-p_j)\chi_\delta(t-p_i)}{\left(|p-p_i|^2 + |q-p_j|^2\right)\left(|t-p_i|^2 + |q-p_j|^2\right)} \right), \tag{6}
 \end{aligned}$$

где $\chi_\delta(\cdot)$ характеристическая функция множества $U_\delta(0)$.

Ясно, что оценочная функция (6) квадратично интегрируема по совокупности переменных p, q, t, t' в $(T^3)^4$, что доказывает принадлежность оператора $W(z)$ классу Гильберта-Шмидта при $z \in [E_{\max}/2, 0]$.

Ядро оператора $W(z)$ непрерывна по $p, q, t, t' \in T^3$ при $z \in [E_{\max}/2, 0]$ и квадратично интегрируемо по совокупности переменных p, q, t, t' в $(T^3)^4$ при $z \in [E_{\max}/2, 0]$. Тогда по теореме Лебега операторнозначная функция $W(\cdot)$ непрерывна в равномерной операторной топологии в $[E_{\max}/2, 0]$.

Имеют места следующие оценки

$$\omega(p, q) - z \geq -E_{\min} > 0 \text{ при всех } p, q \in T^3, \quad z \leq E_{\min};$$

$$\omega(p, q) - z \geq -E_{\max}/2 > 0 \text{ при всех } p, q \in T^3, \quad z \in [E_{\max}, E_{\max}/2].$$

Тогда в силу леммы 1 и 3 получим, что абсолютная величина ядра $W(p, q, s, t; z)$ оператора $W(z)$ при $z \leq E_{\min}$ оценивается через

$$C_2 \left(1 + \sum_{i=1}^{N_1} \frac{\chi_\delta(t-p_i)}{|t-p_i|} \right) \left(1 + \sum_{i=1}^{N_1} \frac{\chi_\delta(p-p_i)}{|p-p_i|} + \sum_{i=1}^{N_1} \frac{\chi_\delta(q-p_i)}{|q-p_i|} \right),$$

а при $z \in [E_{\max}, E_{\max}/2]$ оценивается через

$$C_3 \left(1 + \sum_{j=1}^{N_2} \frac{\chi_\delta(t-q_j)}{|t-q_j|} \right) \left(1 + \sum_{j=1}^{N_2} \frac{\chi_\delta(p-q_j)}{|p-q_j|} + \sum_{j=1}^{N_2} \frac{\chi_\delta(q-q_j)}{|q-q_j|} \right).$$

Так как обе оценочные функции квадратично интегрируемы по совокупности переменных p, q, t, t' в $(T^3)^4$ оператор является оператором из класса Гильберта-Шмидта при $z \in (-\infty, E_{\min}] \cup [E_{\max}, E_{\max}/2]$.

Рассуждая аналогично, мы имеем непрерывность операторнозначной функций в равномерной операторной топологии в $z \in (-\infty, E_{\min}] \cup [E_{\max}, E_{\max}/2]$. Лемма 6 полностью доказана.

Следующая лемма доказывается аналогично лемме 6.

Лемма 7. Если $\Delta(p_1; 0) \neq 0$ и $\Delta(q_1; 0) \geq 0$, то при $z \leq \tau_{\text{ess}}(H)$ оператор $W(z)$ принадлежит классу Гильберта-Шмидта и операторнозначная функция $W(\cdot)$ является непрерывным в равномерной операторной топологии в $(-\infty, \tau_{\text{ess}}(H)]$.

5. Конечность дискретного спектра оператора H . В этом пункте, пользуясь утверждениями пунктов 3, 4 установим конечность число собственных значений, лежащих вне существенного спектра оператора H .

Основным результатом настоящей работы является следующая теорема.

Теорема 3. Если $\Delta(p_1; 0) \neq 0$ то дискретный спектр оператора H разве лишь конечна.

Доказательство. Сначала отметим, что из положительности оператора $V = V_1 + V_2$ вытекает, что оператор $H = H_0 - V$ не имеет собственных значений на $(12, +\infty)$.

Пусть $\Delta(p_1; 0) \neq 0$. Возможны следующие случаи: $\Delta(q_1; 0) \geq 0$; $\Delta(q_1; 0) < 0$.

Предположим $\Delta(q_1; 0) < 0$. Докажем конечность дискретного спектра оператора H расположенного в $(E_{\max}, 0)$. Допустим, что модельный оператор имеет бесконечное число собственных значений $z_k \in (E_{\max}, 0)$ и $z_k \rightarrow E_{\max}$ при $k \rightarrow \infty$. Обозначим через ψ_k , соответствующие ортонормированные собственные функции. Тогда по леммы 5 верно $\psi_k = W(z_k)\psi_k$. Согласно леммы 6 оператор $W(E_{\max})$ является компактным и имеет место $\|W(z) - W(E_{\max})\| \rightarrow 0$ при $z \rightarrow E_{\max} + 0$ и, следовательно,

$$1 = \|\psi_k\| = \|W(z_k)\psi_k\| \leq \|W(z_k) - W(E_{\max})\|\|\psi_k\| + \|W(E_{\max})\psi_k\| \rightarrow 0$$

при $k \rightarrow \infty$. Это противоречие означает, что точка $z = E_{\max}$ не может быть предельной точкой множества собственных значений модельного оператора H лежащих в $(E_{\max}, 0)$. Рассуждая аналогично показывается, что точки $z = 0$ и $z = E_{\min}$ не может быть предельной точкой множества собственных значений этого оператора, лежащих в $(E_{\max}, 0)$ и $(-\infty, E_{\min})$ соответственно.

Если $\Delta(q_1; 0) \geq 0$, то пользуясь леммами 1, 2, 4, 5 и 7 совершенно аналогично доказывается конечность числа собственных значений оператора H , лежащих в $(-\infty, \tau_{\text{ess}}(H))$. Теорема 3 полностью доказана.

Литература:

1. Г. М. Жислин, «О конечности дискретного спектра операторов энергии квантовых систем многих частиц», ДАН СССР, 207:1 (1972), 25–28.
2. Д. Р. Яфаев, «О конечности дискретного спектра трёхчастичного оператора Шредингера», ТМФ, 25:2 (1975), 185–195.

3. Ж. И. Абдуллаев, С.Н. Лакаев, «Конечность дискретного спектра трехчастичного оператора Шредингера на решетке», ТМФ, 111:1 (1997), 94–108.
4. С. Н. Лакаев, М.Э. Муминов, «Существенный и дискретный спектр трехчастичного оператора Шредингера на решетке», ТМФ, 135:3 (2003), 478–503.
5. S. Albeverio, S.N. Lakaev, R. Kh. Djumanova, «The essential and discrete spectrum of a model operator associated to a system of three identical quantum particles», Rep. Math. Phys., 63:3 (2009), 359–380.
6. S. Albeverio, S.N. Lakaev, Z.I. Muminov, «On the number of eigenvalues of a model operator associated to a system of three-particles on a lattices», Russ. J. Math. Phys., 14:4 (2007), 377–387.
7. Т. Х. Расулов, «Асимптотика дискретного спектра одного модельного оператора, ассоциированного с системой трех частиц на решетке», ТМФ, 163:1 (2010), 34–44.

Оценивание рабочей ёмкости и эквивалентной диэлектрической проницаемости изоляции витой пары кабеля связи

Смородинов Дмитрий Александрович, аспирант
Самарский государственный технический университет

Первичные и вторичные параметры передачи и параметры взаимных влияний кабелей связи определяются геометрическими и электрическими параметрами направляющей среды. Не имеющими общего решения являются задачи оценивания рабочей ёмкости кабеля и эквивалентной диэлектрической проницаемости среды между двумя проводниками. Решение данной задачи является актуальным при алгоритмизации автоматического управления параметрами экструдируемой пористой изоляции с введением межконтурной связи, обеспечивающей компенсацию влияния динамической ошибки регулирования одного из параметров (диаметра или диэлектрической проницаемости изоляции) на обобщенный параметр качества кабеля (рабочую ёмкость или волновое сопротивление) путем формирования возмущенного процесса в контуре автоматической стабилизации второго параметра (диэлектрической проницаемости или диаметра изоляции) [1].

Рассматривается задача определения электрических параметров витой пары, которая составляет основу радиочастотных кабелей для передачи данных (LAN-кабель). На рис. 1 показано сечение неэкранированной витой пары, содержащей две жилы, диаметры изоляций которых различны.

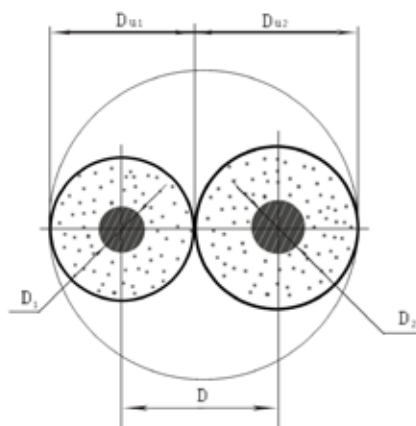


Рис. 1. Сечение LAN-кабеля

Традиционно эквивалентная диэлектрическая проницаемость направляющей среды оценивается как средневзвешенное значение изоляции обеих жил, с учетом соотношения площадей их сечения. Данная оценка характеризуется невысокой точностью, что недопустимо при проектировании и изготовлении кабелей с высокой пропускной способностью. Для оценки рабочей ёмкости традиционно останавливаются на формуле, выведенной В.Н. Кулешовым [2], которая также характеризуется невысокой точностью. Рассматривается решение данной задачи с помощью конформных преобразований.

Для получения исходных соотношений, определяющих процессы в цепях, используют первичные параметры цепи. Параметры R и L , отображают в эквивалентной схеме (рис. 2) продольное сопротивление цепи $Z=R+j\omega L$, а параметры

C и G – поперечную суммарную проводимость цепи $Y=G+j\omega C$, где R – погонное сопротивление линии, L – погонная индуктивность, C – погонная емкость линии, G – погонный коэффициент утечки.

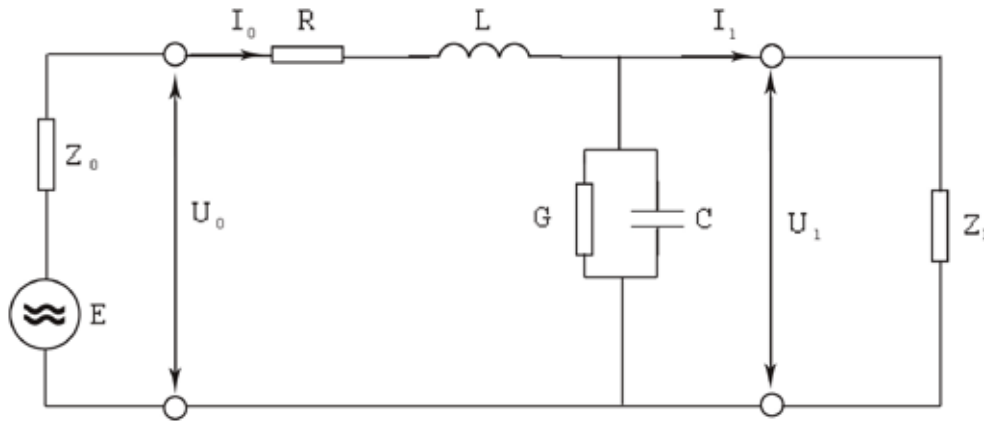


Рис. 2. Эквивалентная схема линии связи

Если значение первичных параметров цепи остаются неизменными по всей длине, то такую цепь называют регулярной (однородной) [3]. При этом активные потери электромагнитной энергии при её распространение вдоль цепи обусловлены первичными параметрами R и G : первый характеризует тепловые потери в проводниках и других металлических частях направляющей системы (экран, оболочка, броня), второй – потери в изоляции.

Рассмотрим однородную цепь с первичными параметрами R, L, C, G (рис. 2). Система дифференциальных уравнений, определяющая напряжение и ток в любой точке цепи как функции координаты x , имеет вид [4]:

$$\begin{cases} -\frac{dU}{dx} = I(R - j\omega L) \\ -\frac{dI}{dx} = U(G - j\omega C) \end{cases} \tag{1}$$

Данная система справедлива по отношению к любой однородной цепи независимо от её конструкции. Изменение конструкции приводит только к изменению значений первичных и вторичных параметров, в том числе волнового сопротивления:

$$Z = \sqrt{\frac{\omega L + jR}{\omega C + jG}} \tag{2}$$

Будем рассматривать LAN-кабель как линию без потерь. Это значит, что считаем утечку равной нулю ($G=0$), т.е. полагаем, что пространство между проводниками является непроводящим. Кроме того, пренебрегаем потерями в проводах, считая их идеально проводящими ($R=0$). Так как для идеальных проводников внутренняя индуктивность равна нулю, то в этом случае полная погонная индуктивность линии L сводится к её внешней индуктивности L_e . При этих упрощениях формула (2) принимает вид:

$$Z = \sqrt{\frac{L_e}{C}} \tag{3}$$

Для определения рабочей ёмкости воспользуемся конформным преобразованием, используя дробно-линейную функцию, которая имеет вид [5]:

$$\omega = \frac{az + b}{cz + d} \tag{4}$$

где a, b, c, d – постоянные, причем $ad-bc \neq 0$. Решая соотношение (4) относительно z , получаем также дробно-линейное преобразование:

$$z = \frac{-d\omega + b}{c\omega - a} \tag{5}$$

Дробно-линейное преобразование обладает тем свойством, что любая окружность в плоскости z переходит в окружность на плоскости ω и обратно, при этом прямая может рассматриваться как окружность с бесконечно большим радиусом.

Дробно-линейное преобразование обладает также важным свойством сохранения симметричных точек: оно преобразует любую пару точек z_1 и z_2 , симметричных относительно произвольной окружности C_2 в плоскости z , в пару точек ω_1 и ω_2 , симметричных относительно C_ω – образа окружности C_2 на плоскости ω [5].

Используем свойство дробно-линейного преобразования сохранять окружности, и отобразим область между жилами LAN-кабеля (рис. 3) на концентрическое кольцо, которое представляет собой простейшую двухсвязную область.

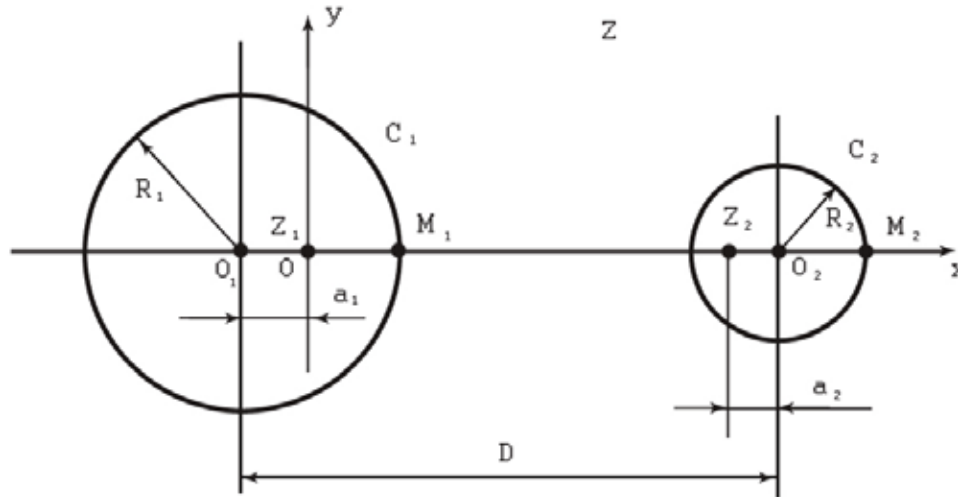


Рис. 3. Взаимоположение жил LAN-кабеля в плоскости Z

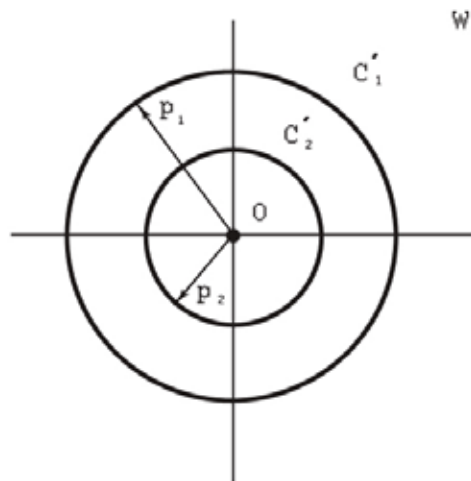


Рис. 4. Взаимоположение жил LAN-кабеля в плоскости W

Если разыскать положение точек z_1 и z_2 , одновременно симметричных относительно обеих данных окружностей C_1 и C_2 , которые совпадают с поверхностями электродов, то при отображении

$$\omega = \frac{z - z_1}{z - z_2} \tag{6}$$

окружностей C_1 и C_2 перейдут в окружности C'_1 и C'_2 , для которых точки $\omega_1 = 0$ и $\omega_2 = \infty$ также будут симметричными. Отсюда следует, что окружности C'_1 и C'_2 – концентрические, и их центр совпадает с началом координат в плоскости ω , что дает возможность определить рабочую ёмкость, возникающую между жилами LAN-кабеля, по известной формуле для сферического конденсатора (рис. 4).

Найдем теперь симметричные точки относительно окружностей C_1 и C_2 . Из рис. 3 имеем:

$$\begin{cases} a_1(D - a_2) = R_1^2 \\ a_2(D - a_1) = R_2^2 \end{cases} \tag{7}$$

Решая эту систему относительно a_1 и a_2 , получим:

$$\begin{cases} a_1 = h_1 \pm \sqrt{h_1^2 - R_1^2} \\ a_2 = h_2 \pm \sqrt{h_2^2 - R_2^2} \end{cases} \tag{8}$$

где введены обозначения

$$h_1 = \frac{1}{2D}(D^2 + R_1^2 - R_2^2)$$

$$h_2 = \frac{1}{2D}(D^2 + R_2^2 - R_1^2)$$

В выражениях (8) перед корнями, очевидно, необходимо взять знак минус, т.к. $a_1 < R_1$ и $a_2 < R_2$.

Поместив начало координат в симметричной точке Z_1 , расположенной внутри окружности C_1 , получим:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0, \\ Z_2 &= \sqrt{h_1^2 - R_1^2} + \sqrt{h_2^2 - R_2^2} = 2\sqrt{h_1^2 - R_1^2}, \end{aligned}$$

т. к. легко убедиться, что

$$\sqrt{h_1^2 - R_1^2} = \sqrt{h_2^2 - R_2^2},$$

следовательно, функция ω примет вид:

$$\omega = \frac{z}{z - 2\sqrt{h_1^2 - R_1^2}} \tag{9}$$

Вычислим радиусы ρ_1 и ρ_2 (рис. 4). Радиус внутренней окружности C_1' определим, например, по положению точки M_1' , соответствующей точке M_1 , ($Z=R_1 - a_1$) окружности C_1 . Получаем

$$\rho_1 = \frac{R_1 - h_1 + \sqrt{h_1^2 - R_1^2}}{R_1 - h_1 - \sqrt{h_1^2 - R_1^2}} = \frac{\left(\sqrt{h_1^2 - R_1^2} + R_1 - h_1\right)^2}{2R_1(h_1 - R_1)} \tag{10}$$

Аналогично определим радиус окружности C_2' по точке M_2 ($Z=D+R_2 - a_1$) окружности C_2 :

$$\rho_2 = \frac{\left(\sqrt{h_2^2 - R_2^2} + R_2 + h_2\right)^2}{2R_2(h_2 + R_2)} \tag{11}$$

Принимая во внимание свойство сохранения неизменной величины ёмкости при конформных преобразованиях, найдем последнюю в плоскости ω для параллельно расположенных жил кабеля [5]:

$$\begin{aligned} C &= \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon}{\ln \frac{\rho_2}{\rho_1}} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_{\text{экв}}}{\ln \frac{\left(\sqrt{h_2^2 - R_2^2} + R_2 + h_2\right)^2 R_1(h_1 - R_1)}{R_2(h_2 + R_2)\left(\sqrt{h_1^2 - R_1^2} + R_1 - h_1\right)^2}} = \\ &= \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon}{\ln \left(\left(\sqrt{\left(\frac{h_1}{R_1}\right)^2 - 1} + \left(\frac{h_1}{R_1}\right) \right) \cdot \left(\sqrt{\left(\frac{h_2}{R_2}\right)^2 - 1} + \left(\frac{h_2}{R_2}\right) \right) \right)} \end{aligned} \tag{12}$$

Считая что:

$$R_1 = R_2 = R, \tag{13}$$

выражение (12) примет вид:

$$C = \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_{\text{экв}}}{\ln\left(\sqrt{\frac{D^2}{4R^2} - 1} + \frac{D}{2R}\right)}. \tag{14}$$

Чтобы определить эквивалентную диэлектрическую проницаемость $\epsilon_{\text{экв}}$ снова воспользуемся конформным отображением, но теперь отобразим плоскость z (рис. 5) на плоскость t (рис. 6),

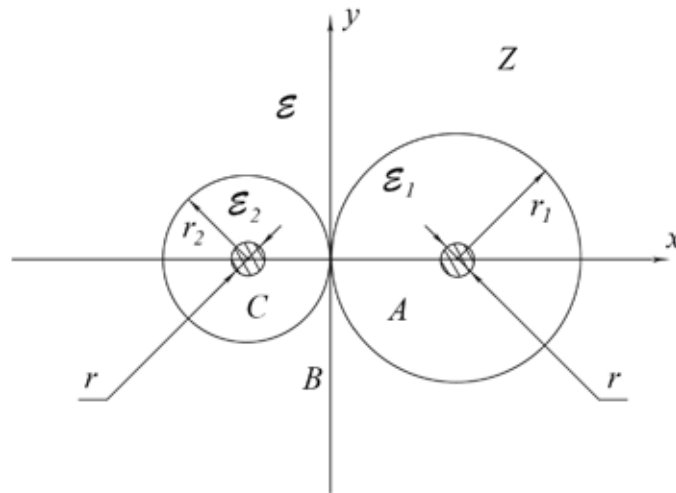


Рис. 5. Взаимоположение жил LAN-кабеля с изоляцией в плоскости Z

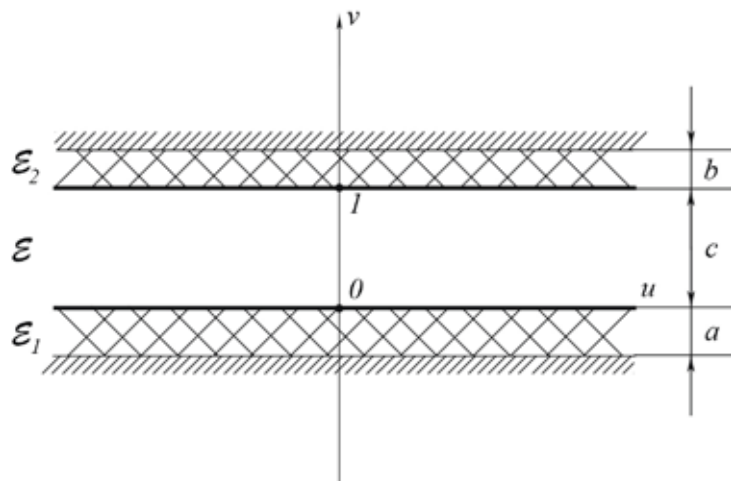


Рис. 6. Результат отображения плоскости z на плоскость t

где

$$z = f(t) = x(u, v) + jy(u, v), \tag{15}$$

а

$$t = u + jv. \tag{16}$$

Для данного отображения необходимо чтобы выполнялось следующее условие [5]:

$$z = \frac{2r_1 r_2}{j(r_1 + r_2)t + r_2}. \tag{17}$$

Определим u и v , учитывая выражения (15), (16) и (17):

$$t = \frac{2r_1r_2 - r_2(x + jy)}{j(r_1 + r_2)(x + jy)} = -\frac{2r_1r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{y}{x^2 + y^2} + j \left(\frac{r_2}{r_1 + r_2} - \frac{2r_1r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{x}{x^2 + y^2} \right). \tag{18}$$

Отобразив плоскость z на плоскость t , мы получили плоский конденсатор с бесконечными пластинами. В данном случае представляется возможным определение его диэлектрической проницаемости. Она и будет являться неизвестной эквивалентной диэлектрической проницаемостью среды между двумя проводниками.

Для решения данной задачи полученный конденсатор можно разделить на три последовательно соединенных конденсатора с однородными диэлектриками между их пластин с соответствующими диэлектрическими проницаемостями: $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon$ (рис. 7).

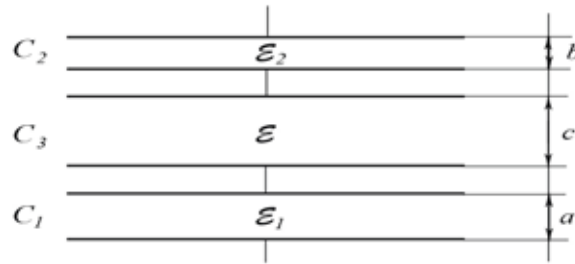


Рис. 7. Эквивалентная схема соединения трех конденсаторов с однородными диэлектриками между их пластин

Общая ёмкость схемы C , расположенной на рис. 7 определяется из выражения:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \tag{19}$$

Подставив параметры конденсаторов в выражение (19), получим:

$$\frac{1}{C} = \frac{a}{\epsilon_0 \epsilon_1 S} + \frac{b}{\epsilon_0 \epsilon_2 S} + \frac{c}{\epsilon_0 \epsilon S}. \tag{20}$$

Из выражения (20) следует, что:

$$C = \epsilon_0 S \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon}{a \epsilon_2 \epsilon + b \epsilon_1 \epsilon + c \epsilon_1 \epsilon_2}, \tag{21}$$

где a, b, c – соответствующие расстояния между пластинами конденсаторов C_1, C_2, C_3 (рис 7), S – площадь их пластин.

Ёмкость конденсатора высчитывается по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l}, \tag{22}$$

где l – расстояние между пластинами:

$$l = a + b + c. \tag{23}$$

Из выражения (21) введем переменную m :

$$m = \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon}{a \epsilon_2 \epsilon + b \epsilon_1 \epsilon + c \epsilon_1 \epsilon_2}. \tag{24}$$

Учитывая выражения (21)–(24) получим:

$$\epsilon_{э\text{кв}} = m(a + b + c). \tag{25}$$

Остается лишь найти расстояния a, b, c , определив координаты точек на плоскости t (рис. 6), имеющие на плоскости z (рис. 5) координаты:

$$(2r_1; 0), (r_1 + r; 0), (-2r_2; 0), (-r_2 - r; 0).$$

Используя выражение (18), получим координаты этих точек на плоскости t соответственно:

$$(0;0), \left(0; \frac{r_2(r-r_1)}{(r_1+r_2)(r_1+r)}\right), (0;1), \left(0; \frac{r_2(r_2+r+2r_1)}{(r_1+r_2)(r_2+r)}\right).$$

Следовательно:

$$a = \frac{r_2(r_1-r)}{(r_1+r_2)(r_1+r)}, \tag{26}$$

$$b = \frac{r_1(r_2-r)}{(r_1+r_2)(r_2+r)}, \tag{27}$$

$$c = 1. \tag{28}$$

Подставив выражения (24), (26)–(27) в выражение (25), и учитывая, что:

$$r_1 = \frac{D_{u1}}{2}, r_2 = \frac{D_{u2}}{2}, r = \frac{d}{2},$$

где D_{u1}, D_{u2} – диаметры изоляций соответственно, d – диаметр проводящей жилы, получим:

$$\varepsilon_{экв} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon (D_{u2}(D_{u1}-d)(D_{u2}+d) + D_{u1}(D_{u2}-d)(D_{u1}+d) + (D_{u1}+D_{u2})(D_{u1}+d)(D_{u2}+d))}{\varepsilon_2 \varepsilon D_{u2}(D_{u1}-d)(D_{u2}+d) + \varepsilon_1 \varepsilon D_{u1}(D_{u2}-d)(D_{u1}+d) + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (D_{u1}+D_{u2})(D_{u1}+d)(D_{u2}+d)}. \tag{28}$$

В выражение (14) подставим (28), и учитывая, что:

$$D = \frac{D_{u1}+D_{u2}}{2}, R = \frac{d}{2},$$

получим:

$$C = \frac{\pi \varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon D_{u2} [(D_{u1}-d)(D_{u2}+d) + D_{u1}(D_{u2}-d)(D_{u1}+d) + (D_{u1}+D_{u2})(D_{u1}+d)(D_{u2}+d)]}{\ln \left(\sqrt{\frac{(D_{u1}+D_{u2})^2}{4d^2} - 1} + \frac{D_{u1}+D_{u2}}{2d} \right) [\varepsilon_2 \varepsilon D_{u2}(D_{u1}-d)(D_{u2}+d) + \varepsilon_1 \varepsilon D_{u1}(D_{u2}-d)(D_{u1}+d) + (D_{u1}+D_{u2})(D_{u1}+d)(D_{u2}+d)] + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (D_{u1}+D_{u2})(D_{u1}+d)(D_{u2}+d)}. \tag{29}$$

Выражение (29) справедливо и для экранированной витой пары LAN-кабеля, если ввести в него коэффициент экранирования и коэффициент скрутки.

Литература:

1. Чостковский Б.К. Структурный синтез оптимального управления обобщенными параметрами электрических кабелей связи // Вестник СамГТУ Сер. «Технические науки». Самара, 2007. № 1. С. 54–57
2. Власов В.Е. Кабели цифровых сетей электросвязи. Конструирование, технология, применение/ В.Е. Власов, Ю.А. Парфенов. – М.: Эко-Трендз, 2005.
3. Ионов А.Д. Линии связи: Учеб. пособие для вузов/ А.Д. Ионов, Б.В. Попов. – М.: Радио и связь, 1990.
4. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1998.
5. Миролюбов Н.Н. Методы расчета электростатических полей. – М.: Наука, 1963.

Использование электронных средств обучения при изучении курса «Алгебра»

Тангиров Хуррам Эргашевич, преподаватель;
Хайтова Назокат Файзуллаевна, магистрант
Джизакский государственный педагогический институт им А.Кадыри (Узбекистан)

В данной статье освещены вопросы использования электронных средства обучения на уроках алгебры в средней школе, определена их эффективность.

In this article of use of the electronic means of education in algebra lessons in secondary school, their efficiency is defined.

Информационно-коммуникационные и компьютерные технологии существенно влияют на формирование нового содержания образования, изменение организационных форм и методов обучения, поскольку имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными образовательными технологиями: а) новые возможности предъявления и работы с информацией (электронные библиотека, базы данных, поиск по тексту, гипертекст, мультимедиа, моделирование изучаемых процессов и явлений и т.д.); б) возможность виртуального сотрудничества и сотрудничества (участие в совместных проектах, обсуждениях, дистанционных проектов и т.д.).

В 2004–2009 годах Государственная программа развития школьного образования Республики Узбекистан ставит на повестку дня наряду с укреплением материально – технической базы школ создание электронных учебников, основанных на современных информационных технологиях, и его применение в процессе обучения. Электронные средства обучения (в том числе, электронное учебно-методическое комплекс) даёт возможность повысить качество учебного процесса, облегчить труд учителя, повысить уровень знаний учеников, пользоваться компьютерной техникой в процессе обучения. Учитывая всё это, начали создавать электронные учебники по физике, математике, информатике, основам экономических знаний, географии, родному языку и литературе, узбекскому языку (для русских групп) для общеобразовательных школ. В этом процессе должны принимать участие учитель, психолог, специалист по контролю результатов – анализатор (тестолог), дизайнер, веб-мастер, программист.

При решении таких проблем создание электронных средств обучения в определенной мере является направляющим к цели путём. В том числе, этот электронное учебно-методическое комплекс создан по основе учебника алгебры для 8-класса общеобразовательной школы. В нашей статье мы приводим последовательность обучения тем главы «Линейная функция и её график» с использованием созданного электронного учебно-методического комплекса. Чтобы начать пользоваться электронным учебно-методическим комплексом, сначала нужно открыть файл **algebra8.exe** специально встроеной в папку компьютера. На экране появится следующее:



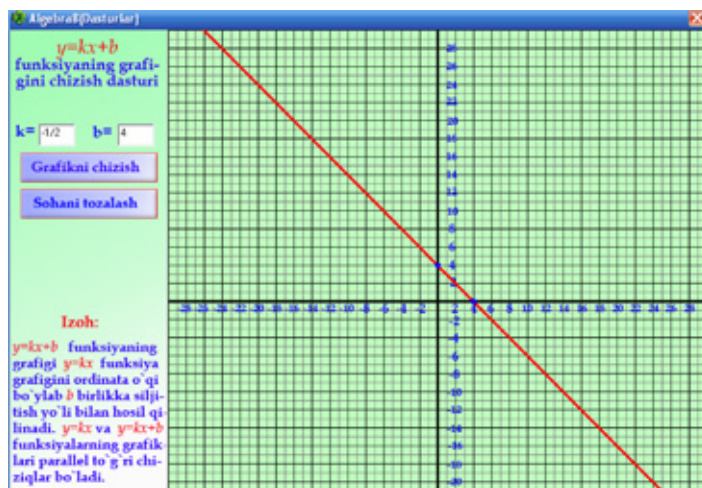
При этом главная страница электронного учебно-методического комплекса имеет раздел **горизонтального меню** («Программы», «Госстандарт», «Автора», «Помощь», «Литература», «Выход») и раздел **вертикального меню**, которая считается основным содержанием (список глав и темы этих глав, которые относятся именно к этим главам).

В строке **горизонтальное меню** главней страницы при выборе раздела **«Программы»** появляется список специальных программ.

Если в нём мы выберем один из следующих программ: «Программа решения первого уравнения с одной неизвестной», «Программа изображения точки в плоскости координат», «Программа рисования графика функции $y=kx$ », «Программа рисования графика функции $y=kx+b$ », «Программа решения аналитическим способом систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными», «Программа решения графическим способом систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными», «Программа калькулятор», «Программа описания количественных соединений», «Программа единицы измерений», то приступает к работе специальная программа, которая выполняет рисование графиков или подсчётов по выбранной теме.

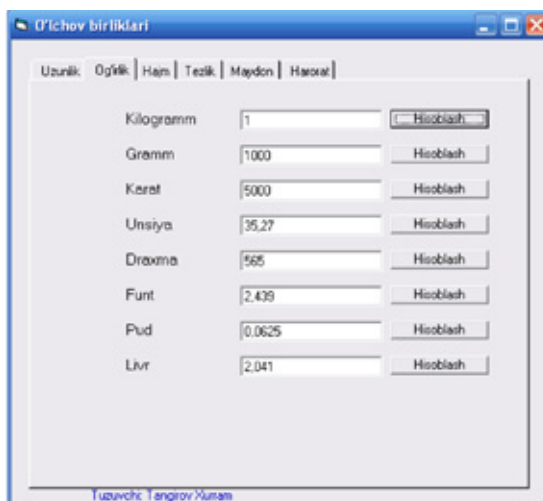
Например, если выбрать «Программа рисования графика функции $y=kx+b$ »: числу на k и b мы вводим сами, тогда программа сама по введённым нами числам показывает, насколько единиц вверх или вниз, влево или вправо движется прямая линия.

Например, вводим числу $k = -1/2$ и $b = 4$, нажимаем кнопку «нарисовать график» и появится следующий график.



А также, программы решения уравнений с одной или двумя неизвестными аналитическим или графическим способом помогают повышению у учеников способности творчески мыслить. Или подходят в выполнении подсчётов программа единиц измерения, программа калькулятор.

Особенно, «Программа единицы измерений» выражает единицы измерения друг с другом длины, массы, объёма, скорости, площадь, температуры. Например, выражает (сравнивает) единицы измерения массы друг с другом, то есть если берётся 1 килограмм, то после нажатия кнопки «Подсчитать» можно узнать, из скольких граммов, каратов, унций, драм, фунтов, пудов, ливров он состоит.



В меню «Госстандарты» приводятся государственные образовательные стандарты программы по математике в общеобразовательных школах. Также даётся содержание обучения, распределение учебного материала по классам и главам, время проведения контрольных работ, календарный план проведения тем.

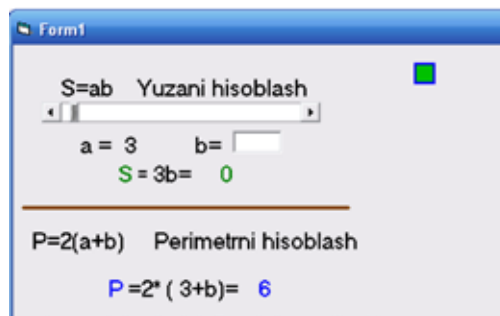
Если выбрать из горизонтального меню раздел «Авторы», можно получить сведения об авторах электронного учебно-методического комплекса. При выборе раздела «Помощь» появляется инструкция пользования электронным учебно-методическим комплексом. В разделе «Литература» строки горизонтального меню приводится список использованной в создании электронного учебно-методического комплекса литературы, а кнопка «Выход» помогает выйти из программы.

В следующей строке, внизу – слева **вертикальное меню** – названия глав приводятся в виде оглавления. После выбора нужной главы, появляется рядом, справа список тем по этой главе. Например, в рисунке выбрана глава, «**Линейная функция и её график**», рядом появляется 4 темы и список заданий, тестов по этой главе.

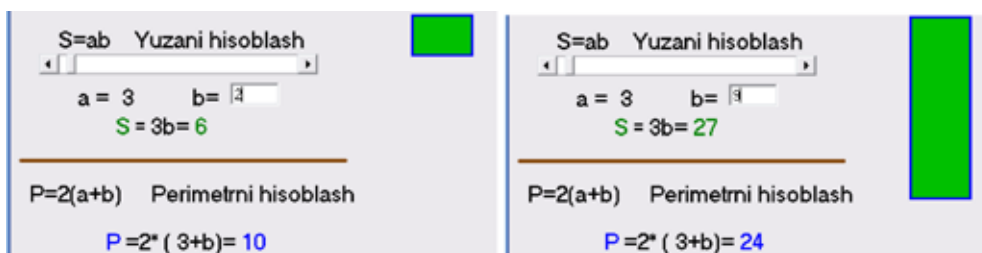


Если выбираем тему «**Понятие функция**», сначала появляется полный текст этой темы, также после нажатия кнопки «**тема**» появляются материалы темы. В них есть различные анимации, есть возможности объяснить, увидеть изображения, переход в другие программы, пользоваться аудиозаписями.

Перед тем, как дать понятие «функция», рассмотрим задачу. Она решается, и через эти понятия даётся определение понятию «функция». Через решение задач, то есть уделяя внимание на изменение одной суммы во взаимосвязи с другой, вводится понятие «изменяемое количество». Особенно это отчётливо видно при решении второй задачи и, показывая взаимосвязь между изменяемыми количествами, даётся определение понятию «функция». Чтобы было понятнее ученикам, можно показать через программу количественные взаимосвязи. Для этого на программе, взято четырёхугольник и определить его поверхность ($S=ab$) и периметр ($P=2(a+b)$). Если определить сумму a , меняется сумма b , или наоборот. На экране на основе полученных сумм автоматически меняется суммы S и P . Также согласно суммам на экране, меняется рисунок четырёхугольника по длине и ширине, и показывается область поверхности.



Например, взято $a=3$ и получено $S=3b$. Проследим, как меняется сумма S , если изменить сумму b . То есть, если $b=2$ и $b=9$, тогда появляется сумма $S=3b=6$ и $S=3b=27$ и подходящее ей изображение.



В этом, также определяется периметр четырёхугольника и появляется сумма $P=2(3+b)=10$ и $P=2(3+b)=24$.

Также, представлены знание, вычитывание и изображения о длине окружности и площади круга, это обеспечивает представление у учеников о количественном соединении и об изменяемых количествах. В изображение даётся изменение сумма R с изменением мер длины и площади круга.



На основе определения функции ученики сознают из чего состоит понятие функции. Здесь же дана история понятия функции, что дает возможности получить дополнительную информацию. Для этого надо нажать с помощью мышки знак «история понятие функции», которая дана в цветных скобках и на экране появляется информация об истории понятии функции. Чтобы ученик понял о функции еще раз объясняется с помощью двигающихся изображений. Для этого как и прежде зачитывается использование нажатием значке «изображения» с помощью мышки. Тогда на экране появляется двигательные изображения связанные с понятием функции. Это дает возможность представленное о понятие функции, через знак «выйти» возвращается на тему.

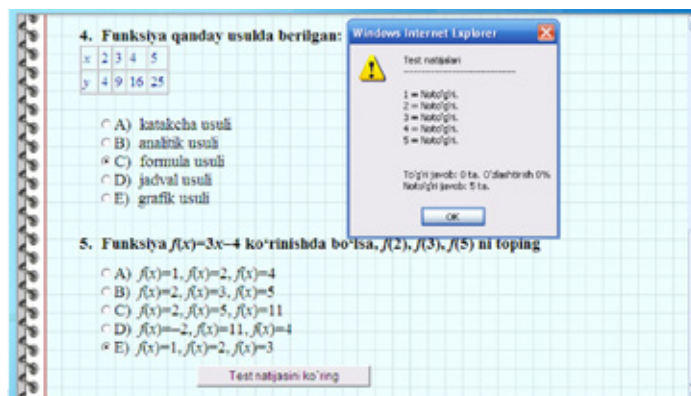
После этого ученикам рассказывают о способах функции и знакомит их аналитическими, табличными, графическими способами примеров. В этом используя электронный учебно-методический комплекс, можно увидит несколько примеров с разными способами через знак «**примеры способов функции**». Это значит что примеры функции дан с помощью формул, таблиц, график и это приводит к быстрому овладение понятий и представлений о ней. Это считается различительным свойством электронных учебных комплексов от учебников.

Для каждого ученика важно чтоб он понял и завладел тему и зрительно и слухом. Так, как электронный учебный комплекс оснащен отдельно голосовым окном темы «Понятие функции» с вспомогательными понятиями (например, в нижнем рисунке показано если нажать на слова «функция» представляется голосовой описания этой слове). Это дает возможность овладеть информацией и зрительно, и вслух.



После полного изучения темы «Понятии функции» во внутреннем меню дано рубрика «**упражнения**». В нем есть упражнения для закрепления темы и учитель смотря на способности учеников может дать отдельно, индивидуально задавать упражнения. Таким способом, можно сказать в рубрике «упражнения» дает задания ученикам. Под сборнике упражнения в конце экране с нажатием «**ответы**», выйдет ответы, а также указания по решению этих задач.

После завершения изучения темы, а также решения упражнений для оценивание их знаний в конце занятия можно зайти в страницу «**тесты**». Для этого как и вначале с помощью мышки выбирается «тесты», и появляется следующее окно. В тесте дано 5 вопросов по теме. Можно изменят тесты, то есть их число и на другие вопросы. После решения теста нажать «**смотреть результаты теста**» и выходит результаты теста.



В нем указывается процентное усвоение и число правильных и неправильных ответов. Учитель в конце урока оценивает учащихся по результатам тестов, а также по выполненным упражнениям. На основе вышеуказанной последовательности, можно с помощью электронного учебного комплекса преподавать и другие темы данной главы. Это обеспечивает самостоятельное получение знаний учениками, а также позволяет ученикам пропустившим уроки уважительным причинам самостоятельно усвоить данную тему урока. При выборе в вертикальном меню данной главы (каждой главы) с боку появляется список тем в конце, которых находится раздел **«тесты и упражнения для главы»** и, пользуясь этим разделом, выполняются упражнения и решаются тесты. В разделе кроме **упражнений и тестов** также имеется **контрольная работа, исторические сведения, историческая загадка**. На основании выполненных упражнений а также тестов дается оценка тому на сколько хорошо ученик усвоил данную главу. И еще, если мы выберем, раздел **интересные задания**, то увидим что, в конце списка даны ответы на задания. Ученики, решая эти задания, приучаются к аналитическому мышлению и свободному выражению своей мысли. При выборе в меню, раздела **«Ученые математики»** у нас появляются сведения о наших великих ученых математиков. Выбрав ученого математика (в виде рисунка или сведения) мы получим доскональные сведения о данном ученом. Благодаря этому ученики получают знания о великих математиках.

Следовательно, если мы воспользуемся электронным учебно-методическим комплексом для проведения урока в восьмом классе по теме «Линейная функция и её график» то можем, увидит, что сюда включены многие сведения (а также дополнительные сведения) по школьной программе для алгебры. А это в свою очередь позволяет ученикам овладеть большим знанием по сравнению с учебником. А также учителя тоже могут найти для себя множество удобных возможностей (тесты, анимации, календарные планы, программы) в электронном учебно-методическом комплексе. Это считается методическим пособием не только для учеников, а и для учителей.

Обобщая вышесказанное, хотим, отметить, что пользование электронно-учебным комплексом развивает в учениках творческое мышление, повышает их интерес к алгебре, а также позволяет увеличению наглядности в ходе урока. А это служит для повышения качества и производительности образования в целом.

Литература:

1. Абдукадыров А.А., Тураев Б.З. Роль информационно-коммуникационных и компьютерных технологий в компетентности будущего инженера // Молодой ученый. — 2012. — № 6. — С. 363–366.
2. Алимов Ш.А., Холмухамедов А.Р., Мирзаахмедов М.А. Алгебра: Учебник для 8-класса общеобразовательных школ. — Т.: Укитувчи, НМИУ, — 2010. — 224 стр.
3. Тангиров Х.Э. Методические особенности использования электронных учебных комплексов на уроке математики в школе // Молодой ученый. — Чита: — 2012. — № 5. — С. 510–514.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Влияние минеральных солей на интенсивность разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий деэмульгаторами в сочетании с микроволновым излучением

Адизов Бобиржон Замирович, кандидат технических наук;
Очилов Абдурахим Абдурасулович, преподаватель;
Сатторов Мирвохид Олимович, преподаватель
Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

В процессе добычи нефти попутно извлекаются пластовая вода, механические примеси (песок, глина и т.п.) и минеральные соли в виде сложных эмульсий.

Содержание минеральных солей в нефтях месторождений Узбекистана высокое, что вынуждает производственников применять многостадийные процессы их обезвоживания и обессоливания (в промысле, УПН и на нефтеперерабатывающем заводе).

Так, например, в Джаркурганской нефти содержание минеральных солей в среднем составляет 700–800 мг/л, что приводит к интенсивной коррозии трубопроводов и арматуры. Кроме того, высокодисперсные и растворенные минеральные соли повышают устойчивость водонефтяных эмульсий Джаркурганского месторождения и, тем самым, создают комплекс минеральных веществ, участвующих в стабилизации бронирующих оболочек водяных глобул.

Несмотря на то, что хлористых солей в нефтях месторождений Джаркак и Шурчи меньше (385 мг/л и 369 мг/л, соответственно), чем в Джаргурганской нефти, тем не менее их обезвоживание и обессоливание сопровождается значительными отклонениями от норм, установленных в технологическом регламенте [1]. Если учитывать, что при первичной подготовке и отправке на нефтеперерабатывающие заводы преимущественно смешивают нефти различных месторождений, то выяснится причина больших потерь ценного сырья и расходов на его переработку.

Безусловно, для промышленной переработки необходимо подбирать близкие по составу и своим физико-химическим показателям нефти, в частности, по содержанию минеральных солей [2]. Например, не следует нефть Джаркурганского месторождения смешивать с нефтями Джаркакского и Шурчинского месторождений, у которых намного меньше содержания хлористых солей. Анализ влияния содержания минеральных солей в пластовой воде на качественные показатели местных нефтей Джаркур-

ганского, Шурчинского и Джаркакского месторождений показал, что они ускоряют процесс старения их эмульсий, чем пресная вода.

При обессоливании водонефтяных эмульсий из них удаляют соли в виде водных растворов с размером капель от 1,6 до 250 мкм [3]. Нами изучено влияние СВЧ-обработки на эффективность деэмульгирования местных высокоминерализованных нефтей разрушением водонефтяных эмульсий месторождений Джаркурган, Шурчи и Джаркак.

Опыты проводили на лабораторной установке [4] в присутствии деэмульгатора К – 1 в количестве 40 г/т, при вращении мешалки 60 об/мин в течении 10 минут. Для контроля, опыт провели и традиционным способом (без СВЧ-излучения), в тех же режимах путем конвективного нагрева эмульсии до 75–85°C. Полученные результаты представлены в табл. 1. Из данных табл. 1. видно, что после деэмульгирования водонефтяных эмульсий месторождений Джаркурган, Шурчи и Джаркак с СВЧ-обработкой, повышается содержание хлористых и щелочных солей в пластовой воде. Причем, больше растворяются в пластовой воде труднорастворимые хлористые соли, что очень важно с практической точки зрения для промышленной подготовки нефти

При частоте СВЧ-излучения равном 2450 МГц показатели по содержанию хлористых и щелочных солей в водонефтяных эмульсиях местных нефтей начинают стабилизироваться на достигнутом уровне.

Сырые нефти, добываемые в Узбекистане, классифицируются на три группы в зависимости от содержания в них воды и солей (табл. 2.) [5].

Из табл. 2. видно, что после обработки местных нефтей СВЧ-излучением с частотой 2450 МГц наблюдается снижение содержания в них минеральных солей. Причем, чем больше минеральных солей в нефти, тем больше они переходят в состав отделяемых вод.

Таблица 1. Изменение содержания хлористых и щелочных солей в эмульсии, нефти и пластовой воде до и после деэмульгирования нефти деэмульгатором К – 1 в сочетании в СВЧ-излучением и без него

Месторождение	Содержание солей, мг/г					
	в эмульсии		в нефти		в пластовой воде	
	хлористых	щелочных	хлористых	щелочных	хлористых	щелочных
без СВЧ-обработки (контроль):						
Джаркурган	807,5	7,8	310,5	1,4	497,0	6,4
Шурчи	491,0	21,9	73,0	0,6	418	21,3
Джаркак	554,4	17,2	82,4	0,8	472	16,4
с СВЧ-обработкой при частоте излучения – 2450 МГц:						
Джаркурган	807,5	7,8	195,5	0,6	612,0	7,2
Шурчи	491,0	21,9	50,5	0,2	440,5	21,7
Джаркак	554,4	17,2	63,2	0,4	491,2	16,8

Таблица 2. Изменение содержания воды и солей в местных сырых нефтях без и с СВЧ-обработкой их при деэмульгировании деэмульгатором К-1

Месторождение нефти	Содержание воды, %			Содержание солей, мг/г		
	Группа сырой нефти			Группа сырой нефти		
	I	II	III	I	II	III
По ТУ ТШ 39.0–176:1999, не более (контроль)	0,5	1,0	1,0	100,0	300,0	1800
без СВЧ-обработки (контроль):						
Джаркурган	-	-	0,85	-	-	311,4
Шурчи	0,50	-	-	73,6	-	-
Джаркак	0,48	-	-	83,2	-	-
с СВЧ-обработкой при частоте излучения – 2450 МГц:						
Джаркурган	-	0,98	-	-	196,1	-
Шурчи	0,47	-	-	50,7	-	-
Джаркак	0,46	-	-	63,6	-	-

Опыты показали, что применение СВЧ-излучения при разрушении высокоминерализованных водонефтяных эмульсий Джаркурганского месторождения позволило получить сырые нефти с меньшим содержанием солей, что дало возможность подготовить к переработке нефти II группы вместо группы III. Это значительно позитивно оказывает влияние на технико-экономические показатели предприятий и способствует повышению качества выпускаемых нефтепродуктов.

В сырых нефтях, добываемых на месторождениях Шурчи и Джаркак, после их СВЧ-обработки при деэмульгировании, значительно снизилось содержание солей, но они оставались в I группе.

При деэмульгировании образцов нефтей эффект от действия СВЧ-излучения достигался при частоте 2450 МГц и дальнейшее его повышение не считалось рациональным.

Как видно, процессы обезвоживания и обессоливания

местных нефтей тесно взаимосвязаны и на сегодняшний день требуют коренного совершенствования действующей технологии с применением современных СВЧ-излучений.

Причем, нормы по соли на многих месторождениях нефти при их отгрузке сегодня превышают допустимые пределы. Это объясняется расположением месторождений в засоленных зонах и высокоминерализованностью пластовых вод, а также (в ряде случаев) дополнительным применением щелочных и других ПАВ для повышения нефтеотдачи пластов [5]. Все это отрицательно отражается на разрушение устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей и на их качестве.

Таким образом, используя СВЧ-обработку высокоминерализованных устойчивых водонефтяных эмульсий можно повысить качество получаемой нефти и сказать в нем содержание солей, что положительно влияет на его переработку.

Литература:

1. Инструкция по стабилизации работы ступеней предварительного обезвоживания установок подготовки нефти в условиях применения химреагентов в нефтедобыче. РД 153–39, 0–390–05., Бугульма.: 2005. 23 с.
2. Багиров И.Т. Современные установки первичной переработки нефти. Баку.:1998. – 125 с.
3. Рудин М.Г., Драбкин А.Е. Краткий справочник нефтепереработчика. – М.: Химия, 1989. – 382 с.
4. Адизов Б.З. Разрушение высокоминерализованных эмульсий местных нефтей разработанными деэмульгаторами в сочетании с микроволновым излучением. Автореф..., канд. Техн. Наук., Ташкент, ИОНХ АН Руз, 2009–26 с.
5. Влияние химических реагентов, применяемых при добыче нефти на устойчивость нефтяных эмульсий /Губайдуллин Ф.Р., Татьяна О.С., Космачева Т.Ф. и др. Нефтяное хозяйство. 2003. – №8. – С. 68–70.

Схема экологически безопасного газохимического комплекса переработки серосодержащих газов

Адизов Бобиржон Замирович, доцент;

Хужакулов Азиз Файзуллаевич, преподаватель;

Заирова Азиза Иргашевна, магистрант;

Рузиев Элдор Уктамович, магистрант

Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Интенсивное освоение крупных газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, продукция которых содержит сероводород и органические соединения серы, привело к созданию ряда мощных газохимических комплексов (ГХК) по ее переработке [1]. Добывающие и перерабатывающие предприятия этих комплексов являются главными источниками загрязнения окружающей среды выбросами сернистых соединений (сероводород, тиолы, оксиды серы, сернисто-щелочные стоки). Основными направлениями их снижения могут являться процессы рециркуляции и кондиционирования, позволяющие уменьшить количество, токсичность выбросов и затраты на их утилизацию. Для устойчивого развития газовой промышленности необходима разработка программ производственно-инвестиционной деятельности, учитывающих требования снижения экологической опасности и сокращения производственных расходов, связанных с добычей, переработкой сернистого сырья и использованием полученной продукции [2].

В настоящей статье рассматривается принципиальная схема экологически безопасного ГХК, обеспечивающая практически безотходную переработку серосодержащего природного газа. Основным назначением ГХК является очистка углеводородного сырья от сернистых соединений и получение высококачественных продуктов его переработки.

Блок-схема экологически безопасного ГХК (рис. 1) предусматривает глубокую очистку газов регенерации цеолитов в две стадии путем использования на первой стадии (7) – извлечение сероводорода – отработанных щелочных растворов с блоков сероочистки сжиженных газов и получения смеси природных меркаптанов (СПМ) (5,6),

а на второй стадии – абсорбционное извлечение тиолов (8) с последующей их десорбцией из поглотительного раствора и разделением на индивидуальные соединения с помощью ректификации (9). Вариантом схемы является использование для извлечения тиолов и сероводорода из газов регенерации цеолитов процесса их прямого окисления до диалкилдисульфидов и серы (11) с образованием в конечном итоге диалкилполисульфидов, отделением последних и их восстановительным расщеплением в присутствии галоидных алкилов с получением диалкилсульфидов (12), которые могут использоваться в качестве одоранта природного газа или ценных химических реагентов и полупродуктов. Оборудование резервуаров товарного парка плавающими понтонами примерно на два порядка снижает объем выбросов, которые, однако, и в этом случае еще достаточно велики. Для решения этой проблемы необходимо оборудовать товарные резервуары системой сбора выбросов (установки улавливания легких фракций УЛФ) (26), которая позволяет довести содержание сероводорода, тиолов, легких углеводородов в атмосфере товарно-сырьевых парков до необходимого уровня. Эффективным методом снижения выбросов является удаление наиболее низкомолекулярных тиолов из товарной продукции ГХК (пропан бутановая фракция (ПБФ), широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), стабильный газовый конденсат) щелочной экстракцией (5) с последующей десорбцией тиолов из водного раствора щелочи (6) и разделением на индивидуальные соединения (9). После отделения метантиола смесь полученных тиолов используют в качестве одоранта природного газа (СПМ). Отработанный раствор щелочи используют для очистки газов регенерации цеолитов (7), а затем направляют на

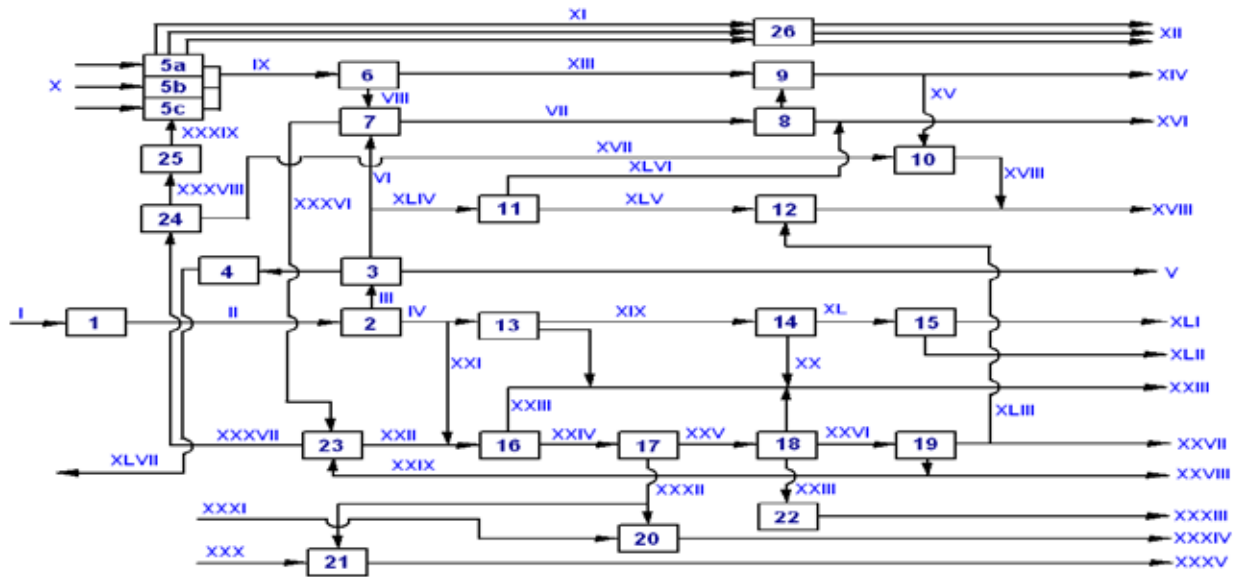


Рис. 1. Блок-схема экологически безопасного ГХК

блок карбонизации сернисто-щелочных отходов (СЩО) (23) с получением дополнительного количества сероводорода. Далее СЩО очищают от растворенных тиолятов путем проведения реакции с галоидным алкилом в реакторе (24). Очищенный от сернистых соединений водный раствор карбонатов и хлоридов щелочных металлов подвергают электролизу (25) с получением водного раствора NaOH, который возвращают в цикл. Кислые газы с установок аминовой очистки сырого газа (H_2S, CO_2) поступают на установку прямого окисления (13), отходящие газы которой идут на вторую стадию процесса прямого окисления (14) для доочистки на специальных катализаторах сотовой структуры [3]. Очищенные отходящие газы установки прямого окисления представляют собой смесь азота, диоксида углерода и паров воды. Воду отделяют, охлаждая смесь газов и пропуская ее через горизонтальные мембранные аппараты (15). Смесь азота и диоксида углерода используют в качестве инертного газа в системе увеличения продуктивных пластов на месторождении, а воду — для технических нужд. Если в составе ГХК имеются производства, требующие применение водорода, то целесообразен вариант схемы, по которому часть кислых газов направляют в плазмохимический реактор (16) для получения элементарной серы и водорода [4]. Отходящие из реактора газы охлаждают, отделяют жидкую серу и направляют в реактор каталитического восстановления (17) с целью перевода оставшихся в них сернистых соединений (оксиды серы, сероуглерод, сероокись углерода) в сероводород, который используется для получения ценных серосодержащих продуктов путем взаимодействия с диоксазином (20) и формальдегидом (21). В качестве восстанавливающего агента используют водород, образовавшийся в ходе плазмохимической реакции. Полученную смесь сероводорода, водорода и диоксида углерода направляют в реактор (18) для получения серы [5], часть которой направляют в конден-

сатор (22) для получения коллоидной серы. В зависимости от спроса на установке может быть также организовано производство жидкой и полимерной серы. Отходящие из реактора (18) газы (смесь азота, диоксида углерода и водорода) направляют в адсорбер аминовой очистки (19) для извлечения диоксида углерода, часть которого подают на узел карбонизации СЩО (23). Метантиол с блоков (8) и (24), который не может использоваться в качестве одоранта, диспропорционируют в реакторе (10) до диалкилсульфидов. Последние используют в качестве одоранта природного газа. Часть водорода с блока (19) используют в качестве восстанавливающего агента на блоке (12), а остаток (смесь азота и водорода) — в качестве компонента сырья для синтеза аммиака. Азот-водородную смесь и диоксид углерода перед подачей потребителю подвергают сушке в мембранных разделительных аппаратах. Предлагаемая схема экологически безопасного промышленного комплекса переработки серосодержащего природного газа разработана на основе обобщения данных, полученных в ходе эксплуатации пилотных и опытно-промышленных установок на объектах газовой, нефтедобывающей и нефтегазоперерабатывающей отраслей. Переработка серосодержащих газов по разработанной схеме позволяет, в отличие от существующих [6–11]: обеспечить 99,99%-ю степень утилизации сероводорода; достичь 98–99%-го извлечения тиолов из газов регенерации цеолитов; добиться полной утилизации сернисто-щелочных отходов; осуществить полную утилизацию низкомолекулярных сероорганических соединений; квалифицированно утилизировать неуглеводородные продукты переработки природного газа; обеспечить высокую степень защиты окружающей среды при переработке сернистых и высокосернистых газов.

Блоки:

1 — замер, сепарация и подогрев сернистого газа с установки комплексной подготовки газа (УКПГ); 2 —

очистка газа от H_2S и CO_2 алканаминами; 3 – очистка газа на цеолитах от сероорганических соединений; 4 – утилизация отработанного цеолита; 5 – экстракция тиолов и H_2S из ПБФ и ШФЛУ водным раствором щелочи; 6 – регенерация тиолов из щелочного раствора; 7 – экстракция H_2S жидкими СЩО из газа регенерации цеолитов; 8 – щелочная экстракция тиолов из газа регенерации цеолитов и их выделение из экстрактного раствора; 9 – разделение смеси тиолов на индивидуальные соединения ректификацией; 10 – реактор диспропорционирования тиолов в диалкилсульфиды; 11 – окисление тиолов до диалкилсульфидов; 12 – реактор восстановительного расщепления диалкилдисульфидов в диалкилсульфиды; 13 – установка прямого окисления H_2S ; 14 – вторая стадия процесса прямого окисления; 15 – охлаждение и мембранное разделение отходящих продуктов установки прямого окисления; 16 – плазмохимический реактор разложения H_2S ; 17 – реактор восстановления непрореагировавших сернистых соединений до H_2S ; 18 – реактор доокисления H_2S с получением элементарной серы; 19 – алканаминовая очистка CO_2 отходящих газов плазмохимического реактора; 20 – взаимодействие сероводорода с диоксазином; 21 – взаимодействие сероводорода с формальдегидом; 22 – получение коллоидной серы; 23 – узел карбонизации СЩО; 24 – очистка СЩО от тиолятов в присутствии галоидного алкила; 25 – электролизер; 26 – товарный парк с блоком УЛФ.

Потоки:

I – сернистый газ с УКПГ; II – сернистый газ на очистку алканаминами от H_2S и CO_2 ; III – газ на очистку от сероорганических соединений на цеолитах; IV – кислый газ; V – товарный природный газ потребителям; VI – газ регенерации цеолитов на очистку от H_2S жидкими СЩО; VII – газ регенерации цеолитов на очистку от тиолов; VIII – СЩО на экстракцию H_2S и регенерацию;

IX – экстрактный раствор на регенерацию тиолов; X – стабильный конденсат, ШФЛУ, ПБФ на экстракцию тиолов; XI – стабильный конденсат, ШФЛУ, ПБФ в товарный парк; XII – стабильный конденсат, ШФЛУ, ПБФ потребителям; XIII – смесь природных тиолов на разделение; XIV – индивидуальные тиолы потребителям; XV – метантиол на диспропорционирование; XVI – очищенный газ на собственные нужды; XVII – смесь тиолов на диспропорционирование; XVIII – смесь диалкилсульфидов потребителям; XIX – отходящие газы установки прямого окисления на доочистку; XX – жидкая сера; XXI – кислый газ в плазмохимический реактор; XXII – кислый газ из колонны карбонизации СЩО в плазмохимический реактор; XXIII – элементарная сера; XXIV – газы из плазмохимического реактора на доочистку; XXV – отходящие газы из реактора восстановления на окисление; XXVI – отходящие газы плазмохимического реактора на разделение; XXVII – смесь водорода и азота потребителю; XXVIII – диоксид углерода потребителю; XXIX – диоксид углерода в колонну карбонизации СЩО; XXX – формальдегид; XXXI – диоксазин; XXXII – сероводород; XXXIII – коллоидная сера потребителю; XXXIV – полиаминосульфид потребителю; XXXV – полиметиленсульфид потребителю; XXXVI – жидкие СЩО на карбонизацию; XXXVII – СЩО на очистку от тиолов; XXXVIII – СЩО на электролиз; XXXIX – щелочной раствор на экстракцию H_2S и тиолов; XL – отходящие газы на разделение; XLI – смесь азота и диоксида углерода; XLII – вода на технологические нужды; XLIII – смесь водорода и азота восстановительное расщепление диалкилдисульфидов; XLIV – сернистый газ регенерации цеолитов на окисление тиолов в диалкилдисульфиды; XLV – смесь диалкилдисульфидов на восстановительное расщепление; XLVI – очищенный газ регенерации цеолитов на собственные нужды; XLVII – отработанный цеолит на утилизацию

Литература:

1. Грунвальд В.Р. Технология газовой серы. М.: Химия, 1992. 272 с.
2. Одабашян Г.В., Швец В.Ф., Лабораторный практикум по химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1992, -240 с.

Исследование адсорбционной очистки турбинного масла Тп-30

Адизов Бобиржон Замирович, доцент;
 Хужакулов Азиз Файзуллаевич, преподаватель;
 Зенков Александр Вячеславович, магистрант
 Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Нефтяные масла являются основным видом смазочных материалов, предназначенных для снижения трения и износа трущихся поверхностей, предотвращения их задира. Производство масел включает следующие операции:

А) Получение нескольких дистиллятных масляных фракций: 300–400°C, 400–450°C, гудрона фракции выше 500°C; Б) Очистку фракций от нежелательных компонентов и депарафинизацию, деасфальтизацию гудрона с применением из-

Таблица 1. Техническая характеристика силикагелей, применяемых при хроматографии

№ п/п	Марка силикагелей	Насыпной вес с утряской в г/см ³	Структура						Влагоемкость в вес% при относительной влажности воздуха				Примечание
			поверхность, м ² /г	ИСТИННЫЙ УД.ВЕС, г/см ³	кажущийся УД.ВЕС, г/см ³	объем пор, см ³ /г.	средний радиус пор А	пористость, %	20	40	60	100	
1.	КСК №2	0,39	338	2,240	0,011	1,19	70	72,7	2,5	4,6	7,8	119	Прокаленная
2.	КСК №2,5	0,46	376	2,244	0,706	0,974	51,6	67,4	2,2	4,6	8,7	97,9	Прокаленная
3.	КСК №3	0,50	522	2,236	0,729	0,925	35,4	67,4	2,9	5,7	13,5	87,1	Прокаленная
4.	КСК №4	0,58	650	2,235	0,831	0,760	23,4	62,8	2,4	7,4	20,1	70,4	-
5.	КСК №5	0,66	715	2,250	0,980	0,575	16,1	56,4	4,4	15,5	34,9	56,8	Прокаленная
6.	КСК №6 п	0,87	527	2,255	1,353	0,296	11,2	40	5,7	15,2	24,7	26,9	Прокаленная
7.	КСМ – 16 с.	0,87	624	2,179	1,218	0,362	11,6	44,1	11,3	20,5	33,1	34,8	сухие фракц. 2,5–0,5

Таблица 2. Физико-химическая характеристика исходного и отработанного минерального масла Тп-30

№ п/п	Показатели	Турбинное масло	
		Исходное	Отработанное
1.	Цвет	желтый	светло-коричневый
2.	Прозрачность при 0°С	прозрачное	мутное
3.	Содержание влаги, % масс.	отс.	10,0
4.	Механические примеси, % масс.	0,005	0,1
5.	Плотность при 20°С, г/см ³ .	0,8658	0,9253
6.	Индекс вязкости	90	70
7.	Коррозия на медных пластинках	выдерживает	не выдерживает
8.	Температура вспышки в закрытом тигле	192	195
9.	Кислотное число, мг КОН/г	0,1	0,4
10.	Вязкость при 50°С, сСт	23,30	30,30
11.	Показатель преломления (n _D ²⁰)	1,4820	1,4850

бирательных растворителей. В) Гидроочистку компонентов; Г) Смешение доочищенных компонентов в различных соотношениях друг с другом и присадками. Они давно и широко используются в различных областях техники, и от правильного применения масел во многом зависят надёжность и долговечность работы машин, механизмов и разнообразного оборудования. Рост быстроходности машин, повышение рабочих температур, контактных нагрузок и продолжительности эксплуатации оборудования существенно изменили роль и повысили требования к смазочным материалам. Возрастающее значение нефтяных масел для надёжной эксплуатации техники вызвало необходимость более глубокого изучения их природы и свойств, выявления оптимальных условий их производства и применения.

Дистиллятные фракции подвергаются очистке селективными растворителями (фенолом), депарафинизации

(раствором метилэтилкетона, бензола-толуола), гидроочистке на катализаторах. Остаточные базовые компоненты получают двумя способами: деасфальтизацией гудрона пропаном с последующей селективной очисткой фенолом (вариант 1) или очисткой гудрона парными растворителями (вариант 2). Остаточный рафинат затем подвергается депарафинизации и доочистке.

Объектом исследования служило отработанное турбинное масло Тп-30.

Для его очистки от нежелательных компонентов выбрали силикагель КСК, т.к. промышленный силикагель (табл. 1.) имеет более низкую емкость, то его активировали по специальной методике.

Очистку отработанного турбинного масла проводили в стеклянной хроматографической колонке высотой 1 м, диаметром 1,5 см. Загрузили в колонку 100 г. высушенного

при 160–180°C силикагеля КСК фр. (0,25–0,5 мм), залил масло (100 мл.) и после полного насыщения сорбента, открыли кран и собрали вытекающее самотеком масло (контроль по показателю преломления) до чистого турбинного масла. Его оказалось 12,5 мл оставшееся масло по качествам соответствовало отработанному маслу. Результаты очистки приведены в таблице 2.

Выбран оптимальный сорбент для очистки отработанного турбинного масла — силикагель КСК, который для

увеличения сорбционной емкости отработан по специальной методике (активирован соляной кислотой). Его динамическая емкость по нефтяному маслу составила 2,67% масс.

На укрупненной лабораторной установке определены оптимальные условия очистки отработанного турбинного масла и проведена его очистка. Получено 12,5% очищенного масла. Сделан сопоставительный анализ очищенного турбинного масла с исходным маслом.

Литература:

1. Черножуков Н.И. технология переработки нефти и газа. М. Химия., 1978, 424 с.
2. Уильям Л. Лефер. Переработка нефти. М. ЗАО Олимп — бизнес, М., 2003, 224 с.
3. Глазов Г.И., Фукс И.Т. Производство нефтяных масел. М., Химия, 1976, 192 с.
4. Багиров И.Т., Современные установки первичной переработки. М., Химия, 1974, 240 с.

Влияние деэмульгаторов и магнитного поля на глубину обессоливания узбекистанских нефтей

Адизов Бобиржон Замирович, доцент;

Хужакулов Азиз Файзуллаевич, преподаватель;

Нуруллаев Мадрахим Матёкубович, магистрант;

Хайдаров Латифжон Рустамович, магистрант;

Гафанова Диана Джахангировна, магистрант

Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Определение содержания хлористых солей в нефтях Узбекистана показывает, что в нефтях остается некоторое количество эмульгированной солёной воды, которое не поддается отделению обычно используемыми приёмами. В связи с этим нами было исследовано влияние различных деэмульгаторов при действии магнитного поля на глубину обессоливания Узбекистанских нефтей.

Известно, что при выборе деэмульгатора необходимо учитывать тип нефти (смолистая, парафинистая), содержание в ней воды, механических примесей, интенсивность перемешивания, температуру, растворимость деэмульгатора в воде или углеводородах, стоимость препарата и т.д. [1]. Реагент, подобранный для данной эмульсии, эффективен только для нее и без предварительного исследования не может быть рекомендован для других эмульсий. Для исследования эффективности обезвоживания Узбекистанских нефтей нами были выбраны неионогенные нефтерастворимые деэмульгаторы: №1 — Дисолван 4411 (далее дисолван), №2 — К — 1, №3 — К — 4.

Эффективность выбранных образцов в разрушении нефтяных эмульсий Узбекистанских нефтей демонстрируют данные табл. 1 и рис. 1–3. Анализ табл. 1 и рис. 1–3 показывает, что для всех рассмотренных образцов деэмульгаторов с ростом концентрации отмечается улучшение процесса обессоливания. Из исследованных деэмульгаторов наибольшую активность проявляет К-4, затем К-1.

Наименьшая глубина обессоливания достигается с деэмульгатором Дисолван.

Требуемая глубина обессоливания от хлоридов для нефтей Кокдумалакская и Шурчинская достигается при весьма высоких концентрациях — от 50 ppm и выше (около 0,5 мг/дм³ и менее) в случае применения деэмульгаторов К-1 и К-4. В то же время из рис. 1–3 следует, что увеличение концентрации деэмульгатора свыше 25 ppm незначительно улучшает процесс обессоливания. Поэтому при дальнейших исследованиях влияния магнитной обработки деэмульгаторов и нефти на процесс обессоливания нами выбрана Жаркакская нефть (самая «трудная») и деэмульгатор К-4 (самый эффективный). При магнитной обработке углеводородных эмульсий в ряде случаев улучшается их расслоение. Скорость расслоения эмульсии и степень их обезвоживания зависит от ряда параметров, среди которых наибольшее влияние оказывает магнитная индукция и скорость потока.

Метод магнитной обработки эмульсий можно сочетать с термическим и химическими методами. При комбинировании магнитной обработки с химическим методом, магнитной обработке может быть подвергнута как смесь исходной эмульсии с раствором деэмульгатора, так и раствор деэмульгатора с последующим его смешением с эмульсией [3]. На проточной установке магнитной обработки нефти изучали влияние магнитной обработки рас-

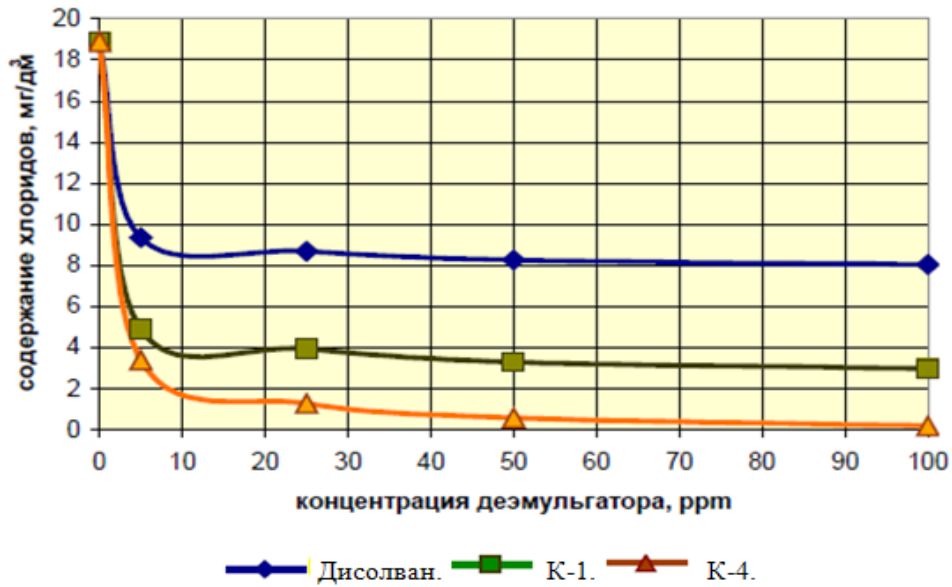


Рис. 1. Влияние концентрации деэмульгатора на содержание остаточных хлоридов в Кокдумалакской нефти

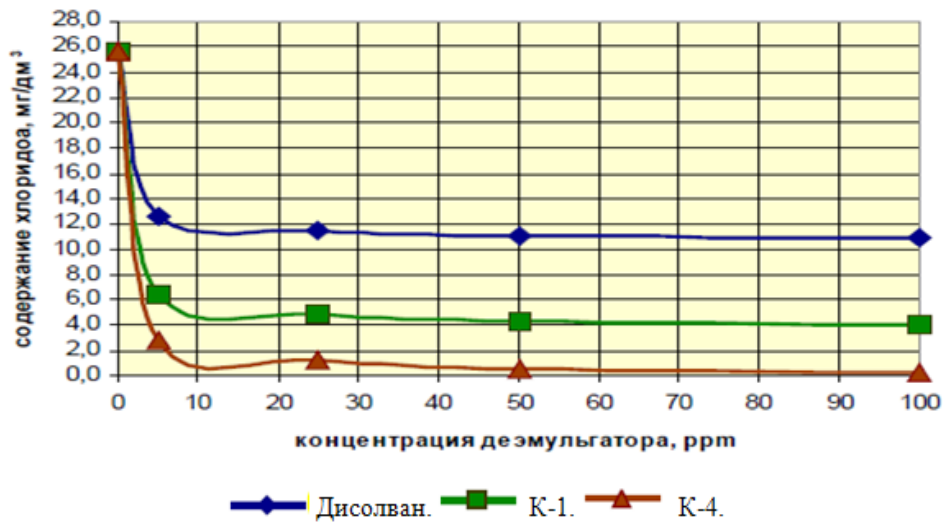


Рис. 2. Влияние концентрации деэмульгатора на содержание остаточных хлоридов в Шурчинской нефти

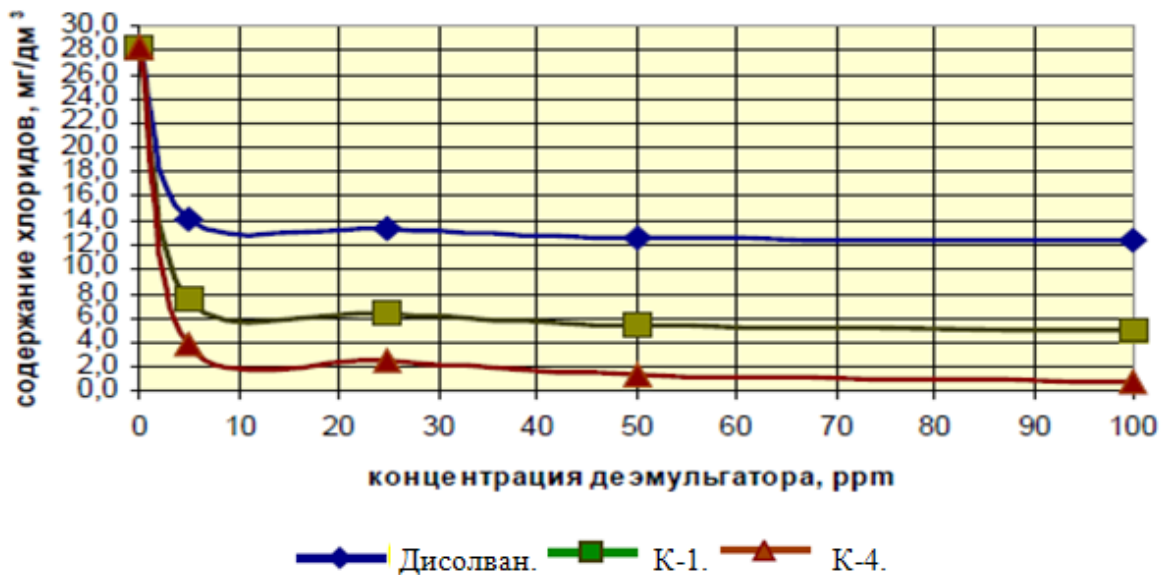


Рис. 3. Влияние концентрации деэмульгатора на содержание остаточных хлоридов в Жаркакской нефти

Таблица 1

Сырая нефть грозненских месторождений	Концентрация деэмульгатора Q, ppm	Содержание хлористых солей в нефти, мг/дм ³			Глубина обессоливания, %		
		Деэмульгатор			Деэмульгатор		
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Кокдумалакская	0	18,9			0		
	5	9,4	4,9	3,4	50	74	87
	25	8,7	4,0	1,3	54	79	93
	50	8,3	3,3	0,6	56	82	97
	100	8,0	3,0	0,2	57	84	99
Шурчинская	0	25,6			0		
	5	12,5	6,5	2,8	51	75	88
	25	11,5	4,9	1,3	55	81	95
	50	11,0	4,3	0,5	57	83	98
	100	10,9	4,1	0,3	57	84	99
Жаркакская	0	28,2			0		
	5	14,1	7,6	3,9	50	73	86
	25	13,3	6,4	2,6	53	77	91
	50	12,7	5,4	1,4	55	81	95
	100	12,3	4,9	0,8	56	82	97

Таблица 2. Условия обработки раствора деэмульгатора для обессоливания Жаркакской нефти

Условия обработки раствора деэмульгатора			Содержание хлористых солей в нефти, мг/дм ³	Глубина обессоливания, %
Индукция обессоливания, В, Тл	Концентрация деэмульгатора Q, ppm	Скорость потока V, м/с		
исходная			28,2	-
0	5	0	3,9	86
0	25	0	2,6	91
0,08	5	0,2	2,0	92
0,15	5	0,2	1,8	94
0,08	25	0,2	1,3	95
0,15	25	0,2	1,1	96
0,08	5	1,2	2,5	90
0,15	5	1,2	2,0	93
0,08	25	1,2	2,3	92
0,15	25	1,2	1,9	92

Таблица 3. Влияние магнитной обработки раствора деэмульгатора на глубину обессоливания Жаркакской нефти

Сырая нефть	Содержание хлористых солей в нефти, мг/дм ³					Глубина обессоливания, %			
	Исх.	Концентрация деэмульгатора, ppm				Концентрация деэмульгатора, ppm			
		0	5	25	50	0	5	25	50
Кокдумалакская	18,9	14,2	5,0	3,4	-	25	73	82	-
Шурчинская	25,6	-	5,1	3,6	-	-	80	86	-
Жаркакская	28,2	17,1	5,3	1,9	1,6	39	81	93	94

твора деэмульгатора на эффективность обессоливания Жаркакская нефти.

Данные условий обработки раствора деэмульгатора для обессоливания Жаркакская нефти приведены в табл. 2.

Данные влияния магнитной обработки раствора деэмульгатора на глубину обессоливания Муллахалская нефти в сравнении с Кокдумалакской и Жаркакской нефтями приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что для исследуемых нефтей наибольшая глубина обессоливания достигается для Жаркакской нефти при всех концентрациях вводимого в нефть деэмульгатора.

Анализ факторов магнитной обработки нефти показывает, что увеличение индукции магнитного поля и до-

бавление деэмульгатора увеличивает глубину разделения эмульсии. Увеличение скорости потока через активную зону в изученном интервале снижает эффективность разделения эмульсии. Аналогичный, но менее выраженный эффект на обессоливание парафинистой нефти оказывает магнитная обработка раствора деэмульгатора, вводимого в нефть.

Литература:

1. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. — М.: Химия, 2001. — 568 с.
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1982. 296 с.

Применение физико-химических методов исследований в лабораториях Челябинской области

Белокаменная Анна Михайловна, аспирант;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Мазаев Алексей Николаевич, аспирант;

Ребезов Ярослав Максимович, студент;

Зинина Оксана Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Расширение арсенала методов анализа, появление новых возможностей в аналитической химии приводит к изменению структуры применяемых физико-химических методов и увеличению объемов проводимых лабораториями исследований.

Ключевые слова: физико-химические методы, структура методов, исследования.

Питание является одним из важнейших факторов, опосредующих связь человека с внешней средой и определяющих состояние здоровья населения. Рациональное питание создает условия для нормального физического и умственного развития организма, поддерживает высокую работоспособность, оказывает существенное влияние на возможность организма противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды физической, химической и биологической природы. В то же время пища может быть источником и носителем большого числа потенциально опасных для здоровья человека химических и биологических веществ [1].

На кафедре прикладной биотехнологии Южно-Уральского государственного университета уделяется значительное внимание разработке новых продуктов питания животного происхождения (функционального и специализированного назначения) и изучению отношения потребителей к ним [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

При моделировании инновационных биопродуктов [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] научные сотрудники кафедры уделяют особое внимание прогнозированию показателей качества и безопасности при достаточно длительных сроках хранения пищевых продуктов [16, 17].

Оценка продовольственного сырья и пищевых продуктов на показатели безопасности является обязательным критерияльным значением. [1].

Это определяет необходимость обновления лабораторной базы средств измерений, введение и освоение новых более чувствительных методов исследования, введения стандартов на методы исследований, гармонизированных с международными стандартами [18].

По данным Управления Роспотребнадзора по Челябинской области продолжает оставаться острой проблема безопасности питания. По данным лабораторных исследований пищевых продуктов, удельный вес проб, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, в 2012 г. составил 3,9% (в 2011 г — 4,7%, в 2010 г — 5,6%).

Удельный вес пищевых продуктов, не соответствующих нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2012 г. составил 1,02% (в 2011 г — 0,9%, в 2010 г. — 3,5%).

Сведения о количестве проведенных в 2010–2012 гг. санитарно-гигиенических исследований по г. Магнитогорску, г. Челябинску, Челябинской области, Российской Федерации и их информативности представлены в таблице 1.

Среднее число исследований по г. Магнитогорску в одном образце увеличилось (с 3,21 в 2010 г. до 4,39 в 2012 г.), что превышает уровень г. Челябинску (2,76) и показатель по Челябинской области в целом (3,21).

Наблюдается тенденция снижения количества образцов по СГЛ Магнитогорска за представленный пе-

Таблица 1. Количество исследований, выполненных санитарно-гигиеническими лабораториями в 2010–2012 гг.

Территория	Год	Кол-во образцов (абс.)	Кол-во исследований (абс.)	Число исследований в 1-м образце
г. Магнитогорск	2010 г.	14653	47127	3,21
	2011 г.	13182	46634	3,53
	2012 г.	11959	52609	4,39
г. Челябинск	2010 г.	41603	132372	3,18
	2011 г.	47721	148454	3,11
	2012 г.	44118	121671	2,76
Челябинская область	2010 г.	104638	357641	3,41
	2011 г.	112415	362185	3,22
	2012 г.	106536	341900	3,21
РФ	2010 г.	4700000	12520000	2,66

Таблица 2. Удельный вес и структура объектов

Наименование объектов	Удельный вес образцов, %		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Атмосферный воздух	24,67	42,3	34,1
Вода	19,29	16,1	20,4
Почва	1,06	1,4	1,4
Продовольственное сырье и продукты пищевые	23,98	18,3	21,5
Воздух рабочей зоны	23,31	14,9	15,3
Воздух закрытых помещений	0,98	0,6	0,6
Прочие (БАД; питьевая вода, расфасованная в емкости; товары и продукция непродовольственного назначения)	6,71	6,4	6,7

Таблица 3. Удельный вес и структура проведенных исследований

Наименование объектов	Удельный вес образцов, %		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Атмосферный воздух	7,95	13,5	11,6
Вода	47,47	45,0	50,9
Почва	2,93	4,7	3,9
Продовольственное сырье и продукты пищевые	29,62	27,7	23,8
Воздух рабочей зоны	7,89	5,4	5,4
Воздух закрытых помещений	0,32	0,2	0,2
Прочие (БАД; питьевая вода, расфасованная в емкости; товары и продукция непродовольственного назначения)	3,82	3,5	4,2

риод и увеличение количества исследований в пробах [1, 19, 23].

Структура анализируемых объектов и проведенных исследований по Челябинской области сведена в таблицу 2 и 3.

Среди образцов наибольший удельный вес в 2012 г. по-прежнему занимают: атмосферный воздух, вода, продовольственное сырье и продукты пищевые, воздух ра-

бочей зоны. Доля остальных проб, как и в прошлые годы, незначительна.

В структуре исследований по Челябинской области наибольший объем занимают исследования проб воды, продовольственного сырья и пищевых продуктов, атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны [1, 19].

Развитие аналитической химии, совершенствование оборудования приводит к появлению новых средств из-

Таблица 4. Структура физико-химических методов исследований, %

		Доля ФХМ от общего количества исследований	Фотометрический в ФХМ	Атомно-абсорбционный в ФХМ	Хроматографический в ФХМ	Электрохимический в ФХМ	Другие физ.-хим. методы в ФХМ
г. Магнитогорск	2010 г.	51,9	51,4	20,1	11,6	11,9	5,0
	2011 г.	57,4	42,1	25,5	12,9	11,2	7,9
	2012 г.	64,5	32,4	20,9	16,8	10,1	19,8
г. Челябинск	2010 г.	58,4	35,8	25,6	24,1	6,0	8,4
	2011 г.	66,4	31,6	25,6	21,9	5,8	9,9
	2012 г.	72,6	33,6	28,5	22,2	6,1	9,6
Челябинская область	2010 г.	57,3	52,8	17,7	14,2	10,3	5,0
	2011 г.	62,9	46,3	21,4	13,5	12,6	6,1
	2012 г.	65,0	47,6	18,9	13,7	11,8	8,0

мерений с возможностью повышения чувствительности, точности, экспрессности анализа. Расширяется арсенал методов анализа, появляются новые возможности в аналитической химии такие, как автоматизация анализа и обработки результатов исследований, ведение журналов измерений; создание экологически безопасного оборудования, позволяющего заменить классические методы, не ограничивая возможностей самого метода [20, 22].

В санитарно-гигиенических лабораториях по Челябинской области применяются практически все виды физико-химических методов исследований. По г. Магнитогорску в 2012 г. удельный вес современных физико-химических методов составил 64,5% (2010 г. – 51,9%) от всего количе-

ства выполненных исследований, лишь немного уступая показателю по г. Челябинску 72,6% (2010 г. – 58,4%) и по Челябинской области в целом – 65,0% (2010 г. – 57,3%).

Структура использованных в 2010–2012 гг физико-химических методов представлена в таблице 4.

Как видно из представленных данных, доля физико-химических методов в общем объеме исследований, выполненных в г. Магнитогорске, увеличивается с каждым годом и незначительно ниже средних показателей по Челябинской области.

Доля атомно-абсорбционного и хроматографических методов исследований находится на уровне использования методов по Челябинской области [19, 21].

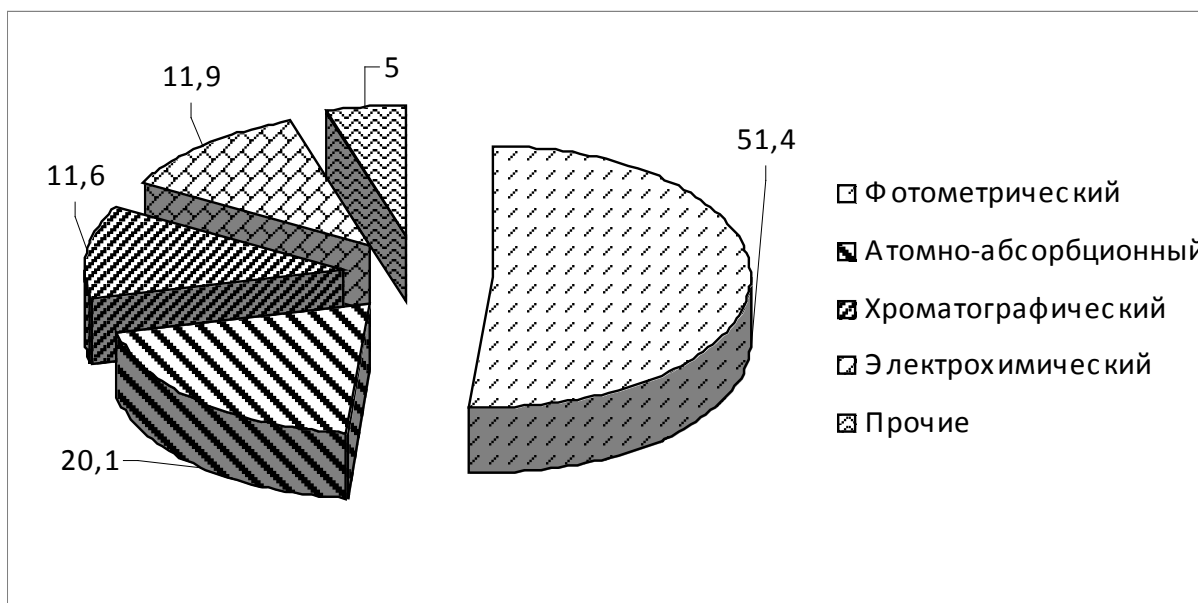


Рис. 1. Структура физико-химических методов исследований за 2010 г.

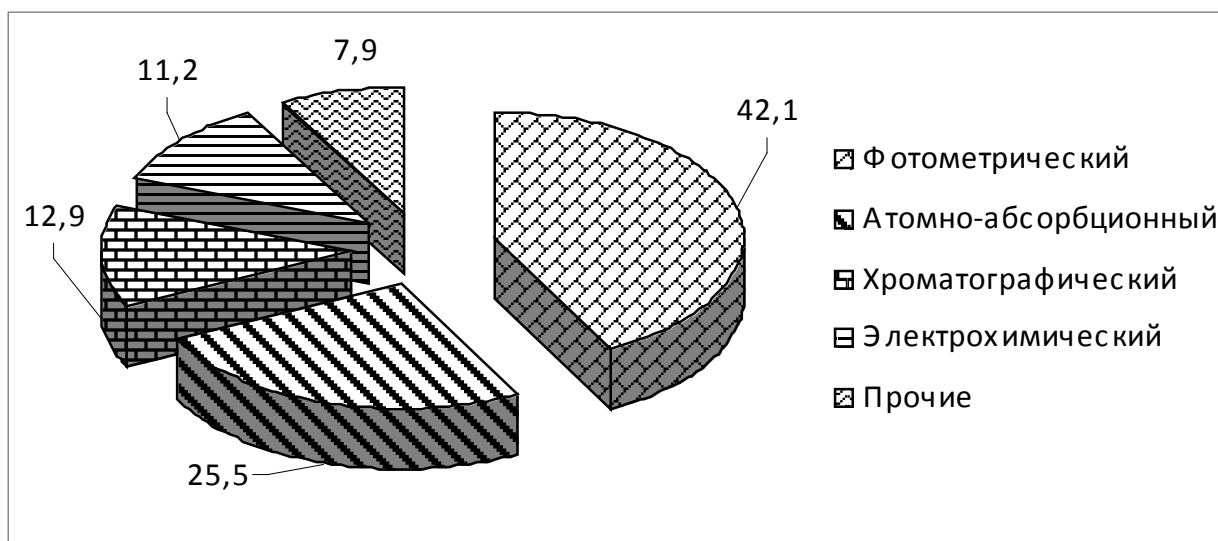


Рис. 2. Структура физико-химических методов исследований за 2011 г.

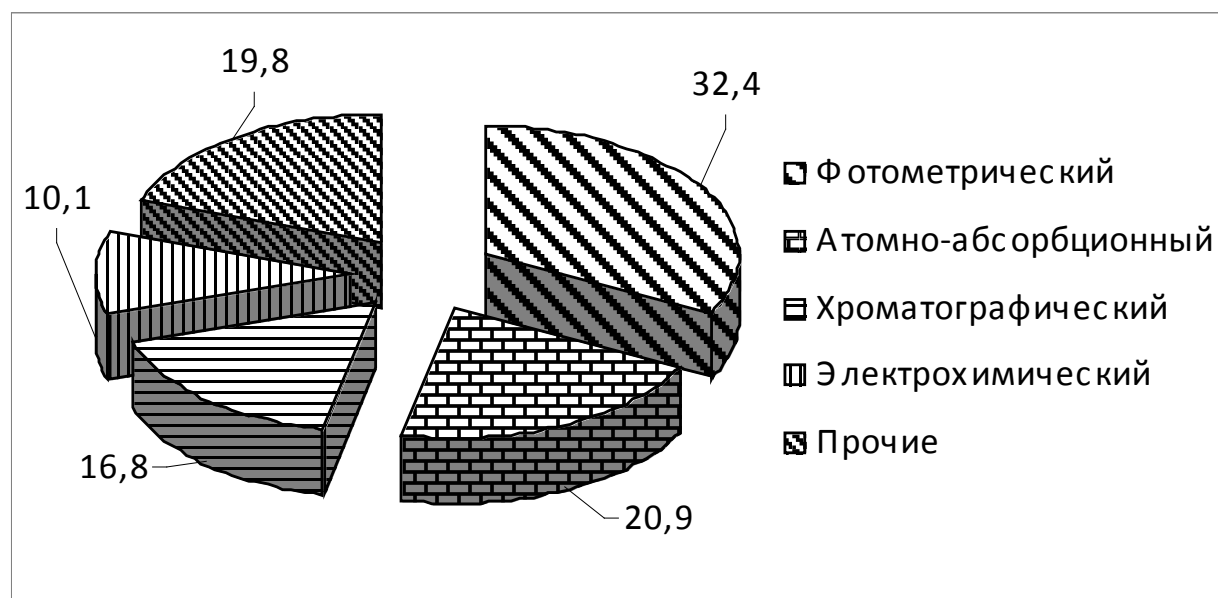


Рис. 3. Структура физико-химических методов исследований за 2012 г.

Структура физико-химических исследований санитарно-гигиенической лаборатории г. Магнитогорска за 2010–2012 гг. представлены на рисунках 1, 2 и 3.

Из используемых физико-химических методов приоритетным, по-прежнему, является фотометрический метод, вторую-третью позиции традиционно делят атомно-абсорбционный и хроматографический методы. Возросла доля других физико-химических методов (с 5,0% в 2010 г. до 19,8% в 2012 г. за счет применения флуориметрического метода и капиллярного электрофореза) [1, 19].

Сегодняшний день аналитической химии характеризуется многими изменениями: расширяется арсенал методов анализа; осуществляется автоматизация и математизация анализа; создаются и внедряются приемы и средства локального, неразрушающего, дистанционного, непрерывного анализа; появляются новые возможности для повышения чувствительности, точности и экспрессности анализа; расширяется круг анализируемых объектов; широко используются компьютеры, значительно поднялась роль аналитического контроля.

Литература:

1. Белокаменская А.М. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах [Текст] / А.М. Белокаменская. — Магнитогорск: Издательство МГТУ, 2011. — 100 с.

- локаменская, М.Б. Ребезов, О.В. Зинина, Н.Н. Максимюк, Н.Л. Наумова.-Челябинск: издат. центр ЮУрГУ, 2012. – 128 с.
2. Альхамова Г.К. Анализ потребительских предпочтений при выборе творожных продуктов / Альхамова Г.К., Ребезов М.Б., Амерханов И.М., Мазаев А.Н. // Молодой ученый. 2013. №3. С. 13–16.
 3. Ребезов М.Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания / М.Б. Ребезов, Н.Л. Наумова, М.Ф. Хайруллин и др. // Пищевая промышленность. 2011. №5. С. 13–15.
 4. Ребезов М.Б. Конъюнктура предложения обогащенных молочных продуктов на примере Челябинска / Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Альхамова Г.К., Кожевникова Е.Ю., Сорокин А.В. // Молочная промышленность. 2011. №8. С. 38–39.
 5. Хайруллин М.Ф. О потребительских предпочтениях при выборе мясных продуктов / Хайруллин М.Ф., Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Лукин А.А., Дуць А.О // Мясная индустрия. 2011. №12. С. 15–17.
 6. Ребезов М.Б. Конъюнктура предложения мясных продуктов «Халыль» на примере города Челябинска / М.Б. Ребезов, И.М. Амерханов, Г.К. Альхамова, А.Р. Етимбаева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №77. С. 915–924.
 7. Зинина О.В. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем / О.В. Зинина, М.Б. Ребезов, С.А. Жакслыкова, А.А. Солнцева, А.В. Чернева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. №3. С. 19–25.
 8. Наумова Н.Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания / Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. // Фундаментальные исследования. 2012. №4–1. С. 196–200.
 9. Патент на изобретение RUS 2470517 29.12.2011 Российская Федерация, МПК А23С9/13. Способ производства творожного продукта / Г.К. Альхамова, М.Б. Ребезов, И.М. Амерханов. – №2011154604; заявл. 29.12.2011; опубл. 27.12.2012.
 10. Патент на изобретение RUS 2446714 17.11.2010 Российская Федерация, МПК А23L1/317, А23L1/312. Способ производства мясного хлеба / А.А. Лукин, М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева и др. – №2010146947/13; заявл.17.11.2010; опубл. 10.04.2012.
 11. Патент на изобретение RUS 2465774 11.03.2011 Российская Федерация, МПК А23С9/127. Способ получения кисломолочного напитка / Г.К. Альхамова, М.Б. Ребезов, Н.Л. Наумова, И.М. Амерханов, М.А. Лиходумова. – №2011109302; заявл. 11.03.2011; опубл. 10.11.2012.
 12. Патент на изобретение RUS 2447702 16.06.2010 Российская Федерация, МПК А23L1/317, А23L1/318. Способ производства деликатесного продукта / М.Ф. Хайруллин, А.А. Лукин, М.Б. Ребезов. – №2010124806/13; заявл. 16.06.2010; опубл. 20.04.2012.
 13. Патент на изобретение RUS 2458539 29.04.2011 Российская Федерация, МПК А23L1/31, А23L3/00. Способ производства консервов «Соус томатный с говядиной» / А.А. Лукин, М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева и др. – №2011117480/13; заявл. 29.04.2011; опубл. 20.08.2012.
 14. Патент на изобретение RUS 2470529 07.07.2011 Российская Федерация, МПК А23L1/31. Способ изготовления мясных снеков (варианты) / М.Ф. Хайруллин, М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, О.В. Зинина и др. – №2011128150/13; заявл. 07.07.2011; опубл. 27.12.2012.
 15. Зинина, О.В. Технологические приемы модификации коллагенсодержащих субпродуктов / О.В. Зинина, М.Б. Ребезов // Мясная индустрия. 2012. №5. С. 34–36.
 16. Ребезов М.Б. Сроки хранения национального творожного продукта / М.Б. Ребезов, Г.К. Альхамова, Н.Л. Наумова // Молочная промышленность. 2011. №11. С. 66–67.
 17. Ребезов М.Б. Установление сроков хранения мясных снеков / М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, О.В. Зинина, А.О. Дуць, А.А. Соловьева и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №77. С. 403–412.
 18. Ребезов М.Б. Обеспечение качества испытаний / М.Б. Ребезов, С.И. Лукьянов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2006. №4. С. 115–117.
 19. Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Челябинской области по показателям социально-гигиенического мониторинга за 2012 год: Информационный бюллетень статистических и аналитических материалов. – Челябинск, 2012. – 13 с.
 20. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца // Ребезов М.Б., Белокаменская А.М., Зинина О.В., Наумова Н.Л., Максимюк Н.Н. и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. Т. 2. №1. С. 157–162.
 21. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов определения кадмия в пищевых продуктах методом инверсионной вольтамперометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии // Ребезов М.Б., Белокаменская А.М., Мазаев А.Н., Ребезов Я.М., Максимюк Н.Н. // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій Міністерство освіти і науки України. – Одеса: ОНАХТ, 2012. Вип. 42. Т. 2. С. 378–384.

22. Белокаменская А.М. Контроль качества результатов анализа пищевых продуктов (при реализации методик фотоэлектрической колориметрии и инверсионной вольтамперометрии) // Белокаменская А.М., Максимюк Н.Н., Мазаев А.Н., Ребезов М.Б. // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства, посвященная 55-летию Алматинского технологического университета: мат. междунар. научн.-практ. конф. — Алматы: АТУ, 2012. С. 284–287.
23. Белокаменская А.М. Сравнительная оценка методов исследований содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / Белокаменская А.М., Зинина О.В., Прохасько Л.С., Ребезов Я.М. // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: сборник материалов междунар. научн.-практ. конф. молодых ученых, 3 декабря 2012 г. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. С. 236–238.

Технология переработки отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности

Бешимов Юсуфжон Саидович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Суюнов Уйрунбек Умарович, соискатель;

Курбанов М.Т., соискатель

Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Такие вторичные ресурсы перерабатывающих отраслей пищевой промышленности, как створки хлопчатника, корзины подсолнечника, листья белокочанной капусты, яблочные и виноградные выжимки, плодовые косточки и т.д. зачастую остаются не использованными. Отдельные из них используют в качестве корма для животных, другие, например, корзины подсолнечника просто сжигаются. Внимание ученых всегда было привлечено к разработке технологий, обеспечивающих использование вторичных ресурсов сельского хозяйства в качестве сырья для выработки пищевых продуктов и корма для животных [1].

В республиках Центральной Азии после сбора хлопка сырья ежегодно образуется миллионы тонн створок. Нами разработана технология получения из данного сырья порошкообразного пектина и кормовой смеси. Для этого целесообразно использовать створки, образуемые от отходов очистки хлопка-сырца машинного сбора. В данных отходах содержится до 3% порошкообразных примесей, состоящих из дефолированных листьев, песка, сухих цветков хлопчатника и т.д. Кроме того, в отходах до 5% содержатся обрывки стеблей хлопчатника и 3–5% хлопка. Для освобождения створок от хлопка-сырца лучше эффективно использовать ворохоочиститель, затем они дополнительно очищаются в барабанном сепараторе, для удаления порошкообразных примесей. Таким образом, образуется смесь из хлопковых створок и обрывков стеблей, которые можно разделить по различной парусности. Для этого в смесь направляют струю воздуха. Так как створки имеют большую парусность, чем обрывки стеблей, между местом их седиментации ставят перегородку.

Очищенные створки направляют для получения пищевого пектина. Благодаря способности пектина образовывать желеобразную массу в присутствии сахара и органической кислоты в пищевой промышленности его используют при выработке мармелада, конфитюра, начинок конфет и т.д. Одним из неопределимых свойств пектина яв-

ляется его способность выводить соли тяжелых металлов и радиоактивные нуклеотиды. Поэтому пектин целесообразно использовать в качестве рецептурного ингредиента пищевых продуктов для профилактического питания работников, труд которых связан с солями тяжелых металлов и радиоактивными нуклеотидами.

Для получения пектина хлопковые створки измельчали до пластинок размером 3–5 мм, очищали от полифенолов и различных химикатов промыванием 5%-ным раствором хлористого натрия при 75–80°C. Гидролиз протопектина осуществляли 0,4%-ным раствором щавелевой кислоты при гидромодуле 1:5, и температуре 80°C в течении 90 минут. Затем экстракт отделяли и центрифугировали. На поверхности жома производили посев плесневых микроорганизмов *Trichoderma lignorum*. В течении 5 суток часть клетчатки створок превращается в белок а жом в корм для животных [2, 3].

Экстракт после центрифугирования отделяли от балластных веществ, пектин осаждали этанолом, содержащим 0,4% соляной кислоты. Затем сырой пектин промывали 80%-ным спиртом. Последнюю промывку осуществляли 96%-ным спиртом, содержащим 0,03% гидроокиси аммония. После деалкоголизации сухой пектин измельчали. Полученный продукт по желеобразующей способности удовлетворял требованиям ГОСТ 13–85.

Установлено, что в корзинах подсолнечника содержится до 24% пектиновых веществ. Из корзинок подсолнечника тоже можно получать пищевой порошкообразный пектин по описанной выше технологии, лишь той разницей, что измельченные корзины подсолнечника не промывают 0,5%-ным раствором хлористого натрия. Жом также используют на корм животных.

Вторичным сырьём масложировой промышленности является хлопковый шрот. 80-ые годы прошлого столетия в городе Хайфа Израиля функционировал завод по переработке хлопковых семян с получением растительного

масла, шрота, шелухи и протеиновой муки. Масло получали прямой экстракцией.

Нами разработана биотехнология получения безгоссиполевой высокопротеиновой пищевой муки из хлопкового шрота с массовой долей протеина до 60%.

В составе шрота содержатся моносахара, которые хорошо усваиваются дрожжами класса *Saccharomyces*. Следует учесть, что экзоферменты *Saccharomyces*, разрушая молекулы госсипола, образуют 6-ти атомные гетероциклические углеводороды. Такие химические соединения могут служить питательной средой для бродильных микроорганизмов, в том числе и дрожжей.

Для эксперимента использовали чистые культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces vini* (штамм Рк-6), *Saccharomyces oviformis* (штамм БХ-1) и *Saccharomyces cerevisiae* ЛБД штамм 11.

Было необходимо установить оптимальное соотношение воды и шрота, т.е. гидромодуль, при котором будет доминировать процесс брожения. Соотношение шрота с водой составляло Г 1:4; Г 1:5; Г 1:6 и Г 1:7, а температура брожения 26°C. Активность брожения определяли по интенсивности выделения диоксида углерода. Бродящую массу перемешивали, отбирали пробы из жидкой фазы и на камере Горяева подсчитывали количество клеток. Оптимальный результат получен в варианте с гидромодулем 1:6. При гидромодуле 1:6 выделение углекислого газа было максимально, массовая доля несброженных моносахаров в среде была минимальной, брожение протекало достаточно интенсивно. При таком гидромодуле дрожжевые клетки сорбируются на поверхности твердых частей шрота (в клетчатке, целлюлозе и гемицеллюлозе.), в результате существенно уменьшается их массовая доля в среде.

Через 48 часов сбраживания в субстрате накапливается максимальное количество биомассы (в 1 см³ их количество достигает 140 млн. клеток). По окончании процесса брожения шрот отделяли от жидкой фазы и высушивали в сушильном шкафу при температуре 45–50°C. В высушенном шроте определяли массовую долю госсипола. Установлено снижение его содержания до следов, при этом массовая доля протеина составлена 59,7%. Таким образом за счет клеток микроорганизмов содержание протеина увеличилось на 8,7%. Для установления степени влияния высокопротеиновой муки на свойства теста и качество хлеба провели серию лабораторных

пробных выпечек изделий из смеси муки пшеничной первого сорта с пониженными хлебопекарными свойствами. В мучной смеси пшеничную сортовую муку заменяли высокопротеиновой в количестве 1, 3, 5 и 7% к рецептурному количеству муки. Контрольными служили образцы без добавления исследуемой муки. Наилучшие результаты были получены при замене 7% пшеничной муки протеиновой.

Для развития высокопродуктивного животноводства необходимо увеличение производства концентрированных кормов, доля которых непрерывно будет возрастать в общем балансе кормов. Хлопковый шрот, содержащий 42–44% протеина, в состав которого входят все заменимые и незаменимые аминокислоты, комплекс витаминов и ряд других физиологически активных веществ, играет значительную роль в организме сбалансированного по протеину питания животных. В связи с увеличением посевов хлопка в Республики Узбекистан выработка шрота также соответственно увеличится. Однако качество белков хлопкового шрота может быть различным в зависимости от условий его обработки.

В семенах хлопка и продуктах ее переработки, например шротах, не подвергавшихся достаточной переработки, содержатся специфический пигмент госсипол, присутствие которых в значительной степени снижает питательную ценность белка семян хлопка.

Поэтому проводимая переработка должна отличаться высокой избирательностью и направленностью действия и должна оцениваться только определением питательной ценности тестированных шротов в зоотехнических опытах, поставленных с учетом современных достижений в области кормления животных. Использование комплексной оценки питательности корма, позволит решить эту задачу. Однако для успешной организации производства тестированных шротов необходима разработка методов оперативного контроля, основанных на определении ряда физических и химических показателей, определенные значения которых были бы увязаны с питательной ценностью. Поскольку питательная ценность не может быть увязана с каким-то одним показателем, вытекает необходимость разработки комплексной оценки.

Таким образом, вторичные пищевые ресурсы сельского могут служить сырьем для получения пектина, растительного масла, танина, протеиновой муки и кормовых смесей для животных.

Литература:

1. Бешимов Ю.С. Безгоссиполевый шрот для пищевых целей// Пищевая технология и сервис, 2006, №5, Алматы. — с. 17–18.
2. Бешимов Ю.С. научно практические аспекты комплексной переработки хлопчатника для пищевых целей.// Республиканская научно-практическая конференция, 1990, Ташкент. — с. 18.
3. Махмудов А.У. К вопросу переработки хлопковых семян с целью получению муки как возможного источника пищевого белка.// Всесоюзный симпозиум «Медико-биологические аспекты проблемы пищевого белка». Тезисы докладов, изд-во «Фан», 1975, Ташкент. — с. 31–33

Использование беспроводных сетей при построении гибридного сервиса геолокации

Гущин Александр Александрович, студент
Новосибирский государственный университет

В настоящее время все больше российских и зарубежных разработчиков мобильных приложений для смартфонов предлагают сервисы, основанные на технологии геолокации (Location Based Services (LBS)). Данные приложения представляют собой информационные, развлекательные или социальные системы, использующие географическую позицию мобильного устройства. Позиция определяется в большинстве случаев через GPS или A-GPS [1]. При создании этих приложений приходит осознание **проблемы: не все мобильные телефоны оснащены чипом GPS или любым другим чипом, позволяющим с достаточной для обеспечения функциональности точностью определять местоположение аппарата.** А значит, для части пользователей телефонов приложение становится недоступным.

Одним из возможных решений данной проблемы при построении такого рода сервиса является использование либо вышек операторов сотовой связи, либо точек доступа Wi-Fi. Это решение уже успешно внедрено в таких системах, как Google Maps и Яндекс.Карты. Теоретически возможно применение еще одного механизма — технологии Bluetooth — для определения текущих координат устройства.

Разработка массового сервиса, изначально предполагающего наличие большого числа пользователей с разными моделями мобильных устройств, наталкивает на идею комплексно подойти к вопросам определения географических координат и построить гибридную систему геолокации. Суть предложения состоит в использовании упомянутых выше технологий беспроводной связи для определения приблизительной (с определенной точностью) позиции объекта, используя уже известные координаты других пользователей Сервиса.

В общем случае, каждому мобильному телефону доступны хотя бы 2 элемента из данного списка:

- GSM/3G/4G
- Wi-Fi
- Bluetooth
- GPS/ГЛОНАСС

Каждая из технологий беспроводной передачи данных имеет свой радиус действия, и сила сигнала ослабевает внутри данного радиуса по мере удаления от источника сигнала. Современные мобильные устройства обладают механизмами для определения силы принимаемого сигнала RSS (received-signal strength).

Величина RSS измеряется в дБм и определяется как

$$P_{dBm} = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

В случае определения расстояния по силе принимаемого сигнала возможны две модели расчётов:

Fingerprint — основывается на экспериментально полученном шаблоне зависимости силы сигнала от расстояния.

Аналитическое определение расстояния, моделирующее распространение сигнала с помощью сопоставления значения RSSI (Received-Signal Strength Indication) с расстоянием от объекта до приемника.

Во втором случае, наиболее широко распространенной является модель затухания:

$$P(r)_{dBm} = P(r_0)_{dBm} + 10 \cdot d \cdot \log \left(\frac{r_0}{r} \right) + \varepsilon$$

где

$P(r)_{dBm}$ — значение RSSI на расстоянии r , $P(r_0)_{dBm}$ — значение RSSI на заданном расстоянии r_0 , d — коэффициент затухания сигнала (приблизительно равен 2), а ε — добавка, обусловленная внешними факторами и имеющая, соответственно, случайный характер. Как правило, ε предполагается нормально распределенной величиной [2]

Согласно исследованию «Bluetooth Indoor Localization System» (Gunter FISCHER, Burkhard DIETRICH, Frank WINKLER) [3], использование технологии Bluetooth позволяет измерять расстояние с точностью до одного метра. В свою очередь в своем исследовании «Accurate Extraction of Face-to-Face Proximity Using Smartphones and Bluetooth» (Shu Liu, Aaron Striegel) [4], авторы экспериментально показывают, что теоритически рассчитанная дистанция не слишком отличается от практически полученных результатов, что соответственно может быть предусмотрено в системе.

Рассмотрим предлагаемое решение на следующем примере:

- Имеются объекты А, В, С, X и Y, использующие сервис, основанный на геолокации.
- Объекты А, В и С поддерживают технологии Bluetooth и GPS.
- Объект X поддерживает технологию Bluetooth.
- Объект Y поддерживает технологии Bluetooth и Wi-Fi.
- Все объекты поддерживают технологию GSM/3G/4G.

Изначально А, В, С регистрируются в Сервисе. Активируя технологии Bluetooth и GPS объекты сообщают Сервису свои текущие координаты и идентификаторы Bluetooth (также модель объекта для определения максимальной мощности излучаемого сигнала).

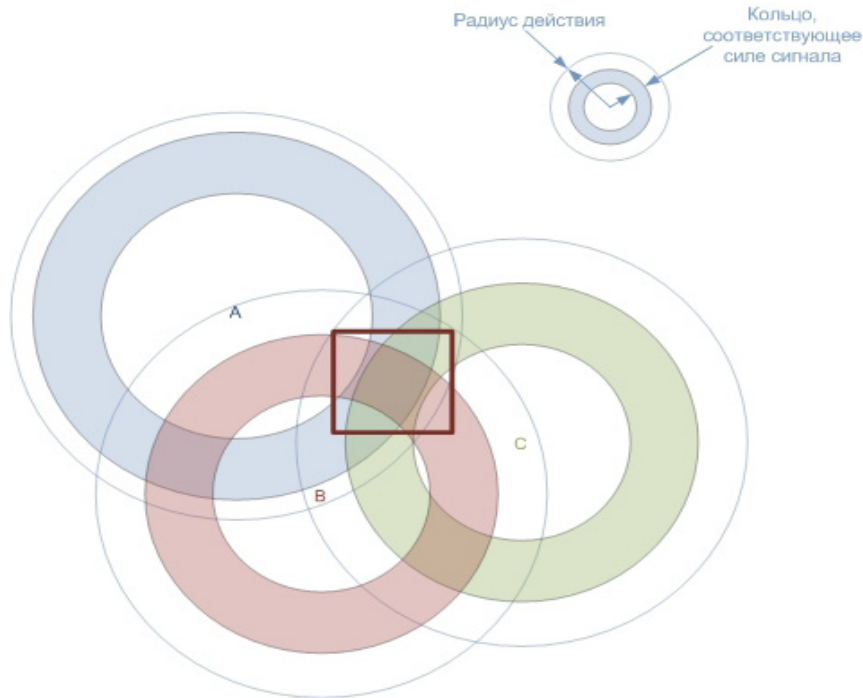


Рис. 1. Определение координат объекта через построение колец действия беспроводной связи вокруг объектов с уже известными координатами основываясь на силе получаемого сигнала, источник: авторская

Далее объект X регистрируется в сервисе, активирует Bluetooth и сообщает сервису идентификатор Bluetooth. Также X сообщает Сервису идентификатор вышки оператора сотовой связи, к которой привязан, и силу сигнала.

На следующем этапе этот же объект сканирует окружение на наличие других Bluetooth устройств и сообщает Сервису идентификаторы всех найденных устройств с указанием силы получаемого сигнала.

На следующем этапе Сервис выбирает из списка переданных идентификаторов те, которые зарегистрированы в системе. Предположим, что в данном случае аппараты А, В и С попали в радиус действия Bluetooth адаптера объекта X.

Сервис сопоставляет идентификаторы из полученного списка с GPS координатами соответствующих объектов. Затем вокруг данных объектов Сервис проводит окружность (для упрощения пример переведен на плоскость, в реальности проводится сфера) с радиусом максимального действия технологии Bluetooth (100 метров). Далее для каждого объекта, в зависимости от силы сигнала, из образованного окружностью круга выбирается кольцо предполагаемого местонахождения объекта X. В идеале в данном случае необходимо было бы использовать окружность, а не кольцо, но принимая во внимание помехи сигнала, необходимо взять припуск в обе стороны.

Область, находящаяся на пересечении данных колец и будет являться позицией объекта X. Для получения аппроксимированной координаты в данном случае необходимо взять точку, находящуюся в центре полученной области, т.е. равноудалённую от границ области.

Также уточнение полученной координаты может быть выполнено применением данного алгоритма к вышке мобильного оператора (используя идентификатор вышки и её координаты, которые известны в большинстве случаев через публичные сервисы, такие как Skyhook). Таким образом, мы получаем еще одно кольцо, которое пересекает предыдущие кольца.

Со своей стороны, объект Y сообщает Сервису такую же информацию как и объект X, но кроме нее также список Wi-Fi вышек и устройств в округе и их силу сигнала. В данном случае, для этого объекта Сервис строит дополнительные кольца вокруг публичных и частных Wi-Fi точек доступа (получение координат также возможно через публичные сервисы, например Skyhook), вокруг устройств, использующих сервис и использующих Wi-Fi.

Надо отметить, что устройство X уже обладает координатой, аппроксимированной Сервисом, и вокруг него также проводится кольцо (в данном случае более широкое, т.к. координата центра изначально не точна).

Ниже представлена сравнительная характеристика технологий Bluetooth, Wi-Fi и GPS с точки зрения точности получаемых значений для определения геолокации и затраты, связанные с данным определением. [4]

В заключении хотелось бы отметить следующие моменты:

- Решение об использовании данного решения должно приниматься исходя из важности получаемой точности для Сервиса.

- Данное решение может иметь место только в случае

Таблица 1. Сравнительная характеристика технологий Bluetooth, Wi-Fi и GPS, источник: авторская

	Bluetooth	Wi-Fi	GPS
Цена оборудования	Средняя	Высокая	Высокая
Покрывтие	Высокое	Высокое (внутри)	Высокое (снаружи)
Энергопотребление	Среднее	Высокое	Высокое
Точность	1–4м	3–30м	5–50м

если вокруг объекта всегда есть другие объекты, использующие сервис (либо Wi-Fi точки).

— Городские постройки создают достаточно сильные помехи для беспроводных технологий, что уменьшает точность получаемого результата. Несмотря на это, многие исследователи сходятся во мнении, что погрешности по-

лучаемых результатов являются предсказуемыми и могут быть изначально скорректированы в модели вычислений. [5]

— Большое число объектов с «точными» координатами, находящиеся вокруг искомого объекта X, значительно повышают точность получаемого результата.

Литература:

1. Fred Zahradnik, «Location-based Service», About.com Guide
2. A.K. M. Mahtab Hossain, Hien Nguyen Van, Yunye Jin, Wee-Seng Soh, «Indoor Localization Using Multiple Wireless Technologies», National University of Singapore, Singapore
3. Gunter FISCHER, Burkhardt DIETRICH, and Frank WINKLER», Bluetooth Indoor Localization System», Innovations for High Performance Microelectronics, Germany, 2004
4. Shu Liu, Aaron Striegel, «Accurate Extraction of Face-to-Face Proximity Using Smartphones and Bluetooth», University of Notre Dame, Notre Dame, IN
5. Soh, Wee-Seng S., «A Comprehensive Study of Bluetooth Signal Parameters for Localization», Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007.

Альтернативный метод эксплуатации автомобилей в зимний период

Друзьянова Варвара Петровна, кандидат технических наук, доцент;
 Анисимов Евсей Евсеевич, старший преподаватель
 Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (г. Якутск)

Предлагается альтернативный метод эксплуатации автомобилей в зимний период. Рассмотрен принцип работы электроподогревателя СТАРТ-М отечественного производства. Проведен расчет по определению экономической эффективности использования электроподогревателей в условиях низких температур.

Ключевые слова: двигатель, теплотехнические устройства, электроподогреватель, теплые стоянки, охлаждающая жидкость, экономическая эффективность.

Эксплуатация автомобилей в зимний период требует утепленных стояночных мест, надлежащего дополнительного оборудования и устройств. Все вышеназванное особенно актуально в условиях Якутии, где зимний период составляет 7–8 месяцев. Всем известно, что сооружение и эксплуатация теплых гаражей — весьма затратный процесс.

В настоящее время в г. Якутске 1 час хранения автотранспорта в теплой стоянке стоит минимум 25 руб. В итоге, при пятидневной рабочей смене за месяц набегает 4400 руб., а за семь месяцев финансовые затраты составят 30800 руб., что весьма накладно автовладельцу.

По нашему мнению, альтернативой энерго-финансово-затратным теплым стоянкам может выступить применение современных теплотехнических устройств. Их грамотное использование дает возможность существенно уменьшить затраты на зимнее хранение авто.

На начальном этапе работы нами проведен патентный поиск с целью выявления и подбора оптимальной марки устройства подогрева охлаждающей жидкости в двигателе внутреннего сгорания. В итоге было решено апробировать электроподогреватель охлаждающей жидкости марки «СТАРТ-М» отечественного производства.

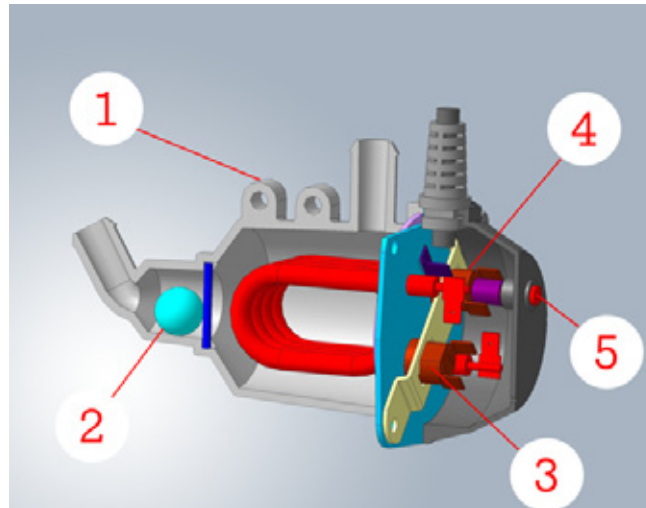


Рис. 1. Электроподогреватель «СТАРТ-М». 1 – корпус; 2 – шарик клапана; 3 – терморегулятор; 4 – аварийный термовыключатель; 5 – кнопка возврата (включения) термовыключателя

Принцип работы электроподогревателя «СТАРТ-М»: Охлаждающая жидкость (тосол, антифриз) нагревается в корпусе подогревателя. Вследствие меньшей плотности нагретая жидкость начинает направленно циркулировать и поступать в рубашку охлаждения двигателя. Место нагретой жидкости занимает более холодная. Так устанавливается естественная термосифонная циркуляция охлаждающей жидкости. Терморегулятор автоматически поддерживает температуру охлаждающей жидкости в заданных пределах, а аварийный термовыключатель предотвращает выход из строя подогревателя при отсутствии в нем охлаждающей жидкости (двойная степень защиты). Время разогрева двигателя зависит от климатических условий (температура, ветер), а также от условий стоянки автомобиля (открытая стоянка, гараж) [1] (см. рис. 1).

Проведен сравнительный анализ расходов в трех вариантах: при содержании автомобиля с применением электроподогревателя «СТАРТ-М», работе автомобиля на холостом ходу при заведенном двигателе и при хранении автомобиля в теплой стоянке (см. таблица 1).

Если учесть, что стоимость 1 электроподогревателя на

1 единицу автотранспорта составляет 3500 рублей, плюс стоимость электропроводки и комплектующих в 1500 рублей, то затраты первого года внедрения и эксплуатации составят:

$$6899,2 + 3500 + 1500 = 11899,2 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости предлагаемых мероприятий на 1 автотранспорт определяем за счет разности стоимостей энергоносителей по следующей формуле:

$$\text{Срок} = Kз / \Delta C_{\text{сод.}}, \text{ лет,}$$

где, $Kз$ – капиталовложения, руб.;

$\Delta C_{\text{сод}}$ – разность в стоимостей за 7 месяцев.

Расчет производится по двум вариантам решения:

1 вариант: При работе двигателя на холостом ходу за 7 месяцев, если двигатель в сутки работает по 8 часов, согласно нашим расчетам расходы на бензин составят 37 844 руб. С учетом затрат на внедрение и эксплуатацию в 11 899,2 руб. срок окупаемости при использовании 1 электроподогревателя составит:

$$\text{Срок.} = 11899,2 / 30944,8 = 0,39 \text{ лет} = 4,68 \text{ месяца}$$

2 вариант: При хранении автотранспорта в теплой автостоянке за 7 месяцев расходы составят 28 000 руб. Тогда,

Таблица 1

Тип энергоносителя	Расход энергоносителя	Расход в денежном выражении за час, руб.	Расход в денежном выражении (руб.) за время простоя на стоянке	За 1 месяц, руб.	Итого за 7 месяцев, руб.
Электричество	1,5 кВт/час	$1,5 \times 3,73^* = 5,6$	$5,6 \times 8 = 44,8$	$44,8 \times 22 = 985,6$	6899,2
Бензин	0,82л/ч	$0,82 \times 37,50^{**} = 30,75$	$30,75 \times 8 = 246,0$	$246 \times 22 = 5412$	37 844
Арендруемая теплая стоянка	-	16...25	$25 \times 8 = 200$	$200 \times 22 = 4000$	28 000

(*) – установленный тариф потребления электроэнергии в г. Якутске по состоянию на 24.03.2013 г.

(**) – цена за 1 литр бензина АИ-92.

с учетом затрат на внедрение и эксплуатацию в 11899,2 руб. срок окупаемости при использовании 1 электроподогревателя составит:

Срок. = $11899,2 / 21100,8 = 0,57$ лет = 6,84 месяца

Таким образом, эксплуатация автотранспорта с использованием теплотехнических устройств (электропо-

догревателей охлаждающей жидкости) дает ощутимую экономию и поддерживает эффективную работу двигателя внутреннего сгорания. Дальнейшее техническое решение будет направлено на разработку технологической автоматизированной линии с применением теплотехнических устройств в условиях Якутии.

Литература:

1. <http://www.podogrev.com>.

Приборы психофизиологического обследования водителей

Дятлов Максим Николаевич, старший преподаватель
Волгоградский государственный технический университет

В перспективе тенденция увеличения автомобильного парка и интенсивности дорожного движения сохраняется. Увеличивается энергонасыщенность, динамичность автомобиля, для водителя нарастает сложность ориентации в дорожной обстановке, сокращается время принятия решения о востребованном маневре (переставка, обгон, поворот, ускорение, замедление или торможение до полной остановки). В дорожном движении все больше присутствует водителей-любителей с недостаточными квалификацией и опытом, а профессионалы (да и любители со стажем), к сожалению, не всегда строго выполняют регламент ПДД [1 с. 3]. Кроме того, следует иметь в виду, что ряд факторов (устоление, заболевание, алкогольная и другие интоксикации, стрессовые воздействия) оказывает на водителя отрицательное влияние, снижая его психофизиологическую надежность. Возросшие требования к водителю вызвали необходимость проведения профилактических мероприятий. На многих автотранспортных предприятиях введены предрейсовые осмотры, в некоторых транспортных организациях осуществляют профессиональный подбор, разрабатывают психофизиологические основы обучения управлению автомобилем, изучают причины ошибочных действий водителей.

Первоначальное обучение водителей в основном проводят автошколы различных ведомств и организаций. Повышение же квалификации водителей ведется непосредственно на автотранспортных предприятиях, где важную роль играют кабинеты по безопасности движения. Использование в указанных целях вспомогательных технических средств заметно повышает эффективность обучения и совершенствование мастерства вождения. Эти средства должны включать не только специальные стенды, позволяющие быстрее овладеть водительскими навыками и совершенствовать их, но также приборы, с помощью которых водитель мог бы периодически проверять и тренировать свои психофизиологические качества, от которых

зависит успешность его профессиональной деятельности (скорость восприятия, скорость реакций, переключение, объем, и распределение внимания, оперативные качества мышления и памяти, эмоциональная устойчивость и другие).

Важное значение имеют также технические средства для регистрации таких физиологических параметров, как частоты пульса и дыхания, величины артериального давления и других, которые являются косвенными показателями эмоционального напряжения человека. [2 с. 3].

Применяемые в настоящее время технические средства для проверки и тренировки психофизиологических функций человека можно разделить на четыре группы:

- контрольно-обучающие;
- демонстрационные;
- тренажеры;
- аппаратура, для исследования психофизиологических функций (рис. 1).

Представленная классификация не является жесткой, поскольку технические средства, входящие в какую либо группу, могут иметь двойное назначение [3 с. 52].

Специфические условия работы водителя требуют от него одинаковой работоспособности и хорошего самочувствия на протяжении всей смены. Любое отклонение от оптимального состояния затрудняет процесс восприятия и переработки информации и тем самым увеличивает вероятность ошибочных действий водителя. Система поддержания работоспособности водителя VIGITON-непрерывный контроль психофизиологического состояния водителя в пути. Система может устанавливаться на любом транспортном средстве. В ее состав входят: свето-звуковой индикатор состояния водителя, наручные датчики, встроенные в браслет и перстень, блок взаимодействия с системами автомобиля. Система предупреждает водителя о приближении его состояния к аварийно-опасному, а других участников дви-

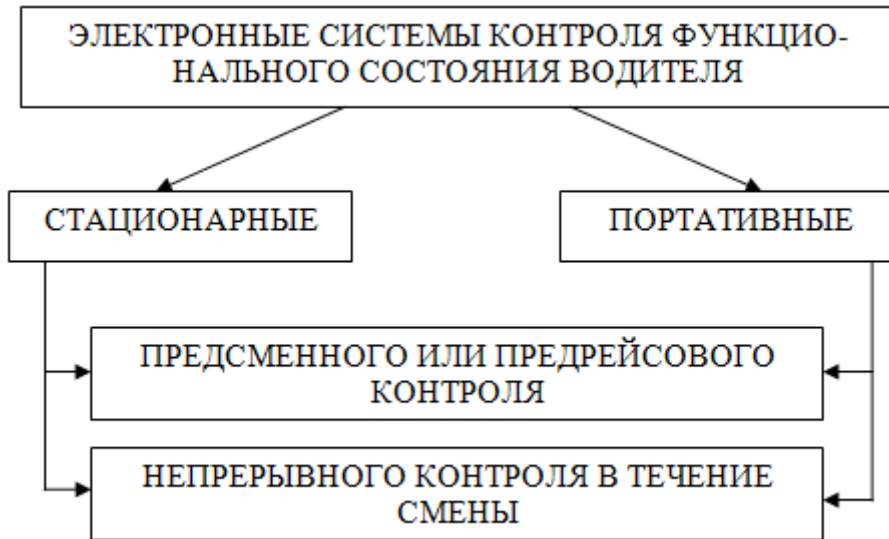


Рис. 1. Электронные системы контроля функционального состояния водителя

жения о том, что транспортное средство неуправляемо – включение внешних аварийных световых и звуковых сигналов [4].

Дифференцированную диагностику функционального состояния органов и систем, с получением психологических характеристик водителя перед выходом на линию выполняют на стационарных многофункциональных диагностических комплексах. Комплекс «РОФЭС» внесён в государственный реестр с 1998 года и внедрён в различных ведомствах и службах с 1995 года (рис. 2).

Время измерения на комплексе 2–3 минуты. Дружественный интерфейс и автоматизация процесса расчёта

оценок позволяет эксплуатировать комплекс специалистам среднего медицинского звена (фельдшер, медсестра). Психологи управления персоналом работают на комплексе, получая психофизиологические оценки [5].

Основные факторы, от которых зависит надёжность водителя: пригодность к управлению автомобилем по состоянию здоровья и психологическим качествам, подготовленность и работоспособность (таблица 1).

Проверка состояния здоровья, функций органов чувств и изучение психофизиологических особенностей абитуриентов, поступающих в автошколы, имеет важное значение для повышения надёжности водителя. Для такого



Рис. 2. Комплекс многоуровневого анализа функционального состояния водителя «РОФЭС»

Таблица 1. Основные факторы надежности и пригодности водителя

Водитель транспортного средства		
Факторы надежности и пригодности к управлению транспортным средством	Мероприятия по сохранению высокого уровня надежности	Приборы психофизиологической диагностики и обучения
Пригодность	Медицинское освидетельствование: проверка состояния здоровья и функций органов чувств; Психофизиологическое обследование: восприятия, внимания, адаптации, реакции, эмоциональной устойчивости	Контрольно-обучающие; Аппаратура, для исследования психофизиологических функций
Подготовленность	Формирование навыков управления автомобилем в различных дорожных ситуациях; Психофизиологическая подготовленность: формирование высоких моральных качеств, сохранение достаточной надежности в чрезвычайных условиях управления транспортным средством	Контрольно-обучающие; Аппаратура, для исследования психофизиологических функций; Демонстрационные; Тренажеры
Работоспособность	Предупреждение состояний организма, снижающих работоспособность водителей: болезненные состояния, утомление, алкогольное опьянение, стресс	Контрольно-обучающие; Аппаратура, для исследования психофизиологических функций;

изучения нужны приборы и методы, которые должны обеспечить на должном научном уровне индивидуализированный подход при медицинском освидетельствовании и профессиональном психофизиологическом отборе и подборе водителей. По результатам экспертизы определяется соответствие или не соответствие физических и психофизиологических возможностей требованиям, предъявляемым к профессии водителя транспортного средства.

Подготовленность водителя определяется наличием у него специальных знаний и навыков. Это прежде всего умение безопасно управлять автомобилем, предвидеть возможные изменения дорожной обстановки и правильно действовать в опасных ситуациях. Такие навыки можно формировать на автомобильных тренажерах. Тренажеры целесообразно оборудовать аппаратурой, регистрирующей движения органами управления, выдерживание заданных параметров, количество ошибок и физиоло-

гические функции, что позволит изучать психофизиологические особенности водителя в условиях, близких к реальным.

Работоспособность водителя не стабильна, она повышается в дневное время, особенно в первой половине дня, и понижается ночью. В течение смены работоспособность также меняется. Кроме того, работоспособность понижается при перегрузке информацией, а также при недогрузке информацией. На работоспособность водителя могут отрицательно влиять такие факторы, как: эмоциональное напряжение в результате опасных дорожных ситуаций, дефицит времени при управлении автомобилем, решение очень трудной задачи, болезненное состояние и другие. Поэтому возникает необходимость в постоянном контроле психофизиологических возможностей водителя и систематическом проведении мероприятий по сохранению высокого уровня надежности. [2 с.14]

Литература:

1. Ходес И.В. Управляемость и активная безопасность автомобиля (водителю, механику, инженеру) / И.В. Ходес. — Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. — 140 с.
2. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей. Игнатов Н.А., Мишуринов В.М., Мушегян Р.Т., Сергеев В.А. — М., Транспорт. 1978. — 88 с., ил.
3. Человек — транспортные средства: Учебное пособие / А.Г. Петрушин, Ю.Я. Комаров; Волгоград. Гос. Техн. ун-т. — Волгоград, 1996. — 105 с.
4. ЗАО «НЕЙРОКОМ» (сайт в интернете neigosot.ru).
5. Уральское научно-производственное предприятие «Альтаим» (сайт в интернете rofes.ru).

Техническое диагностирование и методы контроля механических узлов в машиностроении

Ершов Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, доцент
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

Техническая диагностика — область знаний, охватывающая теорию методы и средства определения технического состояния объектов механических систем, занимается разрешением всех вопросов, связанных с определением состояния механических узлов и характера его изменения с течением времени.

Техническим диагностированием называется определение технического состояния объекта. Объектом технического диагностирования служит изделие и (или) его составные части, подлежащие диагностированию.

Задачи технического диагностирования:

- контроль технического состояния;
- поиск места и определение причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния [1].

Таким образом, первой задачей технического диагностирования является контроль технического состояния, т.е. проверка соответствия значений параметров механического узла требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Техническим состоянием механического изделия называется состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на изделие.

Множество возможных состояний механического узла бесконечно вследствие непрерывности их изменения в пространстве и времени. Основными состояниями являются:

- исправность — состояние узла, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и конструкторской (проектной) документации;
- неисправность — состояние узла, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;
- работоспособность — состояние узла, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции соответствуют всем требованиям нормативно-технической и конструкторской (проектной) документации;
- неработоспособность — состояние узла, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции не соответствует требованиям нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;
- предельное состояние — состояние узла, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или не-

целесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно [2].

Множество возможных состояний механического узла можно разделить по крайней мере на два подмножества, одно из которых включает в себя все состояния, позволяющие узлу выполнять возложенные на него функции, а другое включает в себя состояния, соответствующие наличию в узле неисправности, приводящие к потере им работоспособности. В процессе диагностического контроля устанавливается соответствие состояния механического узла одному из указанных подмножеств.

Второй задачей технического диагностирования является диагностирование с целью определения мест и, при необходимости, причин и видов дефекта механического узла. Такое диагностирование называют поиском дефектов. Анализ состояния исправного механического узла называется диагностированием зарождающихся дефектов, а неисправного — поиском возникшей неисправности [3].

Процесс диагностирования реализуется согласно алгоритму диагностирования — совокупности предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования.

Алгоритм диагностирования опирается на диагностическую модель — формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования. В качестве диагностических моделей могут рассматриваться дифференциальные уравнения, логические соотношения и т.д.

Диагностическая модель в ряде случаев позволяет сформировать систему диагностических параметров, которые в дальнейшем используются при диагностировании механического узла. Для каждого узла можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние. Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования. Различают прямые и косвенные диагностические параметры. Прямой параметр непосредственно характеризует техническое состояние узла. Косвенный же параметр характеризует техническое состояние лишь опосредованно.

Результатом технического диагностирования является технический диагноз.

Третья задача технического диагностирования — прогнозирование технического состояния механического узла с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Задача прогнозирования технического состояния в общем случае заключается в следующем: по результатам диагностирования механического узла в предшествующие

моменты времени необходимо оценить его работоспособность в последующие периоды его функционирования.

Существует два основных подхода к процедуре прогнозирования: экстраполяция и статическая классификация. В качестве математического аппарата экстраполяции используют теорию интерполяции, метод наименьших квадратов, регрессивный анализ, теорию сглаживания, теорию аппроксимации и другие методы. При осуществлении метода статической классификации можно выделить два подхода: распознавание образов и дискриминантный анализ. Для современных высоконадежных механических узлов имеет смысл использовать комбинированный подход, включающий в себя элементы экстраполяции и статической классификации.

Для решения задач диагностирования используется система технического диагностирования, т.е. совокупность средств, объекта и исполнителя, необходимая для проведения диагностирования по правилам, установленным в технической документации.

Рассмотрим основные методы контроля технического состояния механических узлов.

Радиационный метод основан на принципе поглощения и рассеяния проникающей радиации. Для контроля технического состояния механических узлов он часто не может использоваться из-за его низкой чувствительности и необходимости двухстороннего доступа к конструкции узла.

Визуальный метод применяется только для определения поверхностных дефектов.

Термографический метод контроля основан на непосредственном измерении температуры с использованием термометров, термочувствительных красок и люминофоров, жидкокристаллических соединений.

Инфракрасный метод заключается в получении теплового изображения механического узла. Для контроля технического состояния механических узлов тепловые методы применяются редко, так как температура узлов и их дефекты имеют слабую корреляционную связь.

Электрический метод применяется при диагностировании электропроводящих конструкций, полимеров и неметаллических изделий. Его недостатком является низкая чувствительность.

Магнитный метод применяется для обнаружения поверхностных дефектов ферромагнитов.

Вибродиагностика является наиболее распространенным методом технической диагностики. Она обладает рядом особенностей, выделяющих ее в отдельную отрасль знаний. Основной отличительной особенностью вибродиагностики является использование в качестве источников информации не статических параметров, характеризующих качество механических узлов, а динамических, вызывающих появление и распространение возмущений как в самой механической системе, так и в окружающей среде [4]. Широкий частотный и динамический диапазоны, малая инерционность, большая скорость распространения обуславливают быструю реакцию флуктуационного и вибрационного сигналов на изменение технического со-

стояния узла (качественных и количественных характеристик дефектов).

Вибродиагностика — это область знаний, включающая в себя теорию и методы организации процессов распознавания технических состояний механических узлов на основании информации, содержащейся в сигнале вибрации.

Вибрацией называется движение механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин [5]. Колебательные процессы в машинах, механизмах вызываются различными причинами и отличаются по своей физической природе и математическим моделям, что, в свою очередь, определяет разные методы их исследования.

Параметры колебательных процессов наиболее чувствительны к различным отклонениям параметров технического состояния механических узлов от нормы. Поэтому требования обеспечения комплексной безразборной диагностики технического состояния машин и механизмов выдвигают на передний план именно методы вибродиагностики. Эффективность методов вибродиагностики обусловлена не только органической связью информации, содержащейся в сигнале вибрации, с динамическими процессами возбуждения и распространения колебаний в конструкции, но и возможностью автоматизации процессов съема и обработки информации с помощью современной техники и организации процедур диагностирования на основе математического аппарата теории распознавания образов.

Сущность проблемы вибродиагностики состоит в разработке и практической реализации алгоритмов оценки параметров технических состояний механических узлов без их разборки по характеристикам вибрационных процессов, сопровождающих их функционирование.

Научные основы вибродиагностики разрабатываются на базе общей теории технической диагностики, теории информации, теории сигналов, теории колебаний с использованием возможностей электроники и вычислительной техники.

Рассмотрим общие принципы применения вибродиагностики для контроля технического состояния механических узлов механической системы.

Вибродиагностике могут подвергаться любые технические объекты, функционирование которых сопровождается возбуждением колебательных процессов, в том числе и различные узлы механической системы.

Практически любой узел механической системы — это сложная динамическая система, и качество его функционирования зависит от множества факторов. Важной задачей является выбор факторов, существенно влияющих на динамические параметры механической системы.

Расчеты и экспериментальные исследования показывают, что собственная вибрация механических узлов, наряду с другими факторами, в значительной степени зависит от технологических погрешностей, которые можно разделить на две основные группы: погрешности изготовления и погрешности сборки.

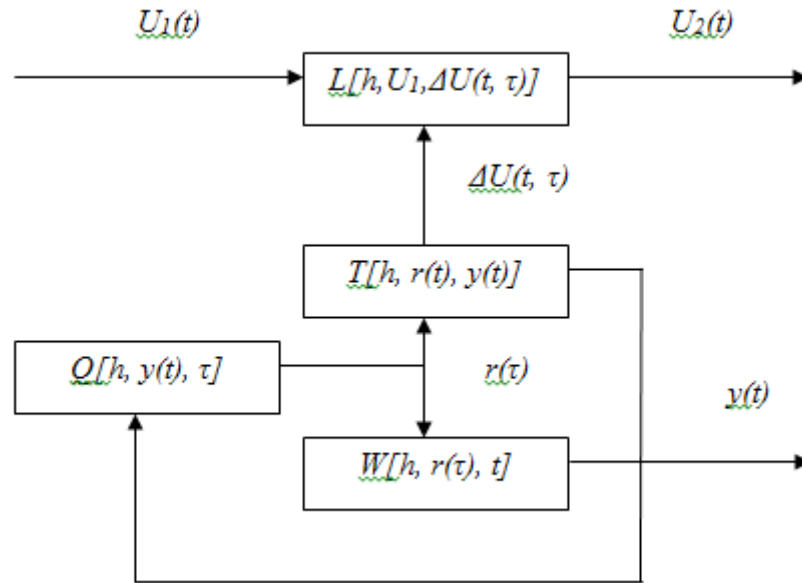


Рис. 1. Структурная схема диагностической модели

Для установления функциональной связи между динамическими характеристиками механических узлов и их геометрическими аномалиями необходимо разработать математическое описание технологических погрешностей.

Построение алгоритмов распознавания в вибродиагностике существенно облегчается в том случае, если удастся построить диагностическую модель, устанавливающую связь между пространством состояния механического узла и пространством диагностических признаков.

Обобщенная схема диагностической модели представлена на рис. 1.

Основные свойства механического узла характеризуются оператором L , который связывает входные и выходные воздействия $U_1(t)$ и $U_2(t)$, где t — время, а также учитывает зависимость $U_2(t)$ от возмущающего фактора $\Delta U(t, \tau)$, (где τ — время), порожденного собственными внутренними процессами. Качество функционирования объекта зависит не только от конструктивных параметров h , но и от возмущений $\Delta U(t, \tau)$, которые изменяются во времени и могут вызвать параметрический отказ си-

стемы. Изменение технического состояния можно контролировать по изменению собственных колебаний $y(t)$ (вибраций), порождаемых внутренними процессами. Основным параметром, связывающим $\Delta U(t, \tau)$ и $y(t)$ в рассматриваемой модели, является вектор $r(\tau)$. Вектор $r(\tau)$ определяется дефектами механического узла. Связь $\Delta U(t, \tau)$ с $r(\tau)$ и $y(t)$ устанавливается оператором T , а связь $y(t)$ с $r(\tau)$ — оператором W . Параметр $r(\tau)$ в условиях длительного функционирования системы изменяется не только в результате процессов старения, но и под действием вибрации. Эти изменения по времени значительно медленнее по сравнению с вибрацией и флуктуацией основных эксплуатационных показателей. Связь между изменениями $r(\tau)$ и вибрацией $y(t)$ устанавливается посредством оператора Q . В рассматриваемой модели существует два вида характерных процессов: быстрые (время t) — вибрация и флуктуация эксплуатационных показателей и медленные (время τ) — изменение параметров $r(\tau)$ (дефектов и других характеристик). Быстрые процессы определяют качество функционирования в рассматриваемый момент времени, а медленные — параметрическую надежность системы.

Литература:

1. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1990, 13 с.
2. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1990, 37 с.
3. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий, М.А. Иванова, А.Г. Соколова, Е.И. Хомяков. М.: Наука, 1984, 116 с.
4. ГОСТ 24346–80. Вибрация. Термины и определения, М. Издательство стандартов, 1991, 31 с.
5. Вибрация в технике: Справочник / Под ред. В.Н. Челомей, М.: Машиностроение, 1980, 6 т.

Результаты конечно-элементного моделирования конструкций восстановления работоспособности железобетонных консолей колонн

Жуков Александр Николаевич

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Использование современных систем автоматизированного инженерного анализа (Computer Aided Engineering – CAE) является на сегодня одним из наиболее эффективных способов оценки прочности, прогнозирования долговечности и оптимизации конструкций и технологических процессов их производства. Среди систем автоматизированного инженерного анализа широкое применение получили следующие программные комплексы: SCAD [1], Lira [2], ANSYS [3], NASTRAN [4] и др. Моделирование конструкций восстановления работоспособности осуществлялось с помощью программно-вычислительного комплекса ANSYS. Программа ANSYS является одной из наиболее эффективных CAE-систем, позволяющая получить высокоточные результаты.

ANSYS (ANSYS, Inc) – многоцелевая программа, предназначенная для решения задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, теплопереноса, электромагнетизма, оптимизации, а также связанных задач механики деформированного твердого тела и электромагнетизма, теплопереноса и электромагнетизма [5].

Численное моделирование конструкций восстановления работоспособности железобетонных консолей колонн, как и физический эксперимент [6], проводилось в 3 этапа:

- моделирование консоли колонны с арматурой;
- моделирование балансирного устройства;
- моделирование сталебетонной обоймы.

Первый этап – моделирование консоли колонны с арматурой заключался в построении геометрии консоли, задание свойств материалов, разбиение на конечные элементы и определение граничных условий решения. Соединение арматуры и бетона производилось через уравнения связей, закрепления – по нижней и верхней вертикальным граням колонны. Приложение нагрузки в размере 13,125 МПа выполнено с помощью команды Pressure (давление), область нагружения аналогична физическому эксперименту. На рисунках 1–2 представлены результаты расчета.

Второй этап – моделирование восстановления работоспособности консоли колонны с помощью балансирных устройств – выполнялся в двух вариантах: с центратором без усиления и с центратором, усиленным пластинами. Приложение нагрузки в размере 2746,8 гН (центратор без усиления) и 2943 гН (усиленный цен-

тратор) выполнено с помощью команды Force (сила), область нагружения аналогична физическому эксперименту. В ходе конечно-элементного моделирования были решены контактные задачи с помощью расширенного метода Лагранжа, который представляет итеративный ряд штрафных корректировок при поиске точечных множителей (коэффициентов) Лагранжа (т. е. контактных сил сцепления) [7]. Контакт накладывался в области пересечения объемных элементов конструкции. На рисунке 3 представлены результаты расчета балансирных устройств с центратором без усиления, а на рисунке 4 – результаты расчета балансирных устройств с усиленным центратором.

Третий этап – моделирование сталебетонных обойм. В процессе численного моделирования была решена контактная задача методом внутренних многоточечных связей, в котором добавляются уравнения, ограничивающие движение деталей и их взаимное перемещение в зоне контакта. На рисунках 5–6 представлены результаты расчета.

Выводы:

1. Анализ результатов расчета консоли колонны показывает, что характер разрушения и напряженно-деформированное состояние аналогичны данным, полученным в ходе физического эксперимента.

2. Анализ результатов расчета восстановления работоспособности консолей колонн с помощью балансирных устройств показывает, что характер разрушения и напряженно-деформированное состояние сопоставимы с физическим экспериментом. Разница напряжений в контрольных точках не превышает 12%. Максимальные деформации не превышают 5,4 мм.

3. Замена поперечного сечения центратора на коробчатое позволяет снизить напряжения на элементах конструкции от 10% до 206%.

4. Анализ результатов расчета восстановления работоспособности консолей колонн с помощью сталебетонных обойм показывает, что характер разрушения и напряженно-деформированное состояние сопоставимы с физическим экспериментом. Разница напряжений в контрольных точках не превышает 11%. Максимальные деформации не превышают 2 мм.

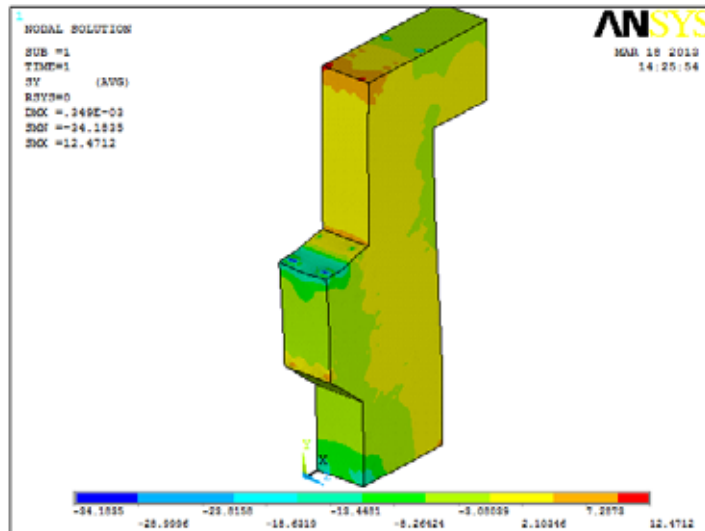


Рис. 1. Напряжения по оси Y

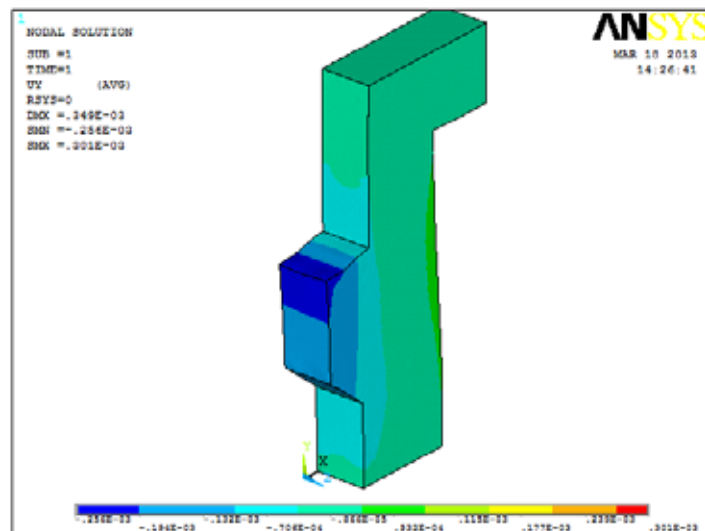


Рис. 2. Перемещения по оси Y

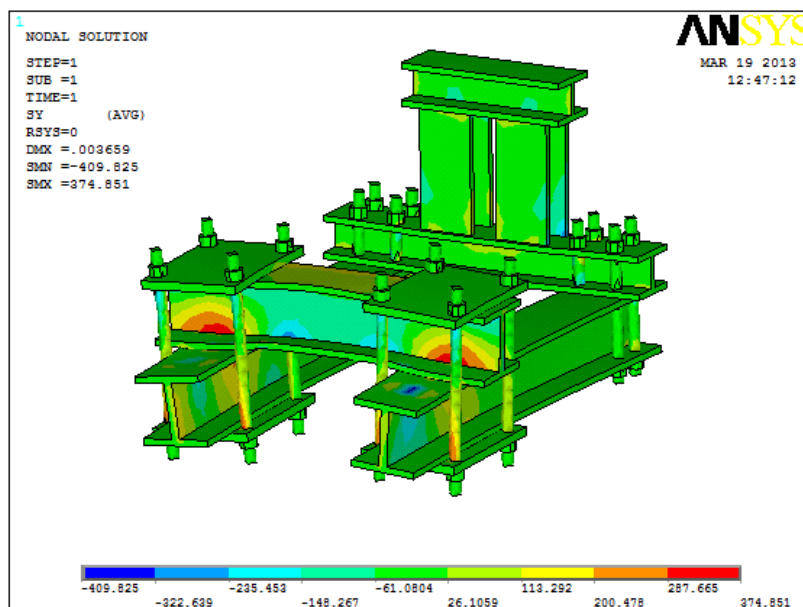


Рис. 3. Напряжения по оси Y на балансирном устройстве

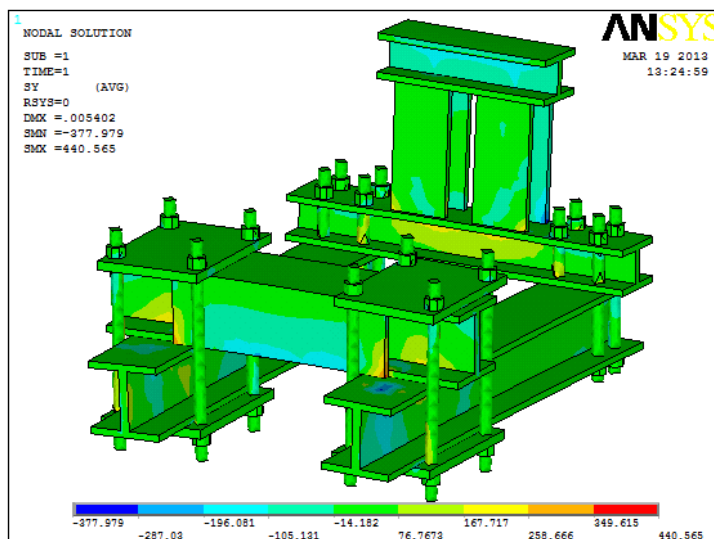


Рис. 4. Напряжения по оси Y на балансирующем устройстве с усиленным центратором

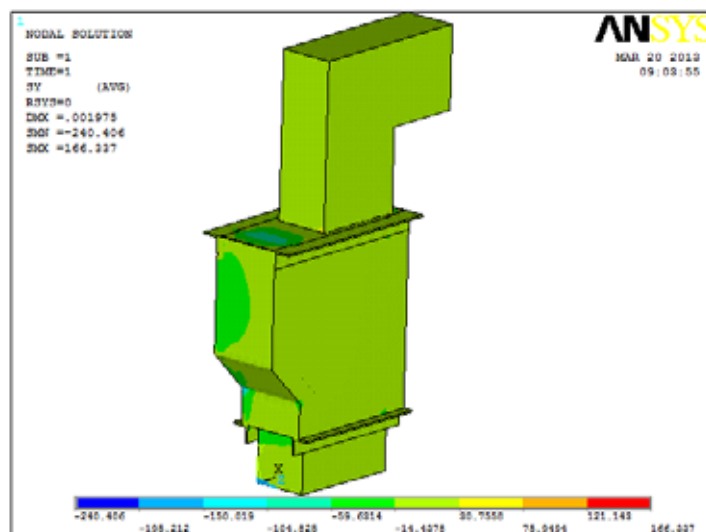


Рис. 5. Напряжения в сталебетонной обойме по оси Y

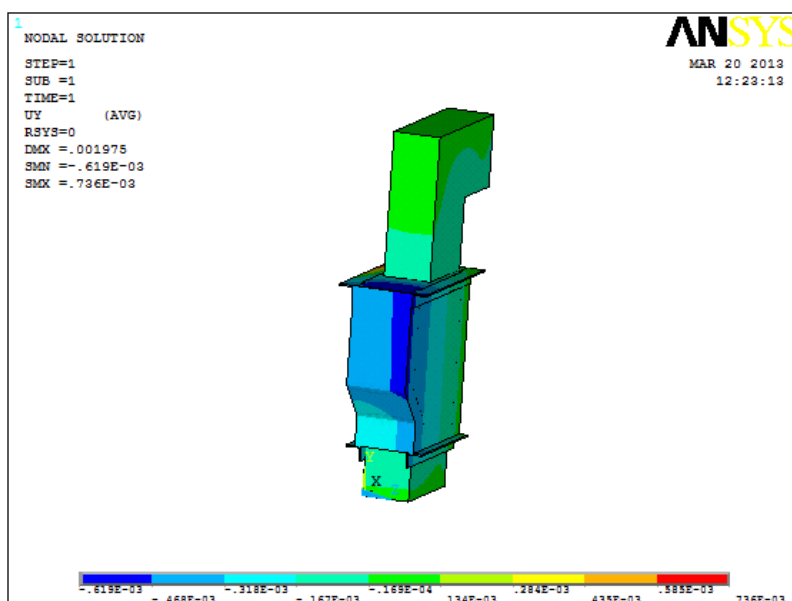


Рис. 6. Перемещения сталебетонной обоймы Y

Литература:

1. SCAD Structure — программы для проектирования стальных и железобетонных конструкций [Электронный ресурс] URL: <http://www.scadgroup.com/> (дата обращения 18.11.2012)
2. ПК ЛИРА-САПР, МОНОМАХ-САПР. Системы Автоматизированного проектирования и расчета зданий [Электронный ресурс] URL: <http://www.rflira.ru/> (дата обращения 18.11.2012)
3. ANSYS — Simulation Driven Product Development [Электронный ресурс] URL: <http://www.ansys.com/> (дата обращения 18.11.2012)
4. NEi Nastran в России и СНГ — Система конечно-элементного анализа CAD/FEA/CAE <http://www.nenastran.ru/> (дата обращения 18.11.2012)
5. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. — ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. Изд. 2-е, испр. М.: ЛЕНАНД, 2010. — 456 с.
6. Результаты экспериментального исследования по восстановлению работоспособности железобетонных консолей колонн теплоэлектростанции [Текст] / А.Н. Жуков, К.К. Нежданов, Булавенко В.О. // Академический Вестник УралНИИПроектРААСН. — 2012, №3, с. 69–74.
7. Решение контактных задач в Ansys 6.1 — Cadfem/ М.: Cadfem, 2003. — 138 с.

Упругие деформации поплавкового подвеса в диффузном акустическом поле

Калинина Мирослава Федоровна, аспирант

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Анализируя динамическое взаимодействие ударной волны с упругой конструкцией, следует постигать природу явления, начиная с упрощенной расчетной модели — как совокупности абсолютно твердых тел. Если имеет место полиагрегатная система, в этом случае представляет интерес не только, и не столько, поступательное перемещение, а предельные его значения в момент окончания переходных процессов. Такие процессы имеют место не только в режиме преодоления звукового барьера, но и при решении, например, задач бомбометания на поражение подводной цели.

Вторая часть изучения явления состоит в переводе расчетных моделей в разряд упруго-податливых. Здесь следует прежде всего определить какая составляющая звукового удара наиболее опасна в свете решаемых задач, затем приступить к формированию аналитического обеспечения. Наконец, составляя дифференциальные уравнения динамики комплектов ЛА, необходимо обязательно вводить в расчетные модели Эйлера силы инерции. Особенно актуальным этот тезис становится при наличии носителя кинетического момента.

Исследования показывают, что упруго-напряженное состояние элементной базы с быстровращающимися маховиками приводит к появлению возмущающих моментов, воспринимаемых как полезный сигнал. Это порождает особенности динамики при летной эксплуатации со всеми вытекающими последствиями нештатного проявления *девиации* (*deviatio*), а в некоторых случаях дрейфа, оси фигуры.

Координатные функции поплавкового подвеса при летной эксплуатации. Диффузное поле. Координатные функции поплавкового подвеса бочкообразной формы аналитически можно представить в виде [1, 2]:

$$U_z(t, z, \varphi) = a_1^{(1)} \exp i \omega_1 t z^2 (1-z)^2 \cos \varphi \cos z + a_1^{(2)} \exp i \omega_1 t z^2 (1-z)^2 \sin \varphi \sin z = \\ = z^2 (1-z)^2 \exp i \omega_1 t (a_1^{(1)} \cos \varphi \cos z + a_1^{(2)} \sin \varphi \sin z); \quad (1)$$

$$U_\varphi(t, z, \varphi) = b_1^{(1)} \exp i \omega_1 t z^2 (1-z)^2 \sin \varphi \cos z + b_1^{(2)} \exp i \omega_1 t z^2 (1-z)^2 \cos \varphi \sin z = \\ = z^2 (1-z)^2 \exp i \omega_1 t (b_1^{(1)} \sin \varphi \cos z + b_1^{(2)} \cos \varphi \sin z); \quad (2)$$

$$W(t, z, \varphi) = c_1^{(1)} \exp i \omega_1 t z^4 (1-z)^4 \cos \varphi \cos z + c_1^{(2)} \exp i \omega_1 t z^4 (1-z)^4 \sin \varphi \sin z = \\ = z^4 (1-z)^4 \exp i \omega_1 t (c_1^{(1)} \cos \varphi \cos z + c_1^{(2)} \sin \varphi \sin z). \quad (3)$$

здесь U_z — протяженность поплавка, U_φ — параллель, W — радиальное упругое перемещение.

Для числового анализа воспользуемся расчетной моделью, аналогом которой служит серийно выпускаемый авиационной промышленностью датчик угловых скоростей класса с жидкостатическим подвесом. Для конкретности примем:

$$\ell = 0,06 \text{ м}; R = 0,015 \text{ м}; \nu = 0,32; h = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}; E = 7 \cdot 10^{10} \text{ Н / м}^2; \rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ Н / м}^3; \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \frac{\pi}{6} \text{ рад};$$

$$k_{01} = \frac{\omega}{c} = \frac{\omega}{330} \text{ м}^{-1}; A = 0,7; B = 0,3; \pi \approx 3. \text{ Вариативные составляющие: } P_{10} \rightarrow \text{var}: P_{10} = 1 \cdot 10^2 \text{ Н / м}^2;$$

$$P_{10} = 2 \cdot 10^2 \text{ Н / м}^2; P_{10} = 3 \cdot 10^2 \text{ Н / м}^2; P_{10} = 4 \cdot 10^2 \text{ Н / м}^2;$$

$$\omega \rightarrow \text{var} \text{ от } 600 \text{ до } 6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \text{ с шагом } 600;$$

$$\varphi \rightarrow \text{var} \text{ от } 0 \text{ до } 2\pi \text{ рад с шагом } 0,05;$$

$$z \rightarrow \text{var} \text{ от } 0 \text{ до } 1 \text{ с шагом } 0,005.$$

Значения максимальных перемещений по трем направлениям представлены в табл. 1 ($U_{z \max}$), табл. 2 ($U_{\varphi \max}$), табл. 3 (W_{\max}).

Таблица 1. Максимальные упругие перемещения $U_{z \max}$ поверхности среднего шпангоута бочонка

$\omega, \text{ с}^{-1}$	$U_{z, i}$			
	$P_{10} = 100, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 200, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 300, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 400, \text{ Н/м}^2$
600	$0,9819 \cdot 10^{-8}$	$1,9638 \cdot 10^{-8}$	$2,9457 \cdot 10^{-8}$	$3,9276 \cdot 10^{-8}$
1200	$0,7407 \cdot 10^{-8}$	$1,4814 \cdot 10^{-8}$	$2,2221 \cdot 10^{-8}$	$2,9628 \cdot 10^{-8}$
1800	$0,4869 \cdot 10^{-8}$	$0,9738 \cdot 10^{-8}$	$1,4607 \cdot 10^{-8}$	$1,9476 \cdot 10^{-8}$
2400	$0,312 \cdot 10^{-8}$	$0,624 \cdot 10^{-8}$	$0,936 \cdot 10^{-8}$	$1,248 \cdot 10^{-8}$
3000	$0,224 \cdot 10^{-8}$	$0,448 \cdot 10^{-8}$	$0,672 \cdot 10^{-8}$	$0,896 \cdot 10^{-8}$
3600	$0,1836 \cdot 10^{-8}$	$0,3672 \cdot 10^{-8}$	$0,5508 \cdot 10^{-8}$	$0,7344 \cdot 10^{-8}$
4200	$0,1577 \cdot 10^{-8}$	$0,3154 \cdot 10^{-8}$	$0,4731 \cdot 10^{-8}$	$0,6308 \cdot 10^{-8}$
4800	$0,1366 \cdot 10^{-8}$	$0,2732 \cdot 10^{-8}$	$0,4098 \cdot 10^{-8}$	$0,5464 \cdot 10^{-8}$
5400	$0,1208 \cdot 10^{-8}$	$0,2416 \cdot 10^{-8}$	$0,3624 \cdot 10^{-8}$	$0,4832 \cdot 10^{-8}$
6000	$0,109 \cdot 10^{-8}$	$0,218 \cdot 10^{-8}$	$0,327 \cdot 10^{-8}$	$0,436 \cdot 10^{-8}$

Таблица 2. Максимальные упругие перемещения $U_{\varphi \max}$ поверхности среднего шпангоута бочонка

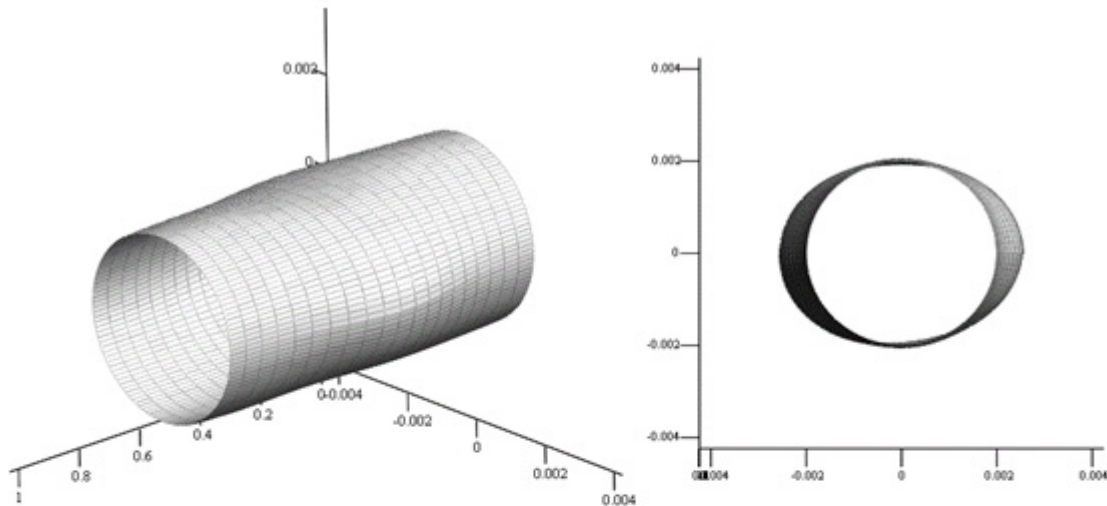
$\omega, \text{ с}^{-1}$	$U_{\varphi, i}$			
	$P_{10} = 100, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 200, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 300, \text{ Н/м}^2$	$P_{10} = 400, \text{ Н/м}^2$
600	$4,506 \cdot 10^{-8}$	$9,012 \cdot 10^{-8}$	$13,518 \cdot 10^{-8}$	$18,024 \cdot 10^{-8}$
1200	$4,466 \cdot 10^{-8}$	$8,932 \cdot 10^{-8}$	$13,398 \cdot 10^{-8}$	$17,864 \cdot 10^{-8}$
1800	$4,425 \cdot 10^{-8}$	$8,85 \cdot 10^{-8}$	$13,275 \cdot 10^{-8}$	$17,7 \cdot 10^{-8}$
2400	$4,397 \cdot 10^{-8}$	$8,794 \cdot 10^{-8}$	$13,191 \cdot 10^{-8}$	$17,588 \cdot 10^{-8}$
3000	$4,381 \cdot 10^{-8}$	$8,762 \cdot 10^{-8}$	$13,143 \cdot 10^{-8}$	$17,524 \cdot 10^{-8}$
3600	$4,371 \cdot 10^{-8}$	$8,742 \cdot 10^{-8}$	$13,113 \cdot 10^{-8}$	$17,484 \cdot 10^{-8}$
4200	$4,361 \cdot 10^{-8}$	$8,722 \cdot 10^{-8}$	$13,083 \cdot 10^{-8}$	$17,444 \cdot 10^{-8}$
4800	$4,351 \cdot 10^{-8}$	$8,702 \cdot 10^{-8}$	$13,053 \cdot 10^{-8}$	$17,404 \cdot 10^{-8}$
5400	$4,34 \cdot 10^{-8}$	$8,68 \cdot 10^{-8}$	$13,02 \cdot 10^{-8}$	$17,36 \cdot 10^{-8}$
6000	$4,328 \cdot 10^{-8}$	$8,656 \cdot 10^{-8}$	$12,984 \cdot 10^{-8}$	$17,312 \cdot 10^{-8}$

Таблица 3. Максимальные упругие перемещения W_{max} поверхности среднего шпангоута бочонка

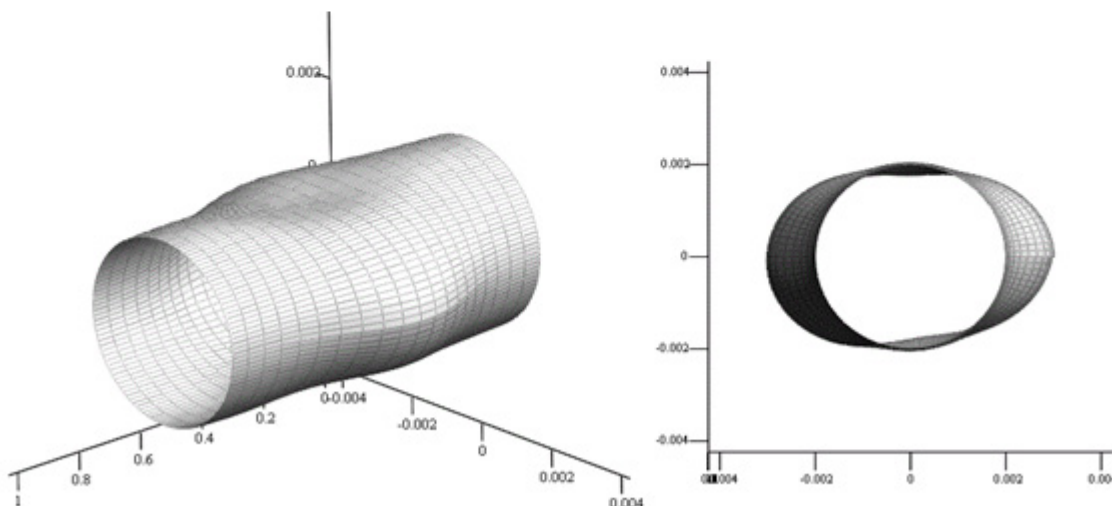
ω, c^{-1}	W, i			
	$P_{10} = 100, H/M^2$	$P_{10} = 200, H/M^2$	$P_{10} = 300, H/M^2$	$P_{10} = 400, H/M^2$
600	$4,786 \cdot 10^{-8}$	$9,572 \cdot 10^{-8}$	$14,358 \cdot 10^{-8}$	$19,144 \cdot 10^{-8}$
1200	$4,765 \cdot 10^{-8}$	$9,53 \cdot 10^{-8}$	$14,295 \cdot 10^{-8}$	$19,06 \cdot 10^{-8}$
1800	$4,741 \cdot 10^{-8}$	$9,482 \cdot 10^{-8}$	$14,223 \cdot 10^{-8}$	$18,964 \cdot 10^{-8}$
2400	$4,721 \cdot 10^{-8}$	$9,442 \cdot 10^{-8}$	$14,163 \cdot 10^{-8}$	$18,884 \cdot 10^{-8}$
3000	$4,704 \cdot 10^{-8}$	$9,408 \cdot 10^{-8}$	$14,112 \cdot 10^{-8}$	$18,816 \cdot 10^{-8}$
3600	$4,689 \cdot 10^{-8}$	$9,378 \cdot 10^{-8}$	$14,067 \cdot 10^{-8}$	$18,756 \cdot 10^{-8}$
4200	$4,673 \cdot 10^{-8}$	$9,346 \cdot 10^{-8}$	$14,019 \cdot 10^{-8}$	$18,692 \cdot 10^{-8}$
4800	$4,654 \cdot 10^{-8}$	$9,308 \cdot 10^{-8}$	$13,962 \cdot 10^{-8}$	$18,616 \cdot 10^{-8}$
5400	$4,634 \cdot 10^{-8}$	$9,268 \cdot 10^{-8}$	$13,902 \cdot 10^{-8}$	$18,536 \cdot 10^{-8}$
6000	$4,612 \cdot 10^{-8}$	$9,224 \cdot 10^{-8}$	$13,836 \cdot 10^{-8}$	$18,448 \cdot 10^{-8}$

В направлении протяженности значения U_{zmax} существенно по величине не отличаются, а в направлении параллели (φ) и в радиальном направлении (W) — отличаются практически в два раза.

Деформированное состояние поверхности, как и следовало ожидать в диффузном поле, имеет более сложную структуру (рис. 1).



а)



б)

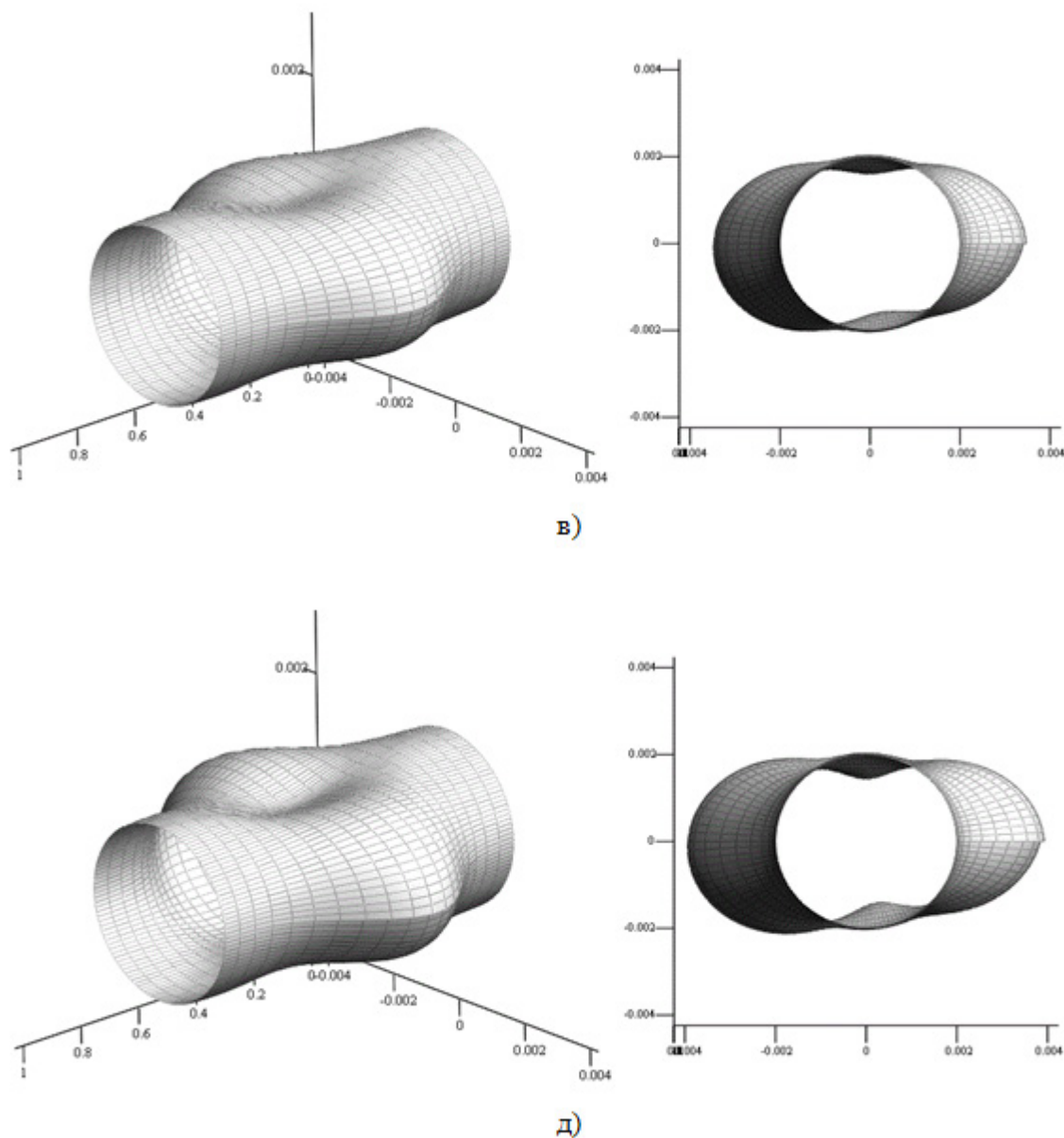


Рис. 1. Деформированная поверхность подвеса в виде бочонка в диффузном поле на частоте $\omega = 3000 \text{ c}^{-1}$:
 а) $P_{10} = 100, \text{ Н/м}^2$; б) $P_{10} = 200, \text{ Н/м}^2$; в) $P_{10} = 300, \text{ Н/м}^2$; г) $P_{10} = 400, \text{ Н/м}^2$

Литература:

1. Карачун В.В., Каюк Я.Ф., Мельник В.Н. Волновые задачи поплавкового гироскопа. — К.: «Корнейчук», 2007. — 228 с.
2. Melnik V.N., Karachun V.V. Some Aspects of the Gyroscopic Stabilization in Acoustic fields// Int. Appl. Mech. — 2002. — 38, № 1ю — P. 74–80.

Сравнение методов настройки ПИД-регулятора при колебаниях параметров возмущающего воздействия

Мелков Денис Александрович, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Ключевые слова: ПИД-регулятор, нечёткий регулятор, метод Зиглера-Николса, нейро-нечёткая сеть.

Известно, что ПИД-регулятор относится к наиболее распространённому типу регуляторов. Порядка 90–95 % регуляторов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД-алгоритмы [1, с. 106]. В связи с этим возникает вопрос о выборе метода настройки коэффициентов ПИД-регулятора.

Сложные технологические процессы связаны с влиянием на них целого ряда неопределённых факторов (внешних и параметрических возмущений). [3, с. 171] Для получения ожидаемых характеристик АСУ, работающих в условиях неопределённости, особую актуальность в теории управления приобретают адаптивные подходы [4, с. 53]. Один из таких подходов – использование аппарата нечёткой логики.

В работах [1], [4], [5] сравниваются методы настройки ПИ- и ПИД-регуляторов в САУ, функционирующих в условиях параметрических возмущений (изменений значений передаточной функции объекта управления). В настоящей работе будет проведён сравнительный анализ методов расчёта оптимальных настроек ПИД-регулятора, работающего в условиях внешних возмущений разной величины.

В качестве примера выбран объект управления второго порядка с запаздыванием, параметры которого следующие: $K_{об} = 10$, $T_{об} = 2$, $\tau_{об} = 0,4$. (рис. 1)

Существуют приближённые формулы оптимальных настроек регуляторов. Они основаны на аналитических исследованиях Коэна-Куна, Чина, Хронса и Ресвика, [6, с. 58–59]. Зная параметры объекта регулирования, нетрудно рассчитать коэффициенты ПИД-регулятора. При подстановке найденных коэффициентов в исходную САУ получаем незатухающий колебательный процесс. Следовательно, приближённые формулы не позволяют адекватно настроить ПИД-регулятор.

Настроим регулятор методом незатухающих колебаний (Зиглера-Никольса). Популярность этого метода

обусловлена отсутствием сложных математических расчётов и тем, что адаптивные контроллеры зарубежных и отечественных производителей, как правило, реализуют метод Зиглера-Николса [5]. Настроим регулятор частотным методом: по КЧХ вспомогательной функции [7, с. 155]. Показатели качества САУ, полученные при обоих методах, занесём в таблицу 2.

Подадим на объект внешнее возмущение в виде константы, подведём его к сумматору, расположенному на рис. 1 перед блоком «Object upravleniya». Меняя значение константы от 0,02 до 10, вычислим значения критического коэффициента пропорциональности $K_{кр}$ и критического периода ПИД-регулятора $T_{кр}$ согласно методу Зиглера-Никольса [6, с. 62]. Изменение K_v не влияет на значения $K_{кр}$ и $T_{кр}$, значит, настройки ПИД-регулятора, вычисленные при отсутствии внешнего возмущения методом Зиглера-Николса и частотным методом, можно использовать при возмущении типа константа. Данные о качестве переходного процесса САУ при различных величинах возмущающего воздействия K_v и его отсутствии представлены в таблице 1.

САУ с параметрами ПИД-регулятора, вычисленными частотным методом, обладает меньшим качеством управления.

Возмущения могут иметь вид не только безынерционного звена. Рассмотрим ситуацию, когда на объект управления налагается внешнее возмущение в виде инерционного звена первого порядка. Зафиксируем коэффициент усиления (пусть $K=5$). Будем подавать в систему внешнее возмущение с различными значениями постоянной времени интегрирующего звена T_v . Вычислим соответствующие $K_{кр}$ и $T_{кр}$ (таблица 2)

При значениях T_v от 0,02 до 0,8 значения $T_{кр}$ остаются практически неизменными (дрейф показаний обусловлен точностью расчёта Simulink), от 0,8 до 10 начинают уве-

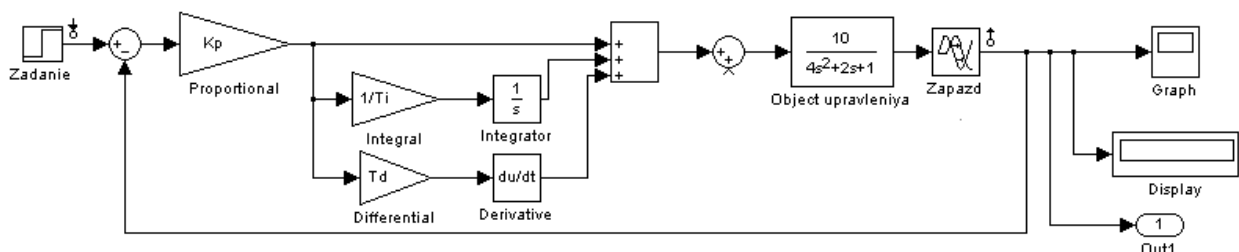


Рис. 1. Схема САУ с ПИД-регулятором

Таблица 1

K_v	Зиглера-Николса				КЧХ вспомогательной функции			
	A_1	A_2	ψ	t_p	A_1	A_2	ψ	t_p
0	1,3654	1,0497	0,231214	12,1408	1,3226	1,0513	0,205126	13,6324
0,02	1,4181	1,0559	0,255412	12,6927	1,3911	1,0591	0,23866	14,2074
0,05	1,5081	1,0672	0,292355	13,2134	5,1348	1,0686	0,791891	14,7643
0,1	1,4181	1,0482	0,260842	12,6427	1,6711	1,0911	0,347077	14,706
0,3	2,0685	1,1229	0,457143	10,1904	2,4304	1,1817	0,513784	18,0103
0,5	2,5049	1,1734	0,531558	10,5421	3,4551	1,3412	0,61182	20,0761
0,7	2,9447	1,2243	0,584236	10,5115	3,9969	1,4499	0,637244	19,8589
1	4,478	1,3958	0,688298	14,4075	5,1348	1,5024	0,707408	22,5471
3	8,0894	1,8771	0,767956	14,9888	13,4074	2,4981	0,813678	26,9678
5	12,4436	2,3245	0,813197	19,3021	20,2497	3,5002	0,827148	26,1207
7	24,068	3,893	0,83825	24,9696	29,4386	4,6213	0,843019	28,9784
10	23,8726	3,3812	0,858365	19,3021	41,2563	6,2764	0,847868	26,9426

где $A_{1,2}$ – соседние амплитуды одного знака, ψ – степень затухания, t_p – время регулирования.

Таблица 2

T_v	0,02	0,05	0,08	0,1	0,13	0,15	0,18	0,2	0,21	0,22
K_{kp}	0,5195	0,521	0,5231	0,5261	0,5277	0,5242	0,5061	0,4927	0,4787	0,4648
T_{kp}	5,315	5,352	5,2939	4,9704	5,3276	5,0651	5,4919	5,2451	5,558	5,4203
T_v	0,25	0,28	0,3	0,32	0,34	0,37	0,4	0,45	0,5	0,6
K_{kp}	0,44	0,415	0,412	0,4087	0,407	0,425	0,425	0,425	0,43	0,43
T_{kp}	5,3987	5,5966	5,4893	6,746	5,4389	5,5257	5,2567	5,4229	5,391	5,4644
T_v	0,7	0,8	1	1,1	1,2	1,4	2	5	8	10
K_{kp}	0,44	0,43	0,415	0,4138	0,4132	0,4111	0,41	0,344	0,33	0,31
T_{kp}	5,3913	5,2551	6,1955	5,6813	5,6052	5,6043	5,8788	5,1497	6,7002	7,0353

личиваться. K_{kp} имеет два локальных максимума: при $T_v = 0,13$ и $T_v = 0,7$.

Серия экспериментов показала, что при наличии внешнего возмущающего воздействия в виде инерционного звена необходимо осуществлять перенастройку ПИД-регулятора. Этого недостатка лишена САУ с нечётким блоком настройки ПИД-регулятора. Известно, что нечеткое управление основано на практическом применении знаний квалифицированных специалистов, представленных в форме лингвистических баз правил. Нечеткое управление эффективно в случаях недетерминированности параметров объектов, когда существует определенный опыт экспертов по управлению и настройке автоматизированной системы регулирования (АСР). [5]

В настоящей работе параметры объекта управления уже заданы, но существует дрейф параметров внешнего возмущения. Экспертом в данном случае выступает исследователь, проводящий серию опытов.

Зная связь между K_{kp} и T_{kp} и коэффициентами ПИД-регулятора: $K_p = 0,6 * K_{kp}, T_i = 0,5 * T_{kp}, T_d = 0,125 * T_{kp}$ [6, с. 62], спроектируем на основе полученных в таблице 2 данных нечёткую экспертную систему в прикладном пакете Matlab Fuzzy Logic Toolbox (редактор FIS). В этой среде наглядно представлены функции принадлежности и база правил, но математический алгоритм нечёткого вывода Мамдани и Сугено скрыт от пользователя. Для простоты реализации функциям принадлежности задан трапецидальный или треугольный вид.

Функция принадлежности, представляющая терм «малое значение «mal»» входной лингвистической переменной «постоянная интегрирования внешнего возмущения «Tv»», представлена в виде $f(x) = [1, x <= -0,18; 3,57 - x/0,07, 0,18 < x <= 0,25; 0, 0,18 < x]$

Терм «небольшое значение «neb»»: $f(x) = [0, x <= 0,18; x/0,02 - 9, 0,18 < x <= 0,2; 1, 0,2 < x <= 0,28; -x/0,06 + 4,73, 0,28 < x <= 0,34; 0, 0,34 < x]$

Терм «среднее значение «sr»»: $f(x) = [0, x <= 0,3; x/0,07 - 4,29, 0,3 < x <= 0,37; 1, 0,37 < x <= 0,8; -x/0,4 + 1,6, 0,8 < x <= 1,2; 0, 1,2 < x]$

Терм «немалое значение «nema»»: $f(x) = [0, x <= 1; x/0,2 - 5, 1 < x <= 1,2; 1, 1,2 < x <= 3; -x/2 + 2,5, 3 < x <= 5; 0, 5 < x]$

Терм «большое значение «bol»»: $f(x) = [0, x <= 2; x/3 - 2/3, 2 < x <= 5; 1, 5 < x]$

Функция принадлежности, представляющая терм «малое значение «mal»» выходной лингвистической переменной «коэффициент пропорциональности ПИД-регулятора «Kp»», представлена в виде $f(x) = [0, x <= 0,177; x/0,009 - 19,6667, 0,177 < x <= 0,186; 1, 0,186 < x <= 0,2064; -x/0,0396 + 6,2121, 0,2064 < x <= 0,246; 0, 0,246 < x]$

Терм «neb»: $f(x) = [0, x <= 0,23; x/0,018 - 12,7778, 0,23 < x <= 0,248; -x/0,01 + 25,8, 0,248 < x <= 0,258; 0, 0,258 < x]$

Терм «sr»: $f(x) = [0, x <= 0,246; x/0,01 - 24,6, 0,246 < x <= 0,256; 1, 0,256 < x <= 0,258; -x/0,06 + 5,3, 0,258 < x <= 0,264; 0, 0,264 < x]$

Терм «nema»: $f(x) = [0, x <= 0,249; x/0,0299 - 8,3278, 0,249 < x <= 0,2789; -x/0,0248 + 12,246, 0,2789 < x <= 0,3037; 0, 0,3037 < x]$

Терм «bol»: $f(x) = [0, x <= 0,2872; x/0,0245 - 11,7224, 0,2872 < x <= 0,3117; 1, 0,3117 < x]$

Функция принадлежности, представляющая терм «малое значение «mal»» выходной лингвистической переменной «постоянная интегрирования ПИД-регулятора «Ti»», представлена в виде $f(x) = [1, x <= -0,18; 3,57 - x/0,07, 0,18 < x <= 0,25; 0, 0,18 < x]$

Терм «mal»: $f(x) = [1, x <= 2,663; -x/0,036 - 74,9722, 2,663 < x <= 2,699; 0, 2,699 < x]$

Терм «neb»: $f(x) = [0, x <= 2,623; x/0,118 - 22,2288, 2,623 < x <= 2,741; -x/0,057 + 49,0877, 2,741 < x <= 2,798; 0, 2,798 < x]$

Терм «nema»: $f(x) = [0, x <= 2,732; x/0,168 - 16,2619, 2,732 < x <= 2,9; -x/0,4 + 8,25, 2,9 < x <= 3,3; 0, 3,3 < x]$

Терм «bol»: $f(x) = [0, x <= 2,93; x/0,42 - 6,9762, 2,93 < x <= 3,35; 1, 3,35 < x]$

1. If (Tv is mal) then (Kp is bol)(Ti is mal) (1)
2. If (Tv is neb) then (Kp is nema)(Ti is mal) (1)
3. If (Tv is sr) then (Kp is sr)(Ti is nebol) (1)
4. If (Tv is nema) then (Kp is neb)(Ti is nema) (1)
5. If (Tv is bol) then (Kp is mal)(Ti is bol) (1)

Рис. 2. База правил нечёткого регулятора

Полученные в редактор FIS данные (K_p и T_i) — два из трёх настроечных параметров ПИД-регулятора, но со-

гласно методу Зиглера-Николса существует связь между постоянной интегрирования T_i и постоянной дифференцирования T_d ($T_d = 0,25 * T_i$), поэтому нет необходимости в выходной лингвистической переменной «постоянная дифференцирования ПИД-регулятора "Td"».

Спроектируем нейро-нечеткий регулятор для аппроксимации настроек ПИД-регулятора. Данную задачу можно осуществить в редакторе ANFIS, который позволяет автоматически синтезировать нечеткую нейронную сеть (ННС) из экспериментальных данных. ННС можно рассматривать как одну из разновидностей систем нечеткого логического вывода типа Сугено. [2, с. 5] Количество циклов зададим равное 40, метод обучения — обратного распространения ошибки. Таких сетей создано две — в одной функции принадлежности и базу данных система сформирует автоматически, в другой — сформирована автором на основании данных таблицы 2: вид функций принадлежности всех лингвистических переменных — треугольная ломаная, для входной лингвистической переменной «постоянная интегрирования возмущающего воздействия» T_v , вершина каждого из 40 термов совпадает соответственно с текущим значением T_v (входная переменная), левая и правая сторона соответственно с предыдущим и следующим значением T_v в таблице 2; термы выходных лингвистических переменной K_p и T_i строятся аналогично. В действительности создано четыре нейро-нечётких сети — по две на пользовательскую и непользовательскую. Это связано с тем, что редактор ANFIS программы Matlab допускает использование только алгоритма Сугено для одной выходной переменной. В двух пользовательских базах правил по 30 правил.

База, сформированная пользователем, оказалась более точной; предложенная программой хуже аппроксимирует экспериментальные данные.

Сравним качество управления при настройках, полученных нечётким регулятором и двумя нейро-нечёткими сетями. В качестве входных значений выбраны не входящие в таблицу числа из диапазона T_v [0:10]. Результаты представлены в таблицах 4–6.

Интерпретация результатов настоящей статьи:

1. Приближённые формулы настройки ПИД-регулятора являются неточными.

2. Метод Зиглера-Николса является более точным по сравнению с частотным методом (по КЧХ вспомогательной функции), особенно при возмущении типа интегрирующее звено, так как позволяет учитывать изменения параметров возмущения.

3. При помощи метода Зиглера-Николса можно получить только фиксированные настройки; необходим пересчёт фиксированных настроек Зиглера-Николса при дрейфе постоянной интегрирования внешнего воздействия.

4. Если возмущение имеет вид константы (безынерционного звена), то фиксированные настройки ПИД-регулятора менять не следует.

Таблица 4

Нечёткий регулятор							
T_v	K_p	$T_i T_i$	T_d	A_1	A_3	ψ	t_p
0,0300	0,3070	2,5800	0,645	16,0186	3,6914	0,7696	27,9406
0,1900	0,2900	2,5800	0,645	17,6820	4,4266	0,7497	30,3206
0,3500	0,2550	2,7200	0,68	18,0724	4,1409	0,7709	45,6708
1,3000	0,2450	2,9800	0,745	14,5579	2,6957	0,8148	*
6,5000	0,2070	3,3100	0,8275	8,3621	0,0000	1,0000	182,1826

где * – незатухающие колебания

Таблица 5

Нейро-нечёткая сеть-1							
T_v	K_p	$T_i T_i$	T_d	A_1	A_3	ψ	t_p
0,0300	0,2820	2,7400	0,685	16,6403	3,2825	0,8027	25,5787
0,1900	0,2790	2,7400	0,685	17,7379	3,8146	0,7849	17,7036
0,3500	0,2760	2,7400	0,685	17,0840	3,6509	0,7863	*
1,3000	0,2560	2,7500	0,6875	14,4792	3,0396	0,7901	*
6,5000	0,1870	3,0200	0,755	8,9975	0,0000	1,0000	49,3115

Таблица 6

Нейро-нечёткая сеть-2							
T_v	K_p	T_i	T_d	A_1	A_3	ψ	t_p
0,0300	0,3120	2,6600	0,665	15,7613	3,3690	0,7862	24,6753
0,1900	0,3000	2,6700	0,6675	17,3260	4,1149	0,7625	26,4516
0,3500	0,2480	2,5900	0,6475	18,6683	4,0601	0,7825	*
1,3000	0,2470	3,1000	0,775	14,9285	2,4939	0,8329	*
6,5000	0,2020	2,9600	0,74	8,4582	0,0000	1,0000	197,2161

5. Полученный нечёткий регулятор является адаптивным.

6. Для построения функции принадлежности нечёткого регулятора необходимы знания эксперта; нелинейность зависимости критического коэффициента усиления от постоянной интегрирующего звена внешнего возмущения показывает, что эксперт (носитель статистических данных о работе САУ) является уникальным.

7. Нейро-нечёткая сеть позволяет аппроксимировать полученные настройки на всём необходимом диапазоне. Сеть с пользовательскими настройками выдаёт более адекватные результаты, нежели сеть с базой данных, предложенной системой. Однако нейро-нечёткая сеть уступает по своим характеристикам нечёткому регулятору в области «редких» значений (в настоящей работе при $T_v > 1$)

Литература:

1. Волянский С.М. Сравнительный анализ регуляторов, применяемых в системах управления энергосберегающим электроприводом постоянного тока / С.М. Волянский, Я.Б. Волянская // Вестник КГПУ им. Михаила Остроградского. – 2008. – Выпуск 4 (51). – С. 106–108.
2. Мишин А.А. Методы построения баз знаний для управления нелинейными динамическими системами / А.А. Мишин, Н.Ю. Нефедов, С.П. Петров // Системный анализ в науке и образовании [Электронный журнал]. – 2011. – №2. – С. 1–34.

3. Михайленко В.С. Анализ методов разработки нечётких САР для управления сложными взаимосвязанными объектами / В.С. Михайленко, В.Ф. Ложечников // ААЭКС. — 2009. — № 1.
4. Михайленко В.С. Использование нечёткого алгоритма Такаги-Сугено в адаптивных системах управления сложными объектами / В.С. Михайленко, Р.Ю. Харченко // Штучный интеллект. — 2011. — № 2. — С. 53–59.
5. Михайленко В.С. Методы настройки нечёткого адаптивного ПИД-регулятора / В.С. Михайленко, В.Ф. Ложечников // ААЭКС. — 2009. — № 2 (24).
6. Новиков С.И. Оптимизация автоматических систем регулирования теплоэнергетического оборудования / С.И. Новиков. — Новосибирск: НГТУ, 2006. — 108 с.
7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В.Я. Ротач. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 396 с.

Формирование областей существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки по дорожке качения наружного кольца

Мерко Михаил Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;
Меснянкин Марк Вадимович, старший преподаватель;
Колотов Андрей Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Рассматривается общий случай решения задачи по формированию областей существования механизма с замкнутой системой тел качения (ЗСТК) с диаметрами равной величины являющегося механизмом-прототипом эксцентрикового механизма качения (ЭМК) с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет номинальных значений геометрических параметров по дорожке качения наружного кольца.

Ключевые слова: механизм с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины, механизм-прототип, эксцентриковый механизм качения, тела качения, сепаратор, дорожка качения, геометрические параметры.

Форма исполнительного органа и вид движения совершаемого его выходным звеном оказывают непосредственное влияние на эффективность механизмов приводов технологического оборудования. Простота структуры механизма при минимально возможном числе подвижных звеньев совместно с реализацией сложного движения выходного звена позволяют обеспечить повышение показателей качества технологического оборудования, что возможно добиться разработкой привода на базе механизмов с замкнутой системой тел качения (ЗСТК). Механизмы данного вида могут содержать в своей структуре тела качения с диаметрами как равной, так и разной величины. Механизм с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины является механизмом-прототипом для эксцентрикового механизма качения (ЭМК) как с сепаратором (водило), так и без данного звена. Для ЭМК характерно смещение центров дорожек качения колец относительно друг друга на величину эксцентриситета и наличие замкнутой системы тел качения с диаметрами разной величины [1]. Коллектив авторов проводит теоретические и экспериментальные исследования геометрических и кинематических параметров исполнительных механизмов технологического оборудования разработанного на базе механизмов данного вида с диаметрами разной (эксцен-

триковые)[1...3] или равной (соосные)[4...6] величины. Тела качения механизмов данного вида могут обладать или гладкими рабочими поверхностями (фрикционные)[1...8] или поверхностями с выступами (зубчатые)[9...12].

Анализ результатов выполненных исследований представленных в работах [1...8], показывает, что задача по определению номинальных значений геометрических параметров механизмов данного вида не зависимо от направления ввода поправки в выполняемый расчет в некоторых случаях не имеет решения. Указанная ситуация является следствием выбора неверного сочетания величин исходных данных. Определение границ областей существования механизма с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины, являющегося механизмом-прототипом ЭМК, позволит исключить сочетания исходных данных, при которых задача по определению номинальных значений геометрических параметров не имеет решения.

Рассмотрим пример решения задачи по определению границ областей существования механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца. Для этого составим расчетную модель (рис. 1) и примем следующие исходные условия и обозначения: $ДК_B$, $ДК_H$ — дорожки качения вну-

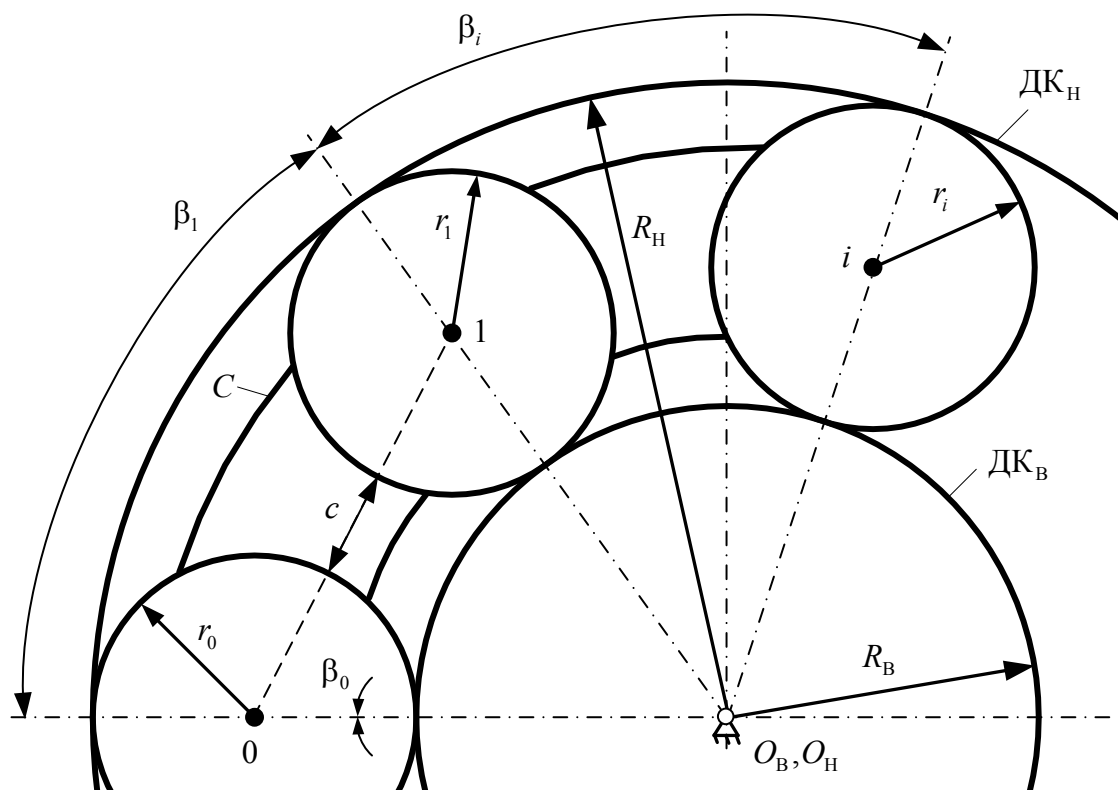


Рис. 1. Расчетная модель механизма с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины с сепаратором (водило)

треного и наружного колец; R_B, R_H, O_B и O_H – радиусы и геометрические центры дорожек качения внутреннего и наружного колец; C – сепаратор (водило); c – зазор между телами качения; r_0, r_1, r_i и $\beta_0, \beta_1, \beta_i$ – радиусы и углы положения тел качения.

В работах [4...6] авторами обосновано и сформулировано условие сборки механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины, являющегося механизмом-прототипом ЭМК, которое гласит: число тел качения (z), на угле расположения от 0 до 2π , должно являться целым числом, а при наличии сепаратора (водило) в его структуре, должно удовлетворять условию $z \geq 2$. Следуя условию сборки и проведя ряд преобразований для механизма рассматриваемого вида с сепаратором (водило), получим:

$$R_H = \frac{R_B \cdot \left(1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)\right) - c}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}. \quad (1)$$

Считая, что $R_H = R_B + 2 \cdot r$ преобразуем формулу (1) к виду

$$r = \frac{R_B \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right) - \frac{c}{2}}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}, \quad (2)$$

где $r = r_0 = r_1 = r_i$ – радиус тел качения.

Варьируя числом тел качения в интервале (0...100), проведем вычисления по выражениям (1) и (2) для величины зазора между телами качения $c = 4$ мм и значений радиуса дорожки качения внутреннего кольца: 55; 65; 75; 85; 95 и 100 мм. С целью повышения эффективности выполняемых расчетов, авторами разработано программное обеспечение [13, 14], которое представляет собой совокупность программных комплексов: «Эксцентрик», «ЭПМ VI» и «ЭПМVI.01» зарегистрированных в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) [15–17].

Анализ результатов полученных вычислений показывает при значениях $R_B = 55$ мм, $c = 4$ мм, $z = 86$, а также $R_B = 65$ мм, $c = 4$ мм, $z = 100$ радиус тел качения равен нулю, т.е. $r = 0$, что соответствует структуре механизма не содержащей тела качения. Дальнейшее увеличение числа тел качения для приведенных значений радиуса дорожки качения внутреннего кольца и зазора дает отрицательные величины. Это означает, что при данных значениях механизм с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины с сепаратором не существует.

Используя результаты проведенных вычислений, выполняем синтез диаграммы изменения величин радиусов дорожки качения внешнего кольца и тел качения от их количества (рис. 2). Посредством наложения функциональных кривых на одну плоскость координат по-

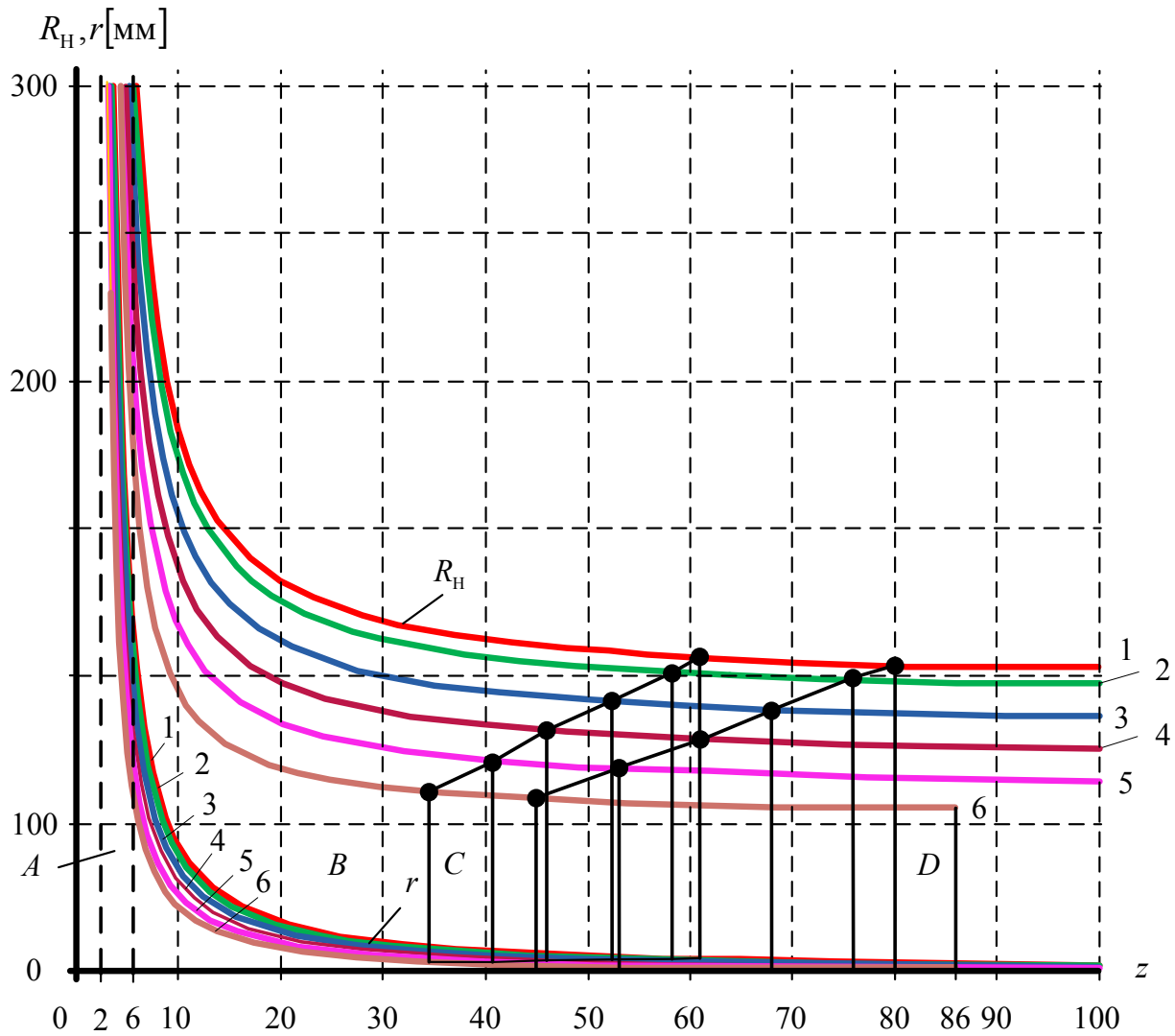


Рис. 2. Диаграмма областей существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором при вводе поправки по дорожке качения наружного кольца
 1 – $R_B = 100$ мм, 2 – $R_B = 95$ мм, 3 – $R_B = 85$ мм, 4 – $R_B = 75$ мм, 5 – $R_B = 65$ мм, 6 – $R_B = 55$ мм

лучим области существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца. Анализ диаграммы (рис. 2) показывает наличие нескольких областей существования механизма рассматриваемого вида. С целью дальнейшего анализа нанесем на плоскость диаграммы границы данных областей.

Анализ результатов вычислений проведенных по выражениям (1) и (2) и диаграммы представленной на рис. 2 показывает: область A ограничена значениями $2 \leq z < 6$ при $0 < R_H/r < 3,08$ и соответствует области существования механизма с ЗСТК с сепаратором (водило) обладающего телами качения с радиусами превышающими величину радиуса дорожки качения внутреннего кольца, т.е. $r > R_B$. Дальнейший анализ результатов полученных по выражениям (1) и (2) указывает на существование области D ограниченной значениями $z \geq (45...80)$ при $R_H/r \geq (29,86...51,88)$. Данная область соответствует об-

ласти существования механизма с сепаратором (водило) и замкнутой системой тел качения в виде иголок (малые ролики), обладающих радиусами значительно меньше радиуса дорожки качения внутреннего кольца (рис. 2), а дальнейший рост числа тел качения приводит к отрицательным величинам их радиусов. Это означает, что при данных значениях механизм рассматриваемого вида не существует. В результате проведенных действий получаем область C расположенную между областями A и D и ограниченную значениями $6 \leq z < (45...80)$ при $3,08 \leq R_H/r < (29,86...51,88)$, которая соответствует области существования механизма с ЗСТК и сепаратором (водило) с телами качения в виде роликов, обладающими радиусами меньше величины радиуса дорожки качения внутреннего кольца $r < R_B$. Анализ диаграммы областей существования (рис. 2) показывает, что рост значений радиуса дорожки качения внутреннего кольца сопровождается увеличением радиуса дорожки качения

наружного кольца при практически неизменных величинах радиусов тел качения в виде роликов, что также сопровождается смещением максимальной границы области C в положительном направлении оси z в интервале (45...80).

Если тела качения механизма с ЗСТК с сепаратором (водило) являются роликами, то следуя работам [4...6] число тел качения определим по выражению

$$z = \frac{\pi - \arcsin\left(\frac{2 \cdot r}{R_B + r}\right)}{\arcsin\left(\frac{2 \cdot r}{R_B + r}\right)} + 2. \quad (3)$$

Варьируя в формуле (3) значением радиуса дорожки качения внутреннего кольца в интервале (55...100) мм, проводим уточнение границ области C . Сравнительный анализ полученных значений $6 \leq z < (61...100)$ при $1,24 \leq R_H/r < (64,75...86,88)$ с ранее выявленными величинами указывает на расположение максимальных границ в области D . Это означает, что вычисленные значения не могут быть приняты за границы рассматриваемой области существования механизма с замкнутой системой тел качения с сепаратором (водило), а ранее определенные границы являются действительными.

Считая, что тела качения механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) являются шариками, то следуя работам [4...6] число тел качения содержащихся в его структуре определим по выражению

$$z = \frac{\varphi}{2 \cdot \arcsin\left(\frac{r}{R_A + r}\right)} + 1, \quad (4)$$

где φ – угол заполнения.

Варьируя значениями угла заполнения в пределах $(186...200)^\circ$ [5, 6] и радиусом дорожки качения внутреннего кольца в интервале (55...100) мм, выполняем определение границ областей в соответствии с формулой (4), что позволяет сформировать область B , ограниченную числом тел качения $6 \leq z \leq (35...61)$ при $3,08 \leq R_H/r \leq (15,07...64,75)$. Данная область соответствует области

существования механизма с замкнутой системой тел качения в виде шариков, обладающими радиусами меньше радиуса дорожки качения внутреннего кольца при наличии сепаратора (водило) в его структуре, т.е. $r < R_B$. Анализ диаграммы представленной на рис. 2 показывает: рост значений радиуса дорожки качения внутреннего кольца приводит к увеличению радиуса дорожки качения наружного кольца при незначительных изменениях радиуса тел качения в виде шариков, что сопровождается смещением максимальной границы области B в положительном направлении оси числа тел качения в интервале (35...61), а также расширением площади данной области. Сравнительный анализ областей C и D показывает, что при одних и тех же значениях исходных данных область C всегда имеет большую площадь.

В результате представленных действий определены границы областей существования механизмов с замкнутой системой тел качения равной величины с сепаратором (водило), являющегося механизмом-прототипом ЭМК при вводе поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца. Анализ полученных областей существования показывает, что при выборе исходных данных для определения номинальных значений геометрических параметров эксцентрикового механизма качения необходимо придерживаться области B в интервале $6 \leq z \leq (35...61)$ при $3,08 \leq R_H/r \leq (15,07...64,75)$ и области C в диапазоне $6 \leq z < (45...80)$ при $3,08 \leq R_H/r < (29,86...51,88)$, так как при $2 \leq z < 6$ и $0 < R_H/r < 3,08$ тела качения имеют радиусы превышающие величину радиуса дорожки качения внутреннего кольца, а при $z \geq (45...80)$ и $R_H/r \geq (29,86...51,88)$ тела качения являются иглками (малые ролики) при достаточно большом их количестве, а дальнейший рост числа тел качения приводит к отрицательным величинам их радиусов. Это означает, что при данных значениях механизм с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором не существует, а указанные пределы отношения R_H/r однозначно ограничивают значения радиуса тела качения равными не менее 2 мм, т.е. $r \geq 2$. Данные рекомендации позволяют исключить сочетания исходных данных, при которых задача по определению номинальных значений геометрических параметров механизма с замкнутой системой тел качения с сепаратором (водило) не имеет решений.

Литература:

1. Мерко М.А. Кинематические и геометрические характеристики эксцентрикового механизма качения: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.02. Красноярск, 2002. 26 с.
2. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Шемякин Д.В., Леонтьев А.С., Собко И.В. Особенности формирования математической модели ЭМК при ведущем наружном кольце // Молодежь и наука: сборник материалов VII-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс] / отв. ред. О.А. Краев – Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2011. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s19/Shemyakin.pdf>.
3. Меснянкин М.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Беляков Е.В., Белякова С.А. Математическая модель ЭМК с сепаратором при ведущем внутреннем кольце // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2012. Т. 5. №4. С. 62–67.

4. Мерко М.А., Меснянкин М. В., Беляков Е.В., Колотов А.В., Груздев Д.Е. Определение областей существования прототипа эксцентрикового механизма качения // Механики XXI века: сборник докладов VII-ой Всероссийская науч.-техн. конф. с междунар. участием. Братск: БрГУ. 2008. С. 89–93.
5. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Шевченко Е. С, Китуря А.С. Формирование границ областей существования механизмов-прототипов ЭМК // Молодежь и наука: сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Электронный ресурс] / отв. ред. О.А. Краев – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/thesis/s017/s017-091.pdf>.
6. Меснянкин М.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Митяев А.Е. Определение границ областей существования механизмов-прототипов ЭМК при вводе поправки в расчет по дорожке качения внутреннего кольца // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 138–141.
7. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Митяев А.Е. Описание математической модели механизма-прототипа ЭМК с сепаратором (води́ло) при ведущем внутреннем кольце // Молодой ученый. 2013. № 3 С. 71–75.
8. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Митяев А.Е., Колотов А.В. Анализ взаимозависимостей геометрических параметров эксцентрикового механизма качения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 11. С. 180–184.
9. Беляков Е.В., Меснянкин М. В, Мерко М.А., Колотов А.В., Груздев Д.Е. Эксцентриковый планетарный механизм // Механики XXI века: сборник докладов VII-ой Всероссийская науч.-техн. конф. с междунар. участием. Братск: БрГУ. 2008. С. 87–89.
10. Беляков Е.В., Колотов А.В., Меснянкин М. В, Мерко М.А. Зубчатый планетарный механизм для воспроизведения требуемого сложного закона движения выходного звена // Проблемы механики современных машин: материалы V-ой международной конференции. Улан-Удэ: ВСГУТУ. 2012. Т.1 С. 3–6.
11. Беляков Е.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Меснянкин М.В., Митяев А.Е. Обеспечение требуемого движения выходного звена эксцентрикового эпициклического механизма // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2012. Т. 5. № 4. С. 47–51.
12. Белякова С.А., Груздев Д.Е., Беляков А.Н., Мерко М.А., Меснянкин М.В., Колотов А.В. Применение дифференциального механизма для шлифования плоских поверхностей // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2012. Т. 5. № 4. С. 51–56.
13. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Файзи́ев А.Н., Вацлавский Е.С. Повешение эффективности проектирования эксцентриковых механизмов приводов технологического оборудования на основе ЭМК // Молодежь и наука: сборник материалов VII-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс] / отв. ред. О.А. Краев – Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2011. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s19/Faiziev.pdf>
14. Беляков Е.В., Колотов А.В., Мерко М.А., Меснянкин М.В. Применение САПР при исследовании эксцентрикового планетарного механизма // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 3. С. 109–112.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614197. Программный комплекс «Эксцентрик» / Меснянкин А.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Груздев Д.Е., Митяев А.Е., Беляков Е.В.; заявитель и правообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»; заявка № 2012612100 от 22.03.12; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12.05.12.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614355. Программный комплекс «ЭПМ V1» / Беляков Е.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Груздев Д.Е., Митяев А.Е., Меснянкин А.В.; заявитель и правообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»; заявка № 2012612237 от 27.03.12; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 16.05.12.
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610142. Программный комплекс «ЭПМ V1.01» / Беляков Е.В., Мерко М.А., Колотов А.В., Груздев Д.Е., Митяев А.Е., Меснянкин А.В.; заявитель и правообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»; заявка № 2012660154 от 23.11.12; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 09.01.13.

Особенности развертывания и эксплуатации полевых трубопроводов в сложных условиях

Михайлов Владимир Владимирович, кандидат технических наук, профессор РАЕ, старший преподаватель;
Дрозд Дмитрий Александрович, преподаватель;
Авксентьев Дмитрий Гумерович, курсант;
Савоненко Константин Константинович, курсант
Вольский филиал Военной академии материально-технического обеспечения (Саратовская область)

Роль и место полевых магистральных трубопроводов в системе обеспечения войск горючим определяются их функциональным назначением, высокой эффективностью, надёжностью, а также ограниченными в условиях военного времени возможностями других видов транспорта.

Развёртывание полевого магистрального трубопровода (ПМТ) наиболее сложный и напряжённый этап работы трубопроводной системы, требующий от всего личного состава приложения максимума усилий. Командиры всех степеней должны уметь принимать решения на основе точных инженерных и организационных расчётов, на фоне быстро изменяющейся оперативной обстановки.

Рассмотрим вопрос особенностей развертывания и эксплуатации полевых трубопроводов в сложных условиях, с выбором способов, методов и средств силами трубопроводных частей и подразделений.

В зимних условиях.

Зима усложняет работы как по развертыванию, так и по эксплуатации полевых трубопроводов. Снежные заносы затрудняют движение трубопроводов и других машин. Требуется периодически проводить расчистку дорог, пропуская по ним бульдозеры, грейдеры или трактора с угольниками. Как правило, в этих случаях дороги прокладываются узкие, позволяющие только одностороннее движение. Для разъезда встречных машин через 3–5 км на путях подвоза расчищаются площадки. Сложные дорожные условия требуют усиленного регулирования. На труднопроходимых участках необходимо иметь дежурные тракторы или тягачи для продвижения застрявших трубопроводов. Для поддержания дорог в проезжем состоянии на весь период развертывания необходимо выделять соответствующие силы и средства. Кроме того, необходимо расчищать полосу шириной 2,5–3 м для трассы трубопровода. Эта полоса отделяется от проезжей части дороги снежным валиком, который будет защищать трубопровод от наезда транспортом.

Пикетные знаки должны иметь длинные подставки и устанавливаться на снежном валике, чтобы их не заносило снегом.

Группы раскладчиков и монтажные группы работают на сокращенной дистанции. Заблаговременная раскладка труб нецелесообразна из-за возможности заноса их снегом. Трубы раскладываются на расчищенной полосе за снежным валиком. На трудных участках, где па-

раллельную полосу расчистить невозможно, трубопровод укладывается на гребне снежного вала.

Темп сборки при низкой температуре снижается на 25–30%. Одной из причин этого является уменьшение эластичности резиновых уплотнительных колец. Для разогрева колец на каждом монтажном участке создаются обогревательные пункты.

При глубоком снеге неизбежно попадание снега в трубы. Для удаления его из труб при опрессовке обязательно пропускается разделитель и увеличивается период продувки трубопровода воздухом. Однако и эти меры не обеспечивают полного удаления снега, особенно из внутренней полости резиновых колец в местах соединения труб. Этот снег вымывается горючим при заполнении трубопровода, что приводит к образованию снежных пробок большой длины. Для их удаления и улавливания в обвязках насосных станций монтируются байпасные линии длиной 18–24 м. В этих линиях и в основном трубопроводе устанавливаются вставки с сетками. При засорении снегом одной из сеток, горючее направляется по второй линии, а засоренная сетка вынимается и очищается от снега.

В зимних условиях должны быть приняты меры против обморожения личного состава. С этой целью личный состав обеспечивается теплым обмундированием и обувью, средствами против обморожения. Для личного состава готовятся палатки и блиндажи со средствами обогрева. Пункты обогрева необходимо иметь не только в гарнизонах насосных станций, но и между ними на трассе. Усиливается медицинский надзор за счет привлечения специально подготовленных внештатных санитарных инструкторов.

Работа ночью.

Основными затруднениями в развертывании и эксплуатации полевых трубопроводов ночью является ограниченная видимость. Темп сборки в ночное время сокращается на 25–30%.

Трассу необходимо изучить в светлое время, отметить места поворотов на ней и наметить пути движения трубопроводов.

Чтобы ночью можно было различать пикеты и указательные знаки, в них необходимо вставлять катафоты. Трубопроводы оборудуются опознавательными самосветящимися бортовыми знаками. Под кузовом устанавливаются лампочки подсвечивания дороги водителю сзади идущего автомобиля.

Монтажные группы снабжаются средствами подсвечивания.

Раскладка труб производится парными трубопроводами: трубы раскладываются спереди идущего трубопровода, а задний трубопровод освещает фарами трассу.

При эксплуатации усиливаются аварийные и патрульные команды. Хорошо зарекомендовал способ осмотра линии трубопровода ночью с автомобиля типа УАЗ-469 с поворотной фарой. Фара направляется на линию так, чтобы луч скользил по трубопроводу при движении машины. При таком осмотре достигается скорость 10–15 км/час и хорошо выявляются места утечек из трубопровода.

В горных условиях на развертывание и эксплуатацию трубопроводов оказывают влияние сложный рельеф местности, горные реки и ущелья, ограниченное количество дорог, особенности климатических условий в высокогорных районах и возможность образования горных обвалов и снежных лавин.

При выборе трассы по карте, а впоследствии при рекогносцировке на местности, внимательно изучают все ручьи (даже пересохшие), ущелья и овраги вблизи трассы. Эти впадины в период дождей могут превращаться в мощные потоки воды. По намеченной трассе необходимо просмотреть и определить крутизну подъемов и спусков, радиусы поворотов дорог на серпантинах.

Выбор направления трассы ограничивается величием существующих дорог в горах.

При выполнении гидравлического расчета необходимо определить коэффициент удлинения трассы отдельно для участков с различным характером рельефа. Для защиты трубопровода от повышенных гидростатических давлений перекачиваемой жидкости при гидравлическом расчете определяют места установки обратных клапанов на подъемах и регуляторов давления на скатах трассы.

Увеличение высоты трассы над уровнем моря приводит к снижению мощности двигателей внутреннего сгорания. Так на высоте 2000 м над уровнем моря мощность двигателей уменьшается на 20 %. Это необходимо учитывать при определении рабочего режима насосных станций и их количества.

Расстановка пикетных знаков производится на сокращенных дистанциях — через 200 м.

Доставка труб на трассу производится небольшими автомобильными колоннами. Дистанции в автоколоннах увеличиваются. Все трубопроводы оборудуются горными упорами. Перевозка труб на автомобилях КамАЗ-6550 и КРАЗ-257 может осуществляться на затяжных подъемах крутизной до 10–12° с радиусом поворота дорог не менее 12–15 м. На участках трассы, подъем которых превышает 12°, а в гололед и при меньшем подъеме, должны работать дежурные тракторы и тягачи.

Скорость движения автотранспорта в горах снижается до 10–12 км/час, что приводит к уменьшению суточного пробега машин примерно в 2 раза по сравнению с равнинной местностью. Это уменьшает возможность трубо-

проводов и влияет на суточные темпы развертывания ПМТ.

Трубопровод, проложенный по склону, во избежание самопроизвольного сползания и наезда на него автомобилями необходимо крепить камнями и другими подручными средствами. При пересечении трубопроводом горных рек для подвешивания труб используются подвесные конструкции или стальные тросы.

Для прокладки трубопровода в горных условиях используется горный комплект, в который включается дополнительное количество насосных установок и некоторого оборудования.

Запуск насосных станций, расположенных на подъеме трассы, после остановки перекачки, производится сверху вниз, т.е. в обратной последовательности, чем на равнинной местности. При этом необходимо стремиться, чтобы последующие станции включались вслед за впереди расположенной станцией. При такой последовательности пуск насосных станций облегчается, т.к. не требуется станциям преодолевать большое гидростатическое давление столба жидкости в вышерасположенном участке трубопровода.

Резко пересеченный рельеф местности представляет большую возможность проводить опорожнение трубопровода самотеком в низких точках.

При опорожнении трубопровода компрессором длина опорожняемого участка ограничивается разностью отметок его концов, которая не должна превышать 50–60 м. Это вызывает необходимость разбивать участок между соседними насосными станциями на ряд участков, на границах которых в период опорожнения устанавливаются «кочующие «станции». На отдельных участках горной трассы будет наблюдаться различные климатические условия: тепло в низинах и холодно на вершинах и перевалах с резким понижением температуры с наступлением ночи. Ввиду этого необходимо предусматривать теплое обмундирование для личного состава, утепленные палатки с печками, запас дров.

Сложность трассы и ограниченная видимость вызывает необходимость усиления охраны и патрульно-аварийной службы на трассе. Использование вертолетов для этих целей на высокогорных участках трассы ограничивается.

В пустынно-степной местности трасса, обычно, проходит по безлюдным и бездорожным районам с сыпучими песками. Ограниченность ориентиров и однообразие местности затрудняют выполнение рекогносцировки и пикетирования трассы. Пикеты и дорожные знаки необходимо устанавливать на укороченных дистанциях, на гребнях барханов и дюн. Чтобы их не заносило песком, подставки следует делать удлиненные.

Барханы и дюны затрудняют раскладку труб на трассе. Группа раскладчиков не должна удаляться более чем на 500 м от монтажников, т.к. трубы могут быть засыпаны песком до подхода монтажников.

Значительные трудности в работе создают необычные сложные климатические условия. Летом температура воз-

духа в тени достигает $+ 50^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 6–10%, а зимой до -35°C . Пески в пустынях нагреваются до $+ 70^{\circ}\text{C}$. Большие помехи создают почти непрерывные сухие ветры и песчаные бураны. В таких условиях затрудняется монтаж трубопровода в дневное время. Рекомендуется вести монтаж рано утром, вечером и ночью. Запыленность воздуха составляет 4 г/м^3 . Пыль забивает двигатели, высокая температура приводит к их перегреву.

Проходимость машин в песках значительно сокращается. По проходимости для автомобильного транспорта пески можно подразделить на две категории: закрепленные редкой пустынной растительностью ровные пески: незакрепленные барханы и грядовые сыпучие пески с высотой гряд и барханов до 12–14 м. По пескам первого типа движение автомобильного транспорта возможно в любое время года. Дорога в них накачивается быстро и при отсутствии песчаных буранов сохраняется долго. По барханным пескам могут передвигаться только вездеходы.

Машины для пустынно-степных районов должны быть оборудованы устройством по блокировке ведущих мо-

стов, фильтрами по очистке воздуха, радиаторами с повышенной площадью охлаждения и с возвратом конденсата, агрегатами для вентиляции и кондиционирования воздуха.

Трубы, уложенные на песок, в летнее время нагреваются до $60-70^{\circ}\text{C}$. При заполнении трубопровода и в период перекачки горючее нагревается. Для предупреждения образования паровых пробок и срыва работы насосов передвижных установок необходимо создавать повышенный подпор на входе $5-6 \text{ кг/см}^2$, вместо $1.5-2 \text{ кг/см}^2$ в обычных условиях.

Остановка перекачки даже на непродолжительное время приводит к быстрому нагреванию горючего в трубопроводе.

В пустынных районах водятся змеи и довитые насекомые (фаланги, скорпионы, каракурты и т.д.). Это требует от личного состава предосторожности при работе и размещении на отдых. Личному составу выдавать отпугивающие жидкости и мази, а в медпунктах иметь сыворотку на случай укусов ядовитых змей. Личный состав должен быть обучен оказанию первой помощи пострадавшим от укусов и от воздействия солнечных лучей.

Литература:

1. Полевые магистральные трубопроводы повышенной производительности: Руководство по эксплуатации. М.: Воениздат, 1982. 362 с.
2. Горчаков А.Г. Трубопроводный транспорт в операциях. — Л.:ВАТТ, 1973. — 324 с.

К вопросу об эффективном функционировании систем управления охраной труда и методик анализа рисков производственного травматизма

Ольшевский Николай Александрович, кандидат физико-математических наук, инженер
Московский научно-исследовательский радиотехнический институт

Организации всех форм собственности заинтересованы в создании эффективного управления, которое не может быть достигнуто без внедрения систем управления охраной труда (СУОТ). Эффективное функционирование системы управления охраной труда обеспечивает выполнение в полном объеме требований трудового законодательства [1,2]. Кроме того, СУОТ создает условия для снижения затрат работодателя в сфере охраны труда, оптимизации административных, управленческих и социальных рисков работодателя, сокращения количества работников, занятых во вредных условиях труда, снижения случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Государственными стандартами [3,4] установлены общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию СУОТ. Вместе с тем, для организаций, на которых уже созданы системы управления ох-

раной труда, представляется актуальным установить базовые требования эффективного функционирования СУОТ и методик анализа рисков производственного травматизма.

Базовые требования эффективного функционирования СУОТ могут применяться к организациям всех форм собственности, в том числе к привлеченным ими подрядным организациям, поставщикам, иным участникам гражданско-правовых отношений (далее — субъекты системы управления охраной труда) при обеспечении ими эффективного функционирования СУОТ как способности предупреждать нарушения требований трудового законодательства, правил охраны труда, санитарных норм и правил, иных нормативных правовых актов при взаимодействии субъектов системы управления охраной труда (далее — нарушения надлежащего функционирования СУОТ), а также корректировать надлежащее функциони-

рование СУОТ в случае инцидентов, повлекших за собой производственный травматизм.

В целях обеспечения заданной эффективности управления организации, действующие в системе управления охраной труда, устанавливают порядок осуществления субъектами системы управления охраной труда скоординированной деятельности, направленной на достижение, подтверждение и поддержание приемлемого уровня рисков нарушения СУОТ, под которыми понимаются присутствующие функционированию системы управления охраной труда типичные возможности невыполнения, ненадлежащего выполнения правил и требований охраны труда участниками системы управления охраной труда вследствие наступления неблагоприятных событий, связанных с внутренними и внешними факторами функционирования системы управления охраной труда (далее – факторы риска нарушения СУОТ).

Организации, действующие в системе управления охраной труда, осуществляют управление рисками нарушения СУОТ, включающее: установление приемлемого уровня рисков нарушения СУОТ; анализ рисков нарушения СУОТ (выявление факторов риска нарушения СУОТ; определение степени и характера влияния указанных факторов на СУОТ; оценку достигнутого уровня рисков нарушения СУОТ, под которым понимается размер возможного ущерба, причиняемого организациям, вследствие нарушений надлежащего функционирования системы управления охраной труда, с учетом вероятности возникновения указанных нарушений в течение прогнозируемого периода времени; подтверждение соответствия достигнутого уровня рисков производственного травматизма установленному приемлемому уровню рисков нарушения СУОТ); принятие мер, необходимых для достижения или поддержания приемлемого уровня рисков производственного травматизма; выявление текущих изменений достигнутого уровня риска нарушения СУОТ (далее – мониторинг рисков нарушения СУОТ); информационное взаимодействие субъектов системы управления охраной труда в целях управления рисками нарушения СУОТ.

В целях регламентации порядка обеспечения СУОТ участники системы управления охраной труда с учетом особенностей функционирования системы управления охраной труда (включая используемые процедуры оценки и расчета, применяемые для получения информации о состоянии условий и охраны труда в организации, характер и масштабы мероприятий по охране труда) должны определить: организационные аспекты взаимодействия субъектов системы управления охраной труда при осуществлении деятельности по обеспечению СУОТ; требования к содержанию деятельности по обеспечению СУОТ, осуществляемой участником системы управления охраной труда; порядок информационного взаимодействия субъектов системы управления охраной труда и документационного обеспечения их деятельности по обеспечению СУОТ.

Организационные аспекты взаимодействия субъектов системы управления охраной труда при осуществ-

лении деятельности по обеспечению СУОТ включают: организационную модель управления рисками производственного травматизма в системе охраны труда; определение субъекта системы управления охраной труда (участника системы управления охраной труда в соответствии с организационной моделью управления рисками производственного травматизма), осуществляющего координацию деятельности субъектов системы управления охраной труда по обеспечению СУОТ; порядок и формы координации деятельности субъектов системы управления охраной труда по обеспечению СУОТ и реализации ими мероприятий управления рисками (далее – МУР) в системе охраны труда; порядок и формы осуществления контроля за соблюдением участниками системы управления охраной труда порядка обеспечения СУОТ; обязанности каждого из привлеченных участников системы управления охраной труда по обеспечению эффективного функционирования системы управления охраной труда, предоставляемых им другим участникам системы управления охраной труда, а также по организации управления рисками нарушения СУОТ в части полномочий, делегированных ему участником системы управления охраной труда; разграничение ответственности и полномочий между субъектами системы управления охраной труда по осуществлению управления рисками нарушения СУОТ, в том числе обязанности участника системы управления охраной труда; порядок оценки эффективности МУР, системы управления охраной труда в целях ее совершенствования.

Требования к содержанию деятельности по обеспечению СУОТ, осуществляемой участником системы управления охраной труда, могут включать: требования к детализации приемлемого уровня рисков нарушения СУОТ в разрезе категорий субъектов системы управления охраной труда: по видам работ и по видам участия в системе охраны труда; порядок разработки, применения и оценки эффективности методик анализа рисков производственного травматизма, требования к оформлению и проверке результатов анализа; порядок оценки качества и надежности функционирования системы управления охраной труда, организационных и технологических средств, применяемых участниками системы управления охраной труда; порядок выбора и реализации мероприятий и способов достижения и поддержания приемлемого уровня рисков нарушения СУОТ, порядок оценки их эффективности и совершенствования; требования к мониторингу рисков нарушения СУОТ; требования к планам обеспечения непрерывности деятельности участников системы управления охраной труда.

Порядок информационного взаимодействия субъектов системы управления охраной труда и документационного обеспечения их деятельности по обеспечению СУОТ может включать: перечень документов, используемых субъектами системы управления охраной труда при осуществлении деятельности по обеспечению СУОТ и порядок их составления; порядок информирования руководства организации о событиях, инцидентах, вызвавших

спорные, нестандартные и чрезвычайные ситуации, результатах расследования указанных событий, анализа их причин и последствий; порядок информирования участника системы управления охраной труда о неисполнении или ненадлежащем исполнении обязательств других участников системы управления охраной труда; порядок сбора, документирования и статистической обработки первичной информации о функционировании системы управления охраной труда.

Первичная информация об эффективном функционировании системы управления охраной труда может включать: информацию о времени приема к исполнению, исполнения приказов, распоряжений, инструкций, планов, графиков участников системы управления охраной труда об осуществлении мероприятий по охране труда (в том числе по каждому участнику системы управления охраной труда, финансирующему мероприятия по охране труда); информацию о размерах денежных средств на мероприятия по охране труда; информацию об использовании и возмещении средств Фонда социального страхования, обеспечения, предусмотренного правилами обязательного страхования от несчастных случаев на производстве участникам системы управления охраной труда; иную информацию о функционировании системы управления охраной труда, предусмотренную требованиями и правилами охраны труда.

Деятельность по обеспечению СУОТ осуществляется субъектами системы управления охраной труда в соответствии с порядком обеспечения СУОТ и контролируется руководством организации через службу охраны труда.

Субъекты системы управления охраной труда организуют деятельность по реализации порядка обеспечения СУОТ в рамках внутренних систем управления рисками своей деятельности.

Руководством организаций, не имеющих в штатном расписании служб или специалистов по охране труда, в целях обеспечения СУОТ определяются лица или структурные подразделения, ответственные за осуществление деятельности, предусмотренной порядком обеспечения СУОТ.

Руководством организаций определяются также показатели СУОТ для использования в целях: анализа рисков нарушения СУОТ; описания профиля рисков нарушения СУОТ; выбора или пересмотра мер, необходимых для достижения или поддержания приемлемого уровня рисков нарушения СУОТ, и идентификации субъекта (категории субъектов) системы управления охраной труда, ответственного (ответственных) за их реализацию.

Руководством организации и/или службой охраны труда могут определяться как количественные, так и качественные показатели СУОТ, характеризующие как уровень, так и изменения уровня риска нарушения СУОТ.

К показателям эффективного функционирования СУОТ относятся: коэффициент частоты производственного травматизма; коэффициент тяжести производственного травматизма; коэффициент нетрудоспособности; коэффициент экономического травматизма.

Иные показатели эффективного функционирования СУОТ могут дополнительно определяться руководителем организации в соответствии с составом факторов риска нарушения СУОТ, к которым могут относиться: способы управления системой охраны труда и обеспечения исполнения обязательств участников системы управления охраной труда, предусмотренные правилами охраны труда, иными нормативными правовыми актами с учетом критериев участия в системе управления охраной труда, в том числе касающихся финансового состояния, технологического обеспечения участников системы управления охраной труда; зависимость общего управления организацией от системы управления охраной труда участников СУОТ.

Для каждого устанавливаемого показателя эффективного функционирования СУОТ следует определять процедуру и методику его формирования на основе первичной информации о функционировании системы управления охраной труда и сведений о факторах риска нарушения СУОТ.

Методики анализа рисков производственного травматизма в системе охраны труда должны обеспечивать: описание профиля рисков нарушения СУОТ как структурированного перечня выявленных факторов риска нарушения СУОТ с указанием сопоставленных им категорий субъектов системы управления охраной труда, характера и степени влияния, оказываемого на СУОТ, возможных форм или сценариев их проявления; выявление закономерностей эффективного функционирования системы управления охраной труда на основе статистического или сценарного анализа функционирования системы управления охраной труда; выявление возможностей нарушений надлежащего функционирования системы управления охраной труда, разделение указанных нарушений на не оказывающие и оказывающие влияние на эффективное функционирование СУОТ, в том числе приводящие к случаям производственного травматизма; формирование оценки достигнутого уровня рисков нарушения СУОТ; выявление изменений достигнутого уровня рисков нарушения СУОТ и профиля рисков нарушения СУОТ; определение приемлемого уровня риска нарушения СУОТ.

Порядок обеспечения эффективного функционирования СУОТ в организации системы управления охраной труда устанавливается правилами охраны труда, определяемыми нормативными правовыми актами по охране труда, внутренними правилами субъектов системы управления охраной труда.

Для обеспечения эффективного функционирования СУОТ субъекты системы управления охраной труда должны обеспечивать непрерывную регламентацию порядка обеспечения функционирования СУОТ, организовывать деятельность по реализации установленного порядка обеспечения СУОТ, определять показатели СУОТ, использовать методики анализа рисков производственного травматизма в действующей системе управления охраной труда.

Литература:

1. Трудовой кодекс РФ (ТК РФ) от 30.12.2001, № 197-ФЗ, гл. 10
2. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002, N 184-ФЗ
3. ГОСТ Р 12.0.006–2002 «Общие требования к системе управления охраной труда в организации»
4. ГОСТ Р 12.0.007–2009 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию»

«Умное стекло» в современной архитектуре

Отческих Карина Алексеевна, студент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (г. Кемерово)

Много миллионов лет назад началась история стекла. Идея этого современного конструкционного материала подсказала сама природа. Стекло возникло из расплава песка в жерле вулкана. В строительной технологии впервые стали применять этот материал для остекления световых проемов в Романский период (ок. 1000–1500 гг.). Именно тогда архитекторы обратили внимание на этот материал.

С конца XIX века стекло применяют при возведении промышленных, гражданских и жилых зданий. Дизайнеры и архитекторы охотно используют этот высокотехнологичный, функциональный, экологичный, эстетичный строительный материал в своих проектах. В XXI веке стекло приобрело новые масштабы и стало одним из главных строительных материалов. Ведь благодаря таким физико-механическим свойствам, как повышенная атмосферостойкость, высокая твердость, прочность, исключительная химическая стойкость, высокие показатели тепло- и звукоизоляции, долговечность, он вполне способен заменить кирпич, дерево и бетон.

Ограждающие и несущие конструкции зданий, элементы интерьера, и даже полностью дома и сооружения возводят из стекла. И в наш век, стеклянный современный фахверковый дом это не фантазия архитектора, а реальность (рис. 1). Еще более новаторский проект стеклянного дома в 2012 году представил итальянский дизайнер и архитектор Карло Сантамборджио. Стены, потолки, мебель, предметы интерьера — все выполнено из стекла. [3]

Многие из нас согласятся с тем, что сегодня невозможно представить городской ландшафт без «зеркально-стеклянной» архитектуры. Открытость форм и пространств, связь интерьера с пейзажем, абстрактность — все это выражается в новой пластике архитектурного пространства. Уникальные оптические свойства стекла придают архитектурную выразительность и формируют гармоничность массива застройки. Фасады современных многоэтажных зданий из тысячи прозрачных стекол напоминают блестящий занавес. Вертикальная архитектура из стекла меняет горизонты городов и становится трендом современности.



Рис. 1. Современный фахверковый дом



Рис. 2. Проект стеклянного дома по задумке архитектора Карло Сантамборджио



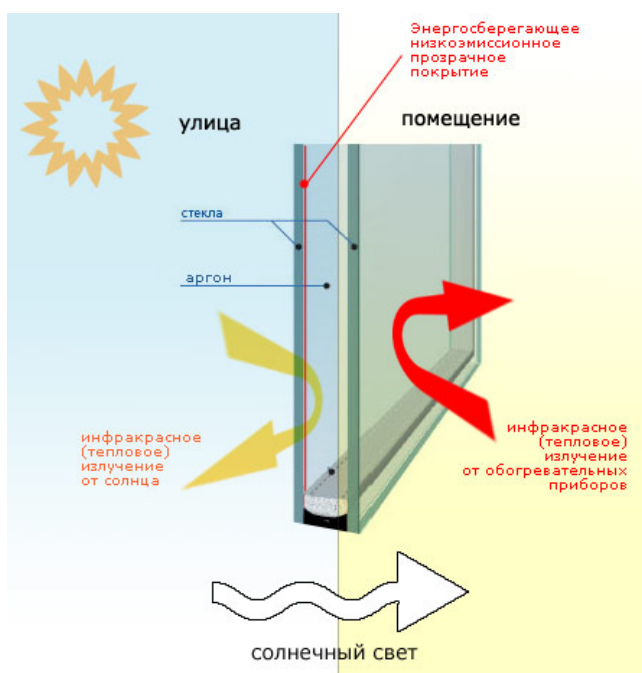
Рис. 3. Небоскреб «Бурдж – Халифа» в Дубае

Автор проекта – Адриан Смит.

Это самое высокое сооружение в мире. Высота башни составляет 828 метров.

Здание отделано тонированными стеклянными термомпанелями, уменьшающими нагрев помещений внутри. Площадь остекления здания примерно равна площади 17 футбольных полей. [4]

Потребность в стекле растет с каждым годом. Человек научился создавать высокотехнологичное стекло и применять его для амбициозных проектов в строительстве. Благодаря современным разработкам и технологиям, этот строительный материал приобретает энергосберегающие, улучшенные теплотехнические и иные инновационные свойства.



Создать уют и комфорт внутри помещений — это непрерывная задача окон. Тепло-, звуко-, энергосберегающие стеклопакеты устанавливаются повсеместно. Они удерживают тепло внутри помещения и, как следствие, этого экономят деньги потребителя, а также изолируют внутреннее пространство здания от шума внешней среды.

Суть технологии производства таких окон заключается в следующем: на внутренние поверхности стекол, входящих в состав стеклопакета, наносится теплоотражающее покрытие (ионы серебра). Оно пропускает и удерживает ультрафиолетовые лучи, создавая комфорт внутри помещения. Пространство между стеклами заполняют инертным газом, что позволяет снизить теплопотери. Для придания стеклопакету звукоизоляционных свойств применяют стекла различной толщины и триплексы.

А что если стекло будет автоматически регулировать освещение, препятствовать конденсации влаги, самоочищаться и иметь другие инновационные свойства? Над этим вопросом работали ученые всего мира и создали так называемое «Smart glass» («Умное стекло»).

Ученые Эстонского центра развития нанотехнологий (Nano TAK) разработали стекло с изменяемой прозрачностью. Энергоэффективное стекло это своеобразный сэндвич, состоящий из двух стекол с начинкой из активных металлов — индия и олова, а также гелево-солевого слоя. Стоит только электричеству подействовать, как поверхность становится прозрачной. Это достигается в результате упорядоченного расположения кристаллов гелевого слоя при подаче питания на слой окислов индия и олова. Для затенения стекла размером 90*170 см. электричества требуется крайне мало примерно 3–5 Вт. Однако эта разработка европейских технологов эффективна только при положительных и незначительных отрицательных температурах. Ученые из Дубны и Москвы предполагают совместить эту технологию с электрообогреваемым покрытием, учитывая климатические условия эксплуатации. Это покрытие наносится сплошным слоем на всю поверхность стекла, и затем по периметру накладываются токопроводные шины, по которым подводится электричество. Таким образом поверхность стекла нагревается.

Однако для высотных зданий с фасадами из электрохромных стекол требуется в целом большое количество энергии. Дополнительным источником энергии могут являться фотогальванические элементы, располагающиеся на фасадах.

В свою очередь, студент Технологического университета Делфта (Нидерланды) запатентовал технологию, согласно которой стекло способно самостоятельно производить электроэнергию из солнечного света и становится благодаря этому прозрачным и матовым. В основе этой технологии лежит люминесцентный солнечный концентратор (ЛСК). Он представляет конструкцию, состоящую из пленок полимера, склеенных со стеклом и фотоэлементы, прикрепляемые по периметру стекла. Толщина пленки равна 250 микронметра. Она получается путем растворения специально синтезированных люминофоров

в полимерной композиции. Пленка улавливает часть солнечного спектра, а фотогальванические элементы преобразуют солнечную энергию в электрическую. Ученые России и Франции разработали ЛСК с более высоким коэффициентом концентрации и «нулевым» самопоглощением энергии, по сравнению с аналогами. Кроме того, одно окно способно создать несколько десятков Ватт мощности. Это инновационное свойство стекла позволит электроэнергетике выйти на новый уровень развития и снизить потребность человечества в сырьевых ресурсах: уголь, газ, нефть и др.

Исследователи из Китая разработали еще один вид «Умного стекла». Стекло способно выполнять 3 функции:

- аккумулировать энергию;
- контролировать освещенность помещения (путем изменения прозрачности);
- контролировать температуру помещения.

Все это обусловлено технологической «начинкой» окна. Она представляет совокупность солнечной батареи, конденсатора большой емкости из полианилина и электрохромной пленки. С увеличением светового потока

стекло адсорбирует электроэнергию, а затем начинает уменьшать светопропускающую способность. По словам Вея Чжисян (разработчика данного вида стекла), окно можно свернуть как рулонную штору в тот момент, когда оно не используется.

Сегодня окна способны противостоять грязи и пыли. Новейшая разработка российских ученых позволяет экономить материальные и физические ресурсы. Одну из сторон горячего стеклянного листа покрывают слоем двуокиси титана. Это вещество обладает удивительным свойством: как только вода попадает на поверхность покрытия она стекает с нее, забирая с поверхности стекла грязь и окно таким образом очищается. При этом покрытие является фотоактивным. Ультрафиолетовые лучи солнца всегда поддерживают его в активном состоянии, то есть на покрытии органический материал разлагается на воду и двуокись углерода, а затем смываются дождем.

Корреляция архитектуры и строительных материалов обеспечили кардинальный прогресс в строительстве. Стекло заняло значимое положение среди строительных материалов и обеспечило новое видение пространства.

Литература:

1. Айрапетов Г.А. Строительные материалы: учебно-справочное пособие / Г.А. Айрапетов, О.К. Безродный, А.Л. Жолобов. — М: Изд-во Феникс, 2009. — 699 с.
2. Маклакова Т.Г.. Архитектура двадцатого века — М.: Изд-во АСВ, 2001.-200 с.
3. <http://home4us.ru/zagorod/steklyannyj-dom/>
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D1%80%D0%B4%D0%B6-%D0%A5%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%84%D0%B0>
5. Магай А.А. Инновационные технологии в остеклении фасадов высотных зданий/ А.А. Магай, П.П. Семикн// Энергосовет, 2012. — №4 (23) — с. 48–52.
6. Обзор СМИ. Новые разработки в оконной индустрии/ Обзор СМИ// Энергосовет, 2012 — №4 (23) — с. 67–73.

Превращение углеводородных газов на модифицированных цеолитных катализаторах

Сафаров Бахри Джумаевич, кандидат технических наук, доцент;
Саломов Юнус Джаханович, кандидат технических наук;
Пардаев Умурбек Ярашович, преподаватель;
Холлиев Озод Хамракулович, магистрант
Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Исследовано влияние модифицирования высококремнеземного цеолита типа ZSM-5 оксидами галлия, цинка, кадмия и смесью редкоземельных элементов на его кислотные и каталитические свойства в реакции ароматизации смеси алканов C_3 – C_4 . Показано, что модифицирование приводит к увеличению силы кислотных центров цеолита и селективности образования ароматических углеводородов по сравнению с Н-ВКЦ. Энергии активации десорбции аммиака на цеолитных катализаторах составляют для низкотемпературной формы I 28–43

кДж/моль, высокотемпературных форм II – 30–110 и III – 250 кДж/моль.

В последние годы проводятся интенсивные исследования по превращению дешевых видов углеводородного сырья: природного и попутного газов, метанола, газоконденсатов и нефтезаводских газов, в высокооктановые компоненты моторных топлив и другие ценные органические продукты [1–3]. В настоящей работе приведены результаты исследования влияния модифицирования высококремнеземного цеолита (ВКЦ) типа ZSM-5 галлием,

цинком, кадмием и смесью редкоземельных элементов (РЗЭ) на кислотные и каталитические свойства катализаторов в процессе превращения смеси парафинов C_3-C_4 в ароматические углеводороды (АУ).

Экспериментальная часть

Исходные цеолиты с силикатным модулем 50 получали гидротермальным синтезом из щелочных алюмокремнегелей с применением гексаметилендиамина при 448 К в течение 4–6 сут. Алюмосиликаты декаатионировали 25%-ным раствором хлористого аммония при 368 К 2 ч, затем высушивали и прокаливали на воздухе при 813 К 6 ч (содержание Na_2O в ВКЦ менее 0,1 масс. %). Модифицирование ВКЦ галлием, цинком, кадмием и смесью РЗЭ проводили пропиткой растворами соответствующих азотнокислых солей, содержание модификаторов в расчете на оксиды варьировали от 1 до 15 масс. %.

Каталитические свойства образцов исследовали на проточной установке в интервале температур 673–873 К, атмосферном давлении и объемной скорости подачи сырья от 50 до 460 ч⁻¹. Анализ продуктов осуществляли газохроматографическим методом [4]. Кислотные свойства катализаторов изучали методом термодесорбции по адсорбции аммиака, 0,25 г катализатора загружали в кварцевый реактор и продували в токе гелия (170 см³/мин) при 873 К 2 ч, затем охлаждали до 373 К и проводили адсорбцию аммиака до полного насыщения образца. Термодесорбцию аммиака из образцов проводили с линейной скоростью нагрева 8, 12, 24, 36 град/мин до 873 К, скорость гелия 170 см³/мин. Энергии активации десорбции аммиака из цеолитных катализаторов определяли по уравнению [8]

$$2 \lg T_{\text{макс}} - \lg \beta = \frac{E_d}{2,303 RT_{\text{макс}}} + \lg \frac{E_d V_m}{RK_0}$$

где K_0 – константа процесса десорбции, E_d – энергия активации десорбции, V_m – емкость монослоя, R – газовая постоянная, β – скорость нагрева, $T_{\text{макс}}$ – температура максимума пика.

Результаты и обсуждение

Основными продуктами превращения смеси легких парафиновых углеводородов (метан – 0,2 масс. %; этан – 0,2; пропан – 73,3; изобутан – 14,7; бутан – 7,5 масс. %) на изученных катализаторах были АУ (бензол, толуол, ксилолы) и метан, этан, олефины C_2-C_3 . Исследования влияния температуры и объемной скорости подачи сырья на количество и состав образующихся продуктов в случае Н-ВКЦ показали, что с увеличением температуры от 773 до 873 К конверсия углеводородов изменяется от 55 до 100 %, а селективность образования АУ достигает максимума 32,1 % при 873 К и 99 ч⁻¹. Введение модифицирующей добавки смеси РЗЭ в Н-ВКЦ приводит

к увеличению селективности образования ароматических углеводородов, максимальная селективность достигает 47,3 % (степень конверсии 90 %) при 873 К и 110 ч⁻¹ (табл. 1). При введении в Н-ВКЦ 1–10 масс. % оксида кадмия значительно ускоряется реакция ароматизации смеси алканов C_3-C_4 и возрастает селективность образования ароматических углеводородов в 1,92,0 раза по сравнению с исходным Н-ВКЦ и наибольшая селективность образования АУ составляет 63,2 % на 5 масс. % CdO – НВКЦ при 823 К и 110 ч⁻¹.

Из исследованных в работе цеолитных катализаторов максимальная селективность образования АУ при превращении смеси алканов C_3-C_4 , наблюдается на 5 мас. % Ga_2O_3 – Н-ВКЦ 49,3 % при 843 К и 109 ч⁻¹ (степень конверсии 98 %) и на 5 масс. % ZnO – Н-ВКЦ – 70,8 % при 723 К и 110 ч⁻¹ (степень конверсии 59 %).

Исследования влияния объемной скорости на состав продуктов превращения смеси алканов C_3-C_4 показали, что с увеличением объемной скорости от 56 до 440 ч⁻¹ на модифицированных цеолитных катализаторах происходит уменьшение степени превращения алканов C_3-C_4 и селективности образования АУ.

Исследования кислотных свойств катализаторов методом термодесорбции аммиака показали, что аммиак адсорбируется при 373 К практически на всех образцах ВКЦ в двух формах, за исключением ВКЦ, модифицированных кадмием. При температуре адсорбции ($T_{\text{адс}}$) 373 К аммиак адсорбируется на Н-ВКЦ в двух формах: пик низкотемпературной формы I аммиака выходит на термодесорбционной кривой в области 400–600 К с температурой максимума ($T_{\text{макс}}$) 493 К, в области 600–820 К появляется пик высокотемпературной формы II с $T_{\text{макс}}$ 693 К, суммарная концентрация кислотных центров, определенная по количеству десорбированного аммиака, составляет 289,9 мкмоль/г (рисунок, табл. 2).

Энергии активации десорбции аммиака для низкотемпературной формы I составляют 30,7 кДж/моль, а для высокотемпературной формы II – 76,6 кДж/моль.

Модифицирование Н-ВКЦ галлием, цинком приводит к смещению пиков обеих форм адсорбированного аммиака в высокотемпературную область термосорбционного спектра и снижению суммарной концентрации кислотных центров. Однако если увеличение содержания галлия в Н-ВКЦ приводит к уменьшению концентрации кислотных центров, которые ответственны за форму I, то, наоборот, промотирование Н-ВКЦ цинком приводит к сильному уменьшению концентрации кислотных центров, ответственных за форму II, и незначительному снижению концентрации кислотных центров, связанных с образованием формы I.

Примечание. C_I , C_{II} , C_{III} и C – концентрации кислотных центров в формах I, II, III и суммарная соответственно.

Максимальные значения энергии активации десорбции аммиака для формы I составляют 42,6, а для формы II – 107 кДж/моль на 5 мас. % ZnO – Н-ВКЦ. На термодесорбционной кривой Н-ВКЦ, модифицированного

Таблица 1. Состав продуктов превращения смеси алканов C3–C4 на H-ВКЦ, модифицированного различными добавками

Me _x O _y , масс.%	Т, к	V, ч ⁻¹	Конверсия,%	Селективность,%			
				СН ₄	С ₂ Н ₆	олефины C ₂ –С ₄	АУ
0	873 873	54 99	100 99	48,1 42,6	18,6 17,7	3,0 5,7	30,6 32,1
1,0 Ga ₂ O ₃	823 823	54 107	99 99	39,9 38,2	20,3 17,2	1,0 1,2	40,1 42,3
5,0 Ga ₂ O ₃	843 873	109 109	98 100	35,1 37,6	18,3 20,2	1,6 0,7	49,3 37,3
10,0 Ga ₂ O ₃	873 823	119 197	99 82	37,7 28,5	27,7 20,8	1,4 6,6	33,8 43,3
1,0 ZnO	823 873	110 220	50 85	25,6 1,5	14,8 0,9	14,7 3,3	42,3 65,8
5,0 ZnO	723 823	110 110	59 96	8,6 10,1	18,4 13,5	2,3 0,6	70,8 59,1
10,0 ZnO	823 873	110 110	96 95	10,6 9,1	14,5 8,5	0,6 0,5	46,9 48,3
5,0 P3Э	873 873	56 110	95 90	16,0 19,5	6,8 9,5	1,1 1,8	41,9 47,3
1,0 CdO	823 873	110 220	72 97	10,7 13,4	7,1 3,6	2,2 0,6	56,3 50,0
5,0 CdO	873 823	56 110	95 78	3,4 2,7	1,7 3,2	1,7 0,6	56,7 63,2
10,0 CdO	873 873	56 110	92 83	5,9 0,6	2,7 1,3	2,5 0,3	51,1 58,2

кадмием, кроме пиков, соответствующих двум формам, появляется еще один пик высокотемпературной формы III аммиака с T_{\max} при 848 К (1 масс. % CdO-H-ВКЦ). Наибольшее смещение пика высокотемпературной формы III в зависимости от концентрации кадмия в H-ВКЦ наблюдается для 5 масс. % CdO – H-ВКЦ (T_{\max} пика 875 К). Также суммарная концентрация кислотных центров с введением CdO в H-ВКЦ от 1 до 5 масс. % первоначально увеличивается с 204,1 до 266,9 мкмоль/г за счет сильного

роста количества аммиака, адсорбированного в формах II и III, а с дальнейшим повышением содержания кадмия до 10 масс. % концентрация кислотных центров практически не изменяется (табл. 2). Из результатов термодесорбции аммиака на модифицированных цеолитных катализаторах следует, что модифицирование высококремнеземного цеолита типа ZSM-5 галлием, цинком, кадмием и смесью P3Э приводит к формированию различных активных центров, отличающихся по своей природе.

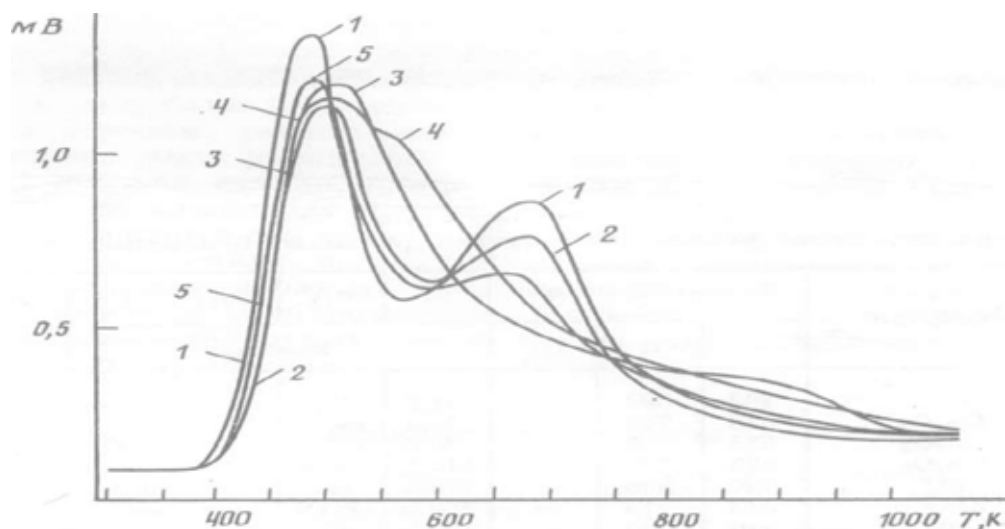


Рис. 1. Термодесорбция аммиака, адсорбированного при 373 К, на цеолитных катализаторах: 1 – H-ВКЦ; 2 – 5 масс.% P3Э – H-ВКЦ; 3 – 5 масс.%, ZnO – H-ВКЦ; 4 – 5 масс.% CdO – H-ВКЦ; 5 – 5 масс.% Ga2O3 – H-ВКЦ

Таблица 2. Термодесорбция аммиака на модифицированных цеолитных катализаторах

Me _x O _y	T _{max} (К) формы			C _I	C _{II}	C _{III}	C	E _I	E _{II}	E _{III}
	I	II	III							
–	493	693	–	171,2	118,7	–	289,8	30,7	76,6	–
1,0 Ga ₂ O ₃	513	783	–	141,4	150,7	–	292,1	–	–	–
5,0 Ga ₂ O ₃	533	753	–	166,8	107,7	–	274,5	35,2	82,2	–
10,0 Ga ₂ O ₃	523	723	–	114,1	136,3	–	250,4	–	–	–
1,0 ZnO	496	693	–	172,4	79,7	–	251,3	–	–	–
5,0 ZnO	523	713	–	168,6	53,6	–	222,3	42,6	107,0	–
10,0 ZnO	446	733	–	155,1	20,6	–	175,8	–	–	–
5,0 P3Э	503	688	–	125,3	105,6	–	230,9	38,9	86,9	–
1,0 CdO	498	643	848	129,4	56,4	18,4	204,1	–	–	–
5,0 CdO	511	581	875	130,1	104,2	32,6	266,9	29,8	30,3	249,6
10,0 CdO	538	598	853	108,0	112,7	43,4	264,1	–	–	–

Таким образом, исследование кислотных и каталитических свойств модифицированных цеолитных катализаторов показало, что введение в H-ВКЦ добавок галлия, цинка, кадмия и смеси P3Э приводит к увеличению силы кислотных центров обоих типов и тем самым позволяет повысить селективность образования АУ при превращении смеси алканов C₃–C₄. Эти данные позволяют сделать

заключение, что вначале на сильнокислотных центрах катализатора протекают преимущественно реакции крекинга и дегидрирования алканов с образованием олефинов, а затем на слабокислотных центрах – реакции дегидроциклизации с образованием ароматических углеводородов.

Литература:

1. Inui T., Makino Y., Okazumi F.H., Miyamoto A. Selective conversion of propane into aromatic on platinum ion-exchanged galliumsilicate bifunctional catalysts 11 J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1986. №7. P. 571.
2. Крупина Н.Н., Проскурнин А.Л., Дорогочинский А. З. Ароматизация n-бутана на цинксодежащем высококремнеземном цеолитном катализаторе // Нефтехимия. 1989. Т. 29. №2. С. 192.
3. Томас Дж., Томас У. Гетерогенный катализ. М.: Мир, 1969. С. 100.

Математическая модель оптимизации структуры электромонтажной панели системы управления

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук, доцент;
 Баталов Илья Сергеевич, студент
 Курганский государственный университет

В статье изложен метод повышения эффективности проектирования электромонтажных схем системы управления технологическим оборудованием с использованием математического моделирования. Разработана математическая модель оптимизации структуры электромонтажной схемы системы управления модульной компрессорной станцией. Результаты оптимизации, позволяют сократить затраты и сроки проектирования, повысить обоснованность принимаемых решений.

Ключевые слова: модульная компрессорная станция, эффективность проектирования, математическое моделирование, сетевая модель, математическая модель оптимизации, распределительная таблица, метод оптимизации.

Повышение эффективности проектирования электромонтажных схем является актуальной задачей. Математическое моделирование позволяет повысить эффективность проектирования электромонтажных схем

систем управления технологическим оборудованием.

Открытое акционерное общество (ОАО) «Курганхиммаш» – одно из ведущих российских предприятий по проектированию и производству технологического обо-

рудования для нефтегазодобывающей, нефтегазоперерабатывающей, химической, энергетической, атомной, металлургической, машиностроительной, медицинской, пищевой и других отраслей промышленности.

ОАО «Курганхиммаш» выпускает более 2000 наименований продукции. Одним из видов оборудования, выпускаемого на ОАО «Курганхиммаш» являются модульные компрессорные станции (МКС), выполняющие функции:

- дожим топливного газа газовых турбин, газодизельных двигателей и др.;
- откачка газа из трубопроводов и резервуаров;
- переработка газа и нефтехимии.

ОАО «Курганхиммаш» производит модульное компрессорное оборудование для сжатия различных газов на базе поршневых и винтовых компрессорных установок. Оборудование используется в нефтегазодобывающей, нефтегазоперерабатывающей, энергетической и других отраслях промышленности.

Модульные компрессорные станции предназначены для компримирования различных газов: атмосферный воздух, азот, сухой азот, нефтяной попутный газ, факельный газ, сухой отбензиненный газ, природный газ, пропилен, этилен, водород, пропан, бутан, метан, аргон и другие.

Модульные компрессорные станции представляют собой автономные, полностью автоматизированные станции, для эксплуатации при температуре от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Станции изготавливаются в виде сварных блок-боксов с каркасно-панельным утеплением. Станции имеют шумо-и тепло изоляцию. В состав газовых МКС входит система контроля загазованности и система принудительной вентиляции. Оборудование, поставляемое не во взрывозащищенном исполнении (шкафы управления и др.), монтируется в взрывобезопасном отсеке.

Для управления и контроля компрессорной установкой, а также системой автоматического пожаротушения в МКС служит система автоматики, которая располагается в шкафу автоматики. Шкаф автоматики монтируется во взрывозащищенном отсеке МКС.

Шкаф автоматики предназначен для размещения следующих элементов:

- контроллеров (приборов автоматики);
- блоков питания датчиков (при необходимости);
- автоматов питания;
- светосигнальной аппаратуры;
- кнопок управления, переключателей режима;
- клеммных соединителей или панелей клеммных колодок (для подвода внешних кабелей) [1].

Разработаем математическую модель оптимизации структуры электромонтажной схемы системы управления модульной компрессорной станцией, выпускаемой ОАО «Курганхиммаш».

Постановка задачи. Из числа формирующей структуру номенклатуры блоков, предлагаемых фирмами на рынке сбыта, выбрать блоки, определяющие оптимальный план с наименьшей стоимостью.

Пусть A_1, A_2, \dots, A_m – фирмы, предлагающие комплектующие для электромонтажных схем, $i = \overline{1, m}$; a_i – наименование комплектующих изделий, $i = \overline{1, m}$; B_1, B_2, \dots, B_n – блоки, формирующие электромонтажную схему системы управления модульной компрессорной станцией, $j = \overline{1, n}$; b_j – количество блоков j наименования, $j = \overline{1, n}$; c_{ij} – стоимость блока j -го наименования, выпускаемого i фирмой; X_{ij} – искомая переменная (бинарная). $X_{ij} = 1$, если устанавливается на электромонтажную схему блок j наименования i фирмы, $X_{ij} = 0$, если не устанавливается на электромонтажную схему блок j наименования i фирмы.

На рис. 1 представлена сетевая модель задачи оптимизации структуры электромонтажной схемы.

Математическая модель оптимизации структуры электромонтажной схемы системы управления модульной компрессорной станцией имеет вид

$$\text{Min} \leftarrow Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} * X_{ij} \quad \text{Целевая функция}$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, j = \overline{1, n}, & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, i = \overline{1, m} & (2) \quad \text{Ограничения} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{ij} - \text{целое число} & (4) \end{cases}$$

Ограничение 1 обеспечивает выбор j блока i фирмы.

Ограничение 2 обеспечивает выбор i фирмы, поставляющей j блок.

Ограничение 3 налагает неотрицательность на искомые переменные.

Ограничение 4 налагает дискретность на искомые переменные.

Исходные данные задачи записываются в виде распределительной таблицы (табл.1).

Алгоритм решения оптимизационной задачи.

1. Определение опорного плана оптимизационной задачи.

2. Проверка полученного распределения блоков на оптимальность.

3. Если распределение не оптимально, то блоки перераспределяются, снижая значение целевой функции.

4. Повторная проверка оптимальности полученного распределения блоков [2, с. 207].

Итеративный процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено оптимальное решение.

Применение алгоритма требует выполнения условий:

1. Даны c_{ij} стоимости блоков j -го наименования, выпускаемых i фирмой, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$.

2. Даны b_j – необходимое количество блоков j наи-

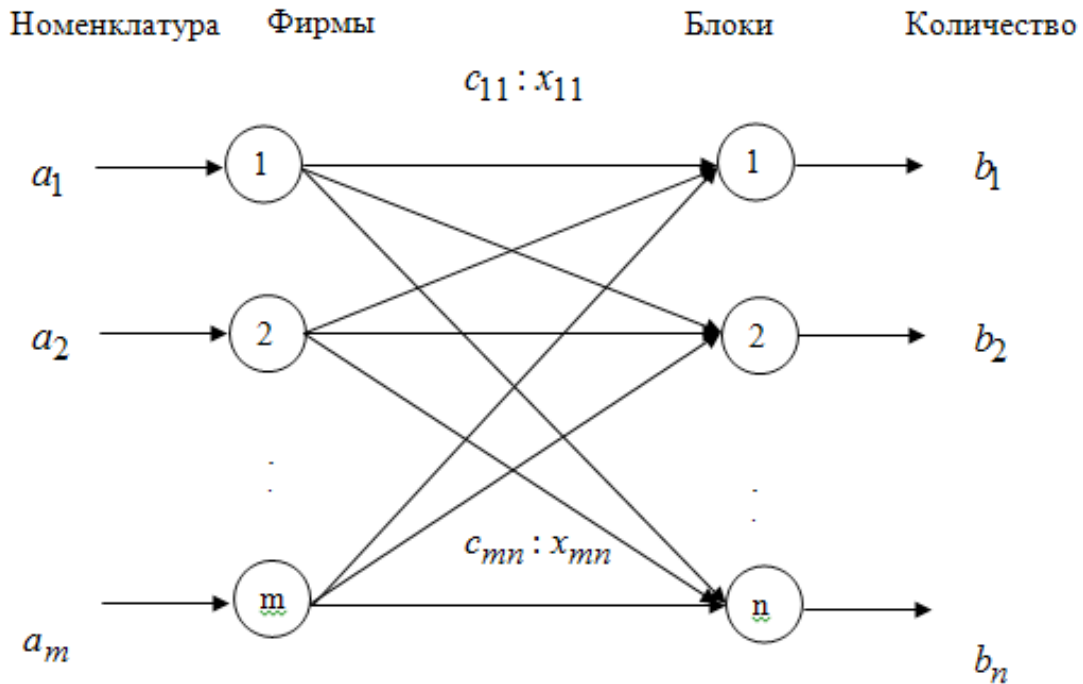


Рис. 1 Сетевая модель оптимизации структуры электромонтажной схемы

Таблица 1. Распределительная таблица оптимизационной задачи

Фирма	Блоки				Количество блоков
	B_1	B_2	...	B_n	
A_1	c_{11} X_{11}	c_{12} X_{12}	...	c_{1n} X_{1n}	a_1
A_2	c_{21} X_{21}	c_{22} X_{22}	...	c_{2n} X_{2n}	a_2
...
A_m	c_{m1} X_{m1}	c_{m2} X_{m2}	...	c_{mn} X_{mn}	a_m
Потребность в блоках	b_1	b_2	...	b_n	$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$

менования, $j = \overline{1, n}$.

3. Даны a_i – предлагаемое i фирмой количество комплектующих изделий, $i = \overline{1, m}$.

4. Общая потребность в блоках равна общему предло-

жению: $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$.

Общая потребность в блоках меньше общего предло-

жения, $\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i$. Открытая модель преобразуется в

модель закрытого типа посредством введения фиктивного

блока B_{n+1} с потребностью $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$.

Методы решения оптимизационной задачи.

1. Распределительный метод.
2. Метод потенциалов.

Литература:

1. <http://khn.zaural.ru/>.
2. Таха Х.А. Введение в исследование операций. 7-е издание: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005—912 с.

Результаты проведенных исследований позволили сделать выводы.

1. Разработана математическая модель оптимизации структуры электромонтажной схемы системы управления модульной компрессорной станцией, выпускаемой ОАО «Курганхиммаш».

2. Математическая модель позволяет сократить затраты и сроки проектирования электромонтажной схемы. Повысить обоснованность принимаемых решений.

Оптимальная компенсация отклонений волнового сопротивления при производстве LAN-кабелей связи

Смородинов Дмитрий Александрович, аспирант
Самарский государственный технический университет

Изготовление кабелей связи подвержено влиянию случайных возмущающих воздействий. Поэтому, несмотря на наличие встроенных локальных систем автоматической стабилизации (САС), большинство технологических режимных параметров и контролируемых «на проход» параметров кабельного изделия имеют непостоянные по длине кабеля значения и являются случайными функциями координаты длины кабеля x . Линии с переменными по длине параметрами принято называть нерегулярными. Как правило, нерегулярность параметров кабеля по длине невелика и составляет единицы, а чаще десятые и сотые доли процента от номинальных значений. Следовательно, кабели являются слабонерегулярными линиями. Тем не менее, слабое непостоянство размеров и свойств кабеля по длине решительным образом влияет на характер распространения электромагнитных волн и параметры кабеля, среди которых необходимо выделить обобщенный параметр, количественно характеризующий уровень нерегулярности кабеля и, соответственно, его качество [1].

Количество организуемых по кабелю каналов связи и длина усилительного участка (или тракта) определяются первичными и вторичными параметрами передачи. В связи с тем, что передача сигнала в кабелях связи осуществляется по многим двухпроводным цепям, расположенным в непосредственной близости друг от друга, наблюдается взаимное влияние между цепями, приводящее к появлению переходных шумов и разговоров, которые характеризуются с помощью первичных и вторичных параметров влияния [2].

Как следует из общего решения уравнений распространения электромагнитных волн, в линиях передачи существуют падающие и отраженные волны [2]. Важнейшим параметром, характеризующим качество линии, является отношение амплитуды отраженной волны к амплитуде падающей волны $\Gamma_{\text{вх}}$ в любом заданном сечении линии. Это отношение принято называть коэффициентом отражения. Обоснованность его выбора в качестве обобщенного параметра обуславливается тем, что остальные параметры передачи и влияния определяются также решением обобщенных телеграфных уравнений и их величины коррелированы, так как отражают степень нерегулярности кабеля. Коэффициент затухания выражается через коэффициент стоячей волны, определяемый величиной $\Gamma_{\text{вх}}$, и показано, что при нерегулярности периодического характера вызванное ею приращение собственного затухания кабеля $\Delta\alpha$ прямо пропорционально квадрату модуля входного коэффициента отражения [2].

Достижение минимального уровня нерегулярности кабеля возможно только при оптимальном управлении его параметрами, формируемыми в ходе технологического процесса. При изготовлении низкочастотных кабелей хороший результат дает оптимизация по типовым критериям оптимизации — максимуму быстродействия или минимуму дисперсии ошибки. Лучшие результаты дает использование регуляторов, робастных к скорости технологического процесса и межконтурных терминальных регуляторов.

Оптимизация всего комплекса локальных САС должна основываться на использовании математической модели, отражающей взаимосвязь обобщенного параметра, характеризующего качество нерегулярного кабеля, с управляемыми параметрами кабеля и технологическими режимными параметрами, являющимися воздействиями объекта управления.

Для слабонерегулярной кабельной линии телеграфные уравнения, описывающие распространение волн вдоль линии, могут быть сведены к уравнению Риккати относительно входного коэффициента отражения в произвольном сечении кабеля с координатой x . Решение этого уравнения имеет вид [2]:

$$\Gamma_{ax}(f) = \frac{1}{2z_0} \cdot \int_0^\ell z'(x) \cdot e^{-2\gamma x} dx, \tag{1}$$

где f – частота передаваемого сигнала, z_0 – номинальное значение волнового сопротивления, $z'(x)$ – производная функции волнового сопротивления по длине кабеля x , ℓ – длина кабеля, γ – коэффициент распространения электромагнитной волны.

$$\gamma = \alpha + i\beta, \tag{2}$$

где α – коэффициент затухания, β – коэффициент фазы;

$$\beta = \omega\sqrt{LC}, \tag{3}$$

$$z = \sqrt{\frac{L}{C}}, \tag{4}$$

где ω – частота, L – индуктивность линии на единицу длины, C – емкость линии на единицу длины;

$$C = \frac{\pi\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon D_{u2}[(D_{u1} - d)(D_{u2} + d) + D_{u1}(D_{u2} - d)(D_{u1} + d) + \ln\left(\sqrt{\frac{(D_{u1} + D_{u2})^2}{4d^2}} - 1 + \frac{D_{u1} + D_{u2}}{2d}\right)[\varepsilon_2\varepsilon D_{u2}(D_{u1} - d)(D_{u2} + d) + \varepsilon_1\varepsilon D_{u1}(D_{u2} - d)(D_{u1} + d) + \frac{(D_{u1} + D_{u2})(D_{u1} + d)(D_{u2} + d)]}{\varepsilon_1\varepsilon_2(D_{u1} + D_{u2})(D_{u1} + d)(D_{u2} + d)}]}{\tag{5}}$$

где d – диаметр медной жилы, D_{u1}, D_{u2} – соответствующие диаметры изоляций жил, $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – соответствующие диэлектрические проницаемости изоляций жил кабеля, ε – диэлектрическая проницаемость среды между изолированными жилами кабеля и внешним защитным покрытием или экраном, ε_0 – электрическая постоянная (рис. 1) [3].

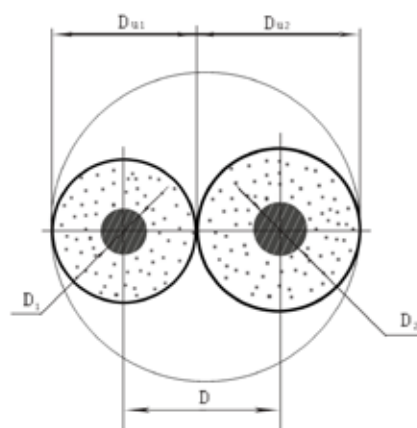


Рис. 1. Сечение LAN-кабеля

Индуктивность линии на единицу длины равна для витой пары LAN-кабеля [4]:

$$L = 4 \cdot 10^{-7} \ln \frac{2D - d}{d}. \tag{6}$$

С учетом (4)–(6), волновое сопротивление может рассчитываться по формуле:

$$z = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_{эжв}}} \cdot \ln \frac{D}{d}, \tag{7}$$

где $\epsilon_{\text{экв}}$ – эквивалентная диэлектрическая проницаемость изоляции витой пары LAN-кабеля [3]:

$$\epsilon_{\text{экв}} = \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon (D_{u2}(D_{u1} - d)(D_{u2} + d) + D_{u1}(D_{u2} - d)(D_{u1} + d) + (D_{u1} + D_{u2})(D_{u1} + d)(D_{u2} + d))}{\epsilon_2 \epsilon D_{u2}(D_{u1} - d)(D_{u2} + d) + \epsilon_1 \epsilon D_{u1}(D_{u2} - d)(D_{u1} + d) + \epsilon_1 \epsilon_2 (D_{u1} + D_{u2})(D_{u1} + d)(D_{u2} + d)}. \quad (8)$$

Выражения (7) позволяет выразить нерегулярность волнового сопротивления LAN-кабеля через вариации его параметров Π_i , формируемых в процессе изготовления [5]:

$$\Delta z(x) = z_0 + \sum_{i=1}^n \Delta z_i(x) = z_0 + \sum_{i=1}^n \overset{\circ}{z}_i(x), \quad (11)$$

где

$$\overset{\circ}{z}_i(x) = \Delta z_i(x) = \left. \frac{\partial z}{\partial \Pi_i} \right|_0 \Delta \Pi_i(x) = K_i \cdot \Delta \Pi_i(x), \quad (12)$$

K_i – чувствительность волнового сопротивления к малым вариациям i -того параметра кабеля.

Зависимость волнового сопротивления $\Delta z(x)$ может быть достаточно точно представлена в виде:

$$\Delta z(x) = K_D \cdot \Delta D_{uz}(x) + K_C \cdot \Delta C_{uz}(x), \quad (13)$$

где K_D и K_C – чувствительности волнового сопротивления к вариациям диаметра и емкости, определяемые как частные производные от соответствующей функции волнового сопротивления. Выражение (13) позволяет определить структуру многоконтурной системы стабилизации диаметра и емкости, позволяющую минимизировать вариации волнового сопротивления $\Delta z(x)$.

Известны временные подходы к оптимизации управления, где использован «плавный переход», минимизирующий коэффициент отражения в произвольном сечении кабеля (1). Целесообразно минимизировать среднее значение модуля входного коэффициента отражения в рабочем диапазоне частот $[f_n, f_6]$:

$$\Gamma_{cp} = \frac{1}{f_6 - f_n} \cdot \int_n^{f_6} |\Gamma_{ax}(f)| df = \min, \quad (14)$$

$$\Gamma_{\max} = \max |\Gamma_{ax}(f)| = \min, f \in [f_n, f_6] \quad (15)$$

где f_n, f_6 – границы рабочего диапазона частот.

В известном «плавном переходе» от волнового сопротивления z до $(z + \Delta z)$, функция Δz линейная (рис. 2), т.е.

$$\Delta z(x) = K \cdot x. \quad (16)$$

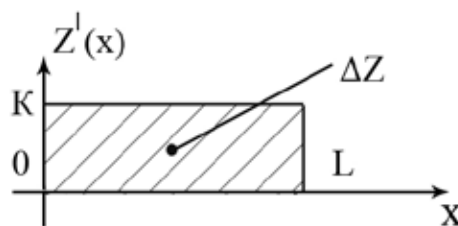


Рис. 2. График производной функции $z(x)$

Потому для минимизации (14), (15) с учетом (1) на конечном отрезке $[f_n, f_6]$ с учетом частотной зависимости коэффициента затухания α , оптимальная будет гармоническая форма нерегулярности с той же площадью Δz (рис. 3).

При такой форме нерегулярности максимальное значение модуля входного коэффициента отражения (15) на резонансной частоте примет вид:

$$\Gamma_{\max} = \max |\Gamma_{ax}(f)| = \frac{\pi \cdot \Delta z}{4 \cdot \alpha \cdot l_6} \cdot (1 - e^{-2\alpha l}) \quad (17)$$

Обозначим величину коэффициента отражения на произвольной фиксированной частоте f через $\Gamma_{\text{Вxf}}$ и перепишем выражение (1) в следующем виде:

$$\Gamma_{\text{Вxf}} = \frac{1}{2z_0} \int_{-\infty}^{\infty} z'(x) H(x) e^{-j2\beta x} dx, \quad (18)$$

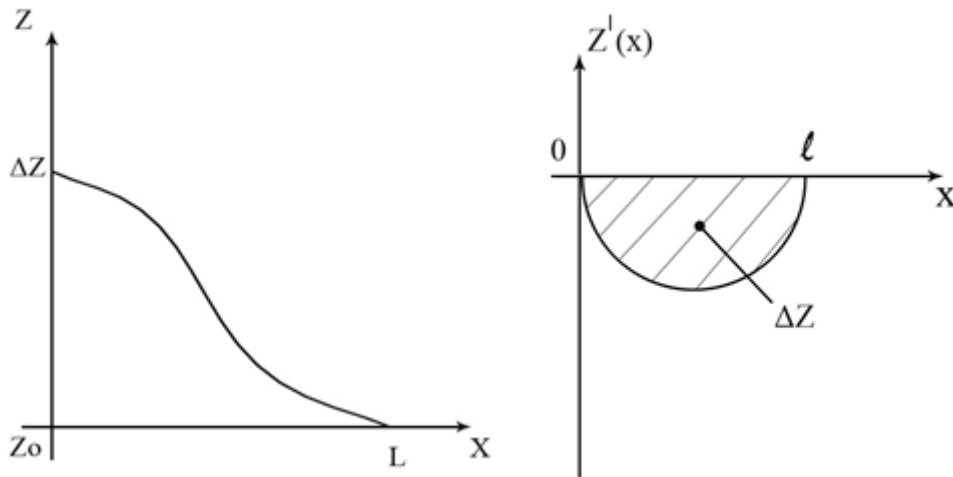


Рис. 3. График функции $z(x)$ и её производной при гармонической форме нерегулярности

где

$$H(x) = [1(x) - 1(x - l_g)]e^{-2\alpha x} \tag{19}$$

Величина 2β , входящая в выражение (18), определяет угловую пространственную частоту гармоники функции $z(x)$, взаимодействующей с гармоническим сигналом частоты f [5]:

$$2\beta = 2 \frac{2\pi f}{v} = 2\pi \frac{2f}{v} = 2\pi \frac{1}{l_g} = 2\pi g, \tag{20}$$

где v – фазовая скорость; l_g – длина волны взаимодействующей гармоники; g – пространственная частота взаимодействующей гармоники:

$$g = \frac{2f}{v}. \tag{21}$$

С учетом (20) выражение (18) можно представить в виде:

$$\Gamma_{\text{Вх}}(g) = \frac{1}{2z_0} \int_{-\infty}^{\infty} z'(x)H(x)e^{-j2\pi gx} dx = \frac{1}{2z_0} F\{z'(x)H(x)\} = \frac{1}{2z_0} z'(g) * H(g), \tag{22}$$

т. е. величина входного коэффициента отражения определяется преобразованием Фурье от произведения функции $z'(x)$ и $H(x)$ или же сверткой их спектров Фурье.

При построении спектра линейной нерегулярности (рис. 4), отклонение функции стремится к нулю при $f \rightarrow \infty$, и оптимизировать нужно путем минимизации модуля $\Gamma_{\text{Вх}}(f)$, именно когда исследуется коэффициент отражения в произвольном сечении кабеля.

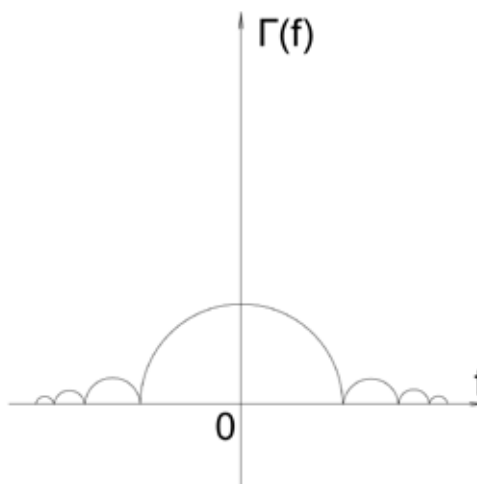


Рис. 4. Спектр с линейной формой нерегулярности

Гармоническая форма $z(x)$ с пространственной частотой, большей, чем верхняя граница g , даст пик рефлектограммы $\Gamma_{Bx}(f)$ на резонансной частоте f_n , выше, чем f_0 , т.е. вне спектра рабочих частот (рис. 5).

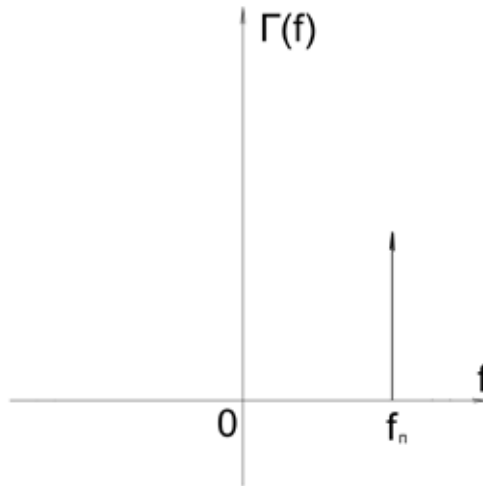


Рис. 5. Спектр с гармонической формой нерегулярности

Данный вывод позволяет организовать оптимальное управление технологическим процессам производства LAN-кабеля, при выборе его параметров согласно требованиям заказчика, а в частности, рабочего диапазона частот.

Литература:

1. Гроднев И.И., Шварцман В.О. Теория направляющих систем связи. М.: Связь, 1978. 296 с.
2. Гальперович Д.Я., Павлов А.А., Хренков Н.Н. Радиочастотные кабели. М.: Энергоатомиздат, 1990. 256 с.
3. Чостковский Б.К., Смородинов Д.А. Математическая модель витой пары радиочастотного кабеля объекта управления. // Вестн. Самар. гос. техн. у-та. 2008. Вып. 1. с. 113–119.
4. Глебович Г.В., Ковалев И.П. Широкополосные линии передачи импульсных сигналов. М., «Сов. Радио», 1973, 224 с.
5. Чостковский Б.К. Математическая модель формирования обобщенных параметров качества нерегулярных кабелей связи в стохастической постановке. // Вестн. Самар. гос. техн. у-та. 2006. Вып. 42. с. 147–161.

Исследование управляемости транспортного средства при введении в рулевое управление упругого элемента

Ходес Иосиф Викторович, доктор технических наук, профессор;
 Слюсарев Алексей Михайлович, студент;
 Победин Аркадий Викторович, кандидат технических наук, профессор;
 Соколов-Добрев Николай Сергеевич, кандидат технических наук, доцент
 Волгоградский государственный технический университет (г. Волгоград)

В статье приводится схема подвески передних управляемых колес с дополнительным упругим элементом, введенным в рулевое управление, и обеспечивающим улучшенные показатели управляемости. Рассмотрены значения углов бокового увода и сил, действующих на управляющие колеса автомобиля, снабженного такой подвеской при движении на прямолинейных и криволинейных участках дороги.

Ключевые слова: автомобиль, управляемость, подвеска, боковой увод, боковая сила, подруливание, стабилизация прямолинейного движения.

Традиционное управление транспортным средством, как правило, подразумевает необходимость периодической корректировки курсового направления движения, называемого подруливанием, интенсивность которого возрастает с увеличением скорости. При этом одновременное увеличение центробежной силы, приводит к нарастаю-

шему поперечному воздействию на оси опорных колес, увеличению их боковых реакций, и вызывает известное явление бокового увода и соответствующего изменения кривизны траектории движения [1, 3, 5]. В связи с этим актуальна задача разработки схемы подвески передних управляемых колес, обеспечивающей улучшенные параметры управляемости за счет непосредственной автоматической компенсации угла увода колеса и определения характеристик движения транспортного средства, снабженного такой подвеской.

В качестве готового технического решения был рассмотрен патент [5], в котором поворотный кулак заменен на узел, включающий в себя поворотную цапфу 1, дополнительный рычаг 2 и упругий элемент, выполненный в виде изогнутой пластины 3 (рис. 1). За счет упругого элемента 3, установленного между поворотной цапфой 1 и дополнительным рычагом 2, под действием горизонтальной поперечной силы предполагается поворот колеса с поворотной цапфой в той же плоскости в сторону, обратную направлению увода. По мнению авторов, такая конструкция подвески компенсирует боковой увод и улучшает стабилизацию прямолинейного движения колесной машины.

Для упрощения конструкции, повышения ее технологических свойств и надежности, вместо трехрежимного гидравлического управляемого демпфирующего устройства [5] предложено установить резиновое демпфирующее устройство 4 с нелинейной упруго-диссипативной характеристикой (рис. 1).

Введение резинового демпфирующего устройства должно повысить надежность подвески за счет предотвращения резонансного увеличения горизонтальной по-

перечной силы при ее периодическом изменении, а также исключить тенденцию транспортного средства к избыточной поворачиваемости.

Установка упругого элемента дает подвижность колесу с поворотной цапфой только в горизонтальном поперечном направлении без дополнительного наклона в поперечной вертикальной плоскости. При этом происходит непосредственная автоматическая компенсация бокового увода за счет изменения только схождения без пространственного неучитываемого перемещения колес в вертикальной продольной и поперечной плоскостях. Для того чтобы поворот плоскости колеса с поворотной цапфой проходил в сторону, обратную направлению увода, точка пересечения оси поворота колеса с опорной поверхностью расположена позади его вертикальной оси по направлению движения колесной машины, т.е. подвеска имеет отрицательный «вылет».

Упругий элемент 3 выполнен в виде полукольца прямоугольного сечения, причем его материал должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать статические и динамические нагрузки, действующие на автомобиль. Жесткость упругого элемента 3 выбирается такой, чтобы момент, создаваемый горизонтальной поперечной силой на колесе при повороте относительно оси шарового шарнира, был равен моменту, создаваемому упругим элементом при повороте колеса на такой же угол [2, 4]. Жесткость упругого элемента рекомендуется определять по следующему выражению:

$$C = k * e,$$

где k – коэффициент увода управляющего колеса Н/рад, e – вылет оси поворота предлагаемой подвески, м. Для обеспечения достаточной прочности конструкции и одно-

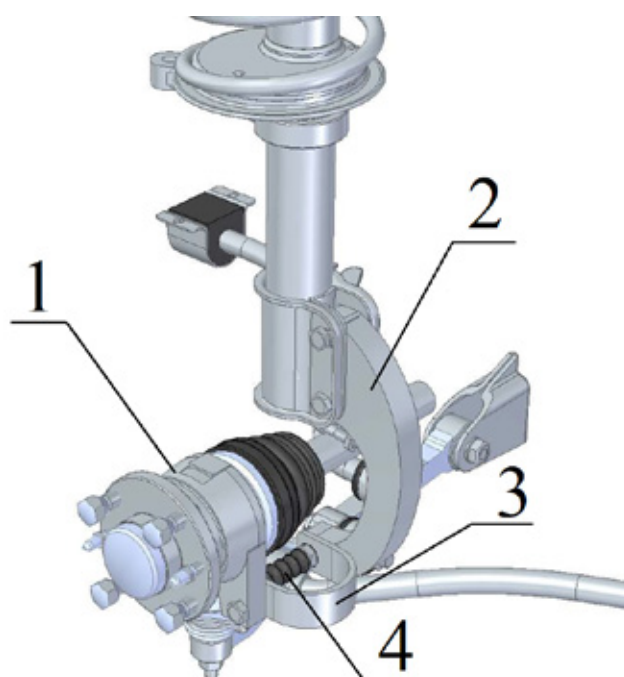


Рис. 1. Пример реализации подвески с дополнительным упругим элементом для автомобиля VAZ 2109

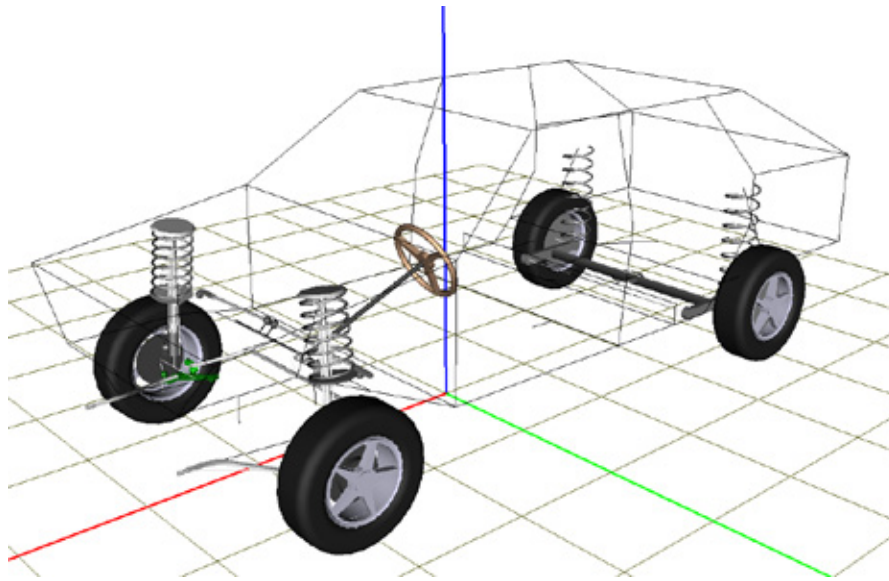


Рис. 2. Виртуальная модель автомобиля ВАЗ 2109 в программном пакете «Универсальный механизм»

ременно обеспечения необходимой податливости, предварительная угловая жесткость упругого элемента задается равной $C = 400$ (Н*м/рад). В дальнейших исследованиях это значение будет корректироваться.

Для исследования параметров движения транспортного средства, снабженного предлагаемым типом подвески, была использована виртуальная модель автомобиля ВАЗ 2109, выполненная в программном комплексе «Универсальный механизм» (рис. 2) [6]. Компоновка подвески передних управляющих колес модели была изменена в соответствии с предлагаемой конструкцией, а именно в обобщенный шарнир, связывающий поворотный кулак и стойку, добавлена дополнительная сте-

пень свободы (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 3). Кроме этого, в шарнир введен дополнительный момент сил упругости, возникающий при деформации упругого элемента. Остальные параметры модели подробно описаны в справочном руководстве и демонстрационном примере комплекса «Универсальный механизм» [6].

При виртуальном моделировании определялось изменение во времени углов бокового увода и поперечных сил (сопротивления боковому уводу), действующих на оба управляющих колеса. Моделирование проводилось для стандартной подвески автомобиля ВАЗ 2109 и модифицированной, с введением в рулевое управление дополнительного упругого элемента, при равных прочих условиях

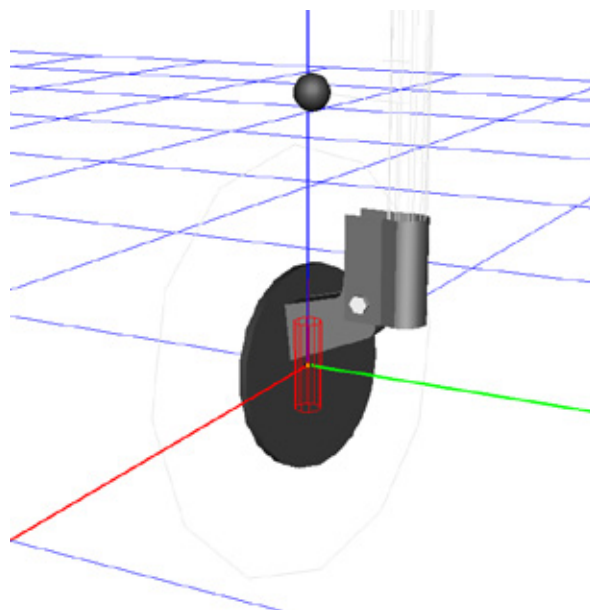


Рис. 3. Реализация дополнительного вращательного шарнира с упругой связью

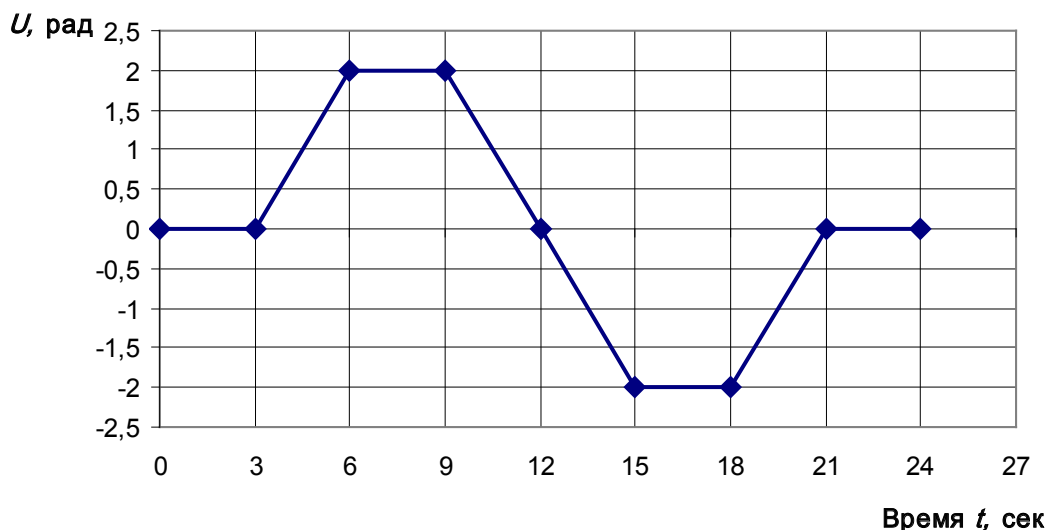


Рис. 4. Зависимость угла поворота рулевого колеса от времени

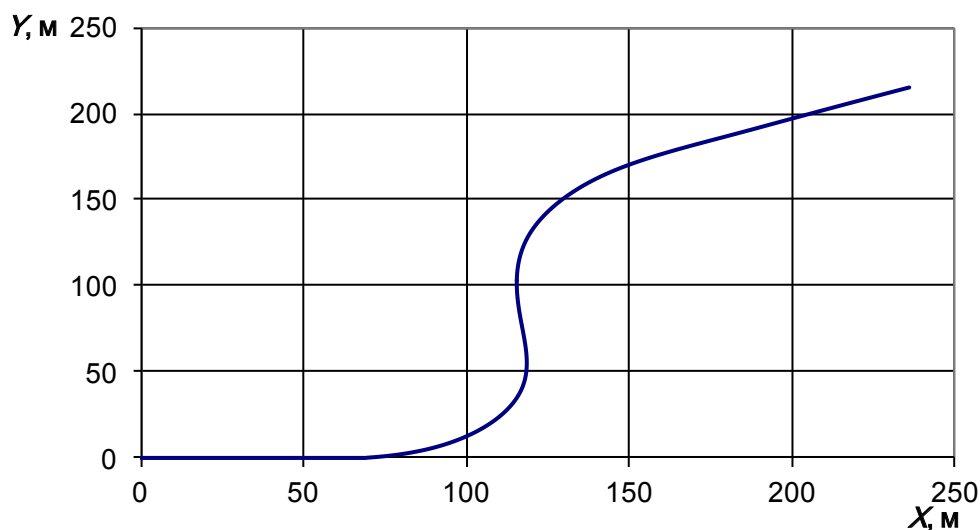


Рис. 5. Траектория пройденного автомобилем пути при моделировании

движения. Управление транспортным средством осуществлялось без обратной связи, т.е. при прохождении маневров угол поворота рулевого колеса задавался как функция времени. Режим продольного движения выбран с постоянной скоростью $V=15$ м/с. Угол поворота рулевого колеса в зависимости от времени приведен на рис. 4. Траектория пройденного автомобилем пути в горизонтальной плоскости представлена на рис. 5. Вертикальный профиль дороги по траектории не изменялся, микронеровности не моделировались. Контакт шины с плоскостью дорожного полотна в модели реализован с помощью формулы Пасейки (Pasejka Magic Formula) [6, 7]. Взаимодействие шины с плоскостью дороги выбрано многоточечным с комбинированным скольжением.

Результаты моделирования для двух типов подвесок (стандартной и с упругим элементом) представлены на рис. 6 и 7.

Анализ осциллограмм показал, что боковой увод, вызванный углами установки развала и схождения управляющих колес, при движении на прямых участках дороги, практически полностью компенсируется упругим элементом предлагаемой подвески. Так, угол бокового увода левого колеса, при прямолинейном движении на стандартной подвеске, равен 0.017 рад. Введение упругого элемента в рулевое управление уменьшает этот угол до 0.001 рад или на 95%. Изменение бокового увода правого колеса происходит аналогичным образом, симметрично относительно оси абсцисс (рис. 6). Уменьшение радиуса кривизны траектории движения увеличивает величину центробежной силы, и тем самым, на данном участке дороги, происходит увеличение угла бокового увода, как для стандартной, так и для модифицированной подвесок. При движении автомобиля по траектории с постоянным радиусом и скоростью, углы бокового увода управляющих

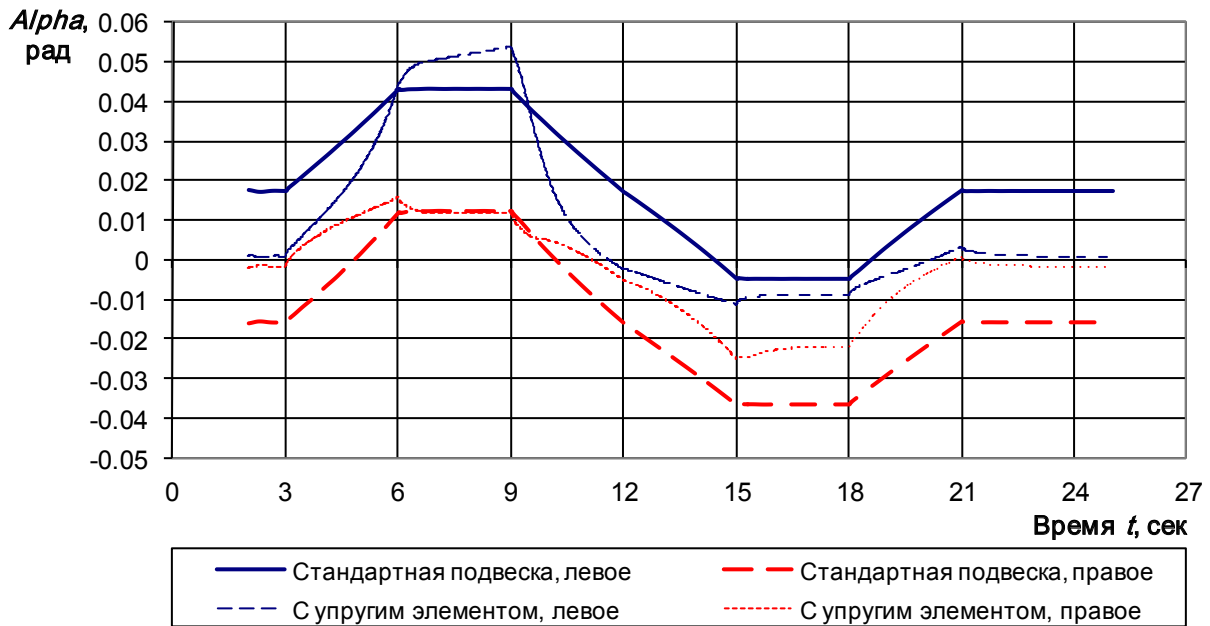


Рис. 6. Осциллограммы углов бокового увода стандартной и измененной подвески при движении автомобиля по криволинейной траектории со скоростью 15 м/с



Рис. 7. Осциллограммы поперечных сил, действующих на управляющие колеса стандартной и измененной подвески при движении автомобиля по криволинейной траектории со скоростью 15 м/с

колес стандартной подвески приблизительно совпадают с углами увода модифицированной подвески. При этом боковые силы, действующие на колеса в поперечной плоскости, для обоих типов подвесок, также совпадают.

Сопоставляя углы бокового увода и силы, действующие на управляющие колеса в поперечных плоскостях, можно определить их коэффициенты бокового увода. Так, например, максимальная сила, действующая на левое колесо стандартной подвески при прямолинейном движении

равна $F_{л} = 925.34$ Н, угол увода $\alpha_{л}$ при этом составляет 0.0173 рад, тогда коэффициент бокового увода будет:

$$K_k^{ст} = F_{л} / \alpha_{л} = 925.34 / 0.0173 = 53487.86 \text{ (Н/рад)} = 95.12 \text{ (кгс/град)}.$$

Аналогичным образом эти коэффициенты рассчитываются для разных режимов движения. Полученные при моделировании некоторые эксплуатационные показатели обоих рассматриваемых видов подвесок приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сводные характеристики углов и коэффициентов поперечного увода колес и действующих на них боковых сил

	Стандартная подвеска			Модифицированная подвеска		
	Угол бокового увода, рад	Боковая сила, Н	Коэффициент бокового увода, кгс/град	Угол бокового увода, рад	Боковая сила, Н	Коэффициент бокового увода, кгс/град
Прямой участок дороги						
Левое колесо	0,01730	925,34	95,12	0,0009	19,9	39,13
Правое колесо	-0,01578	-840	94,69	-0,0016	-44,25	48,49
Левый поворот, установившееся движение $R^{\min} \approx 40$ м						
Левое колесо	0,04295	1543,67	63,94	0,05050	1673,07	59,03
Правое колесо	0,01219	1357,61	198	0,01176	1359,69	205,64
Правый поворот, установившееся движение $R^{\min} \approx 60$ м						
Левое колесо	-0.00474	-745,09	279.78	-0.009	-944.98	186.67
Правое колесо	-0.03641	-1521.49	74.34	-0.0223	-1082.7	86.26

Полученные при моделировании коэффициенты не противоречат расчетным и экспериментальным данным, приведенным в литературе [4, 8, 9, 10]. Сравнение полученных коэффициентов показало их снижение, примерно на 50–60%, при введении в рулевое управление дополнительного упругого элемента на прямолинейных участках дороги. Это объясняется компенсацией бокового увода упругой составляющей момента, возникающей в установленном упругом элементе. При выполнении автомобилем поворота с постоянными радиусами кривизны, коэффициенты бокового увода в подвеске, с введенным упругим элементом, незначительно возрастали. Полученные отклонения коэффициентов, можно объяснить повышенной податливостью упругих пружин подвески, и возникающих,

в результате выполнения поворотов, продольных и поперечных колебаний остова автомобиля.

В целом, по результатам проведенных численных экспериментов предложенную авторами конструкцию подвески с введенным в рулевое управление упругим элементом, можно рассматривать как дополнительную возможность повышения управляемости транспортного средства за счет стабилизации его прямолинейного движения. Улучшение характеристик подвески можно достичь при проведении оптимизации жесткости упругого элемента с целью непосредственной адаптации ее к установленным углам развала, схождения, а также углов продольного и поперечного наклонов поворотных кулаков.

Литература:

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. – М.: Машиностроение, 1978. – 215 с.
2. Колосов И.В., Ходес И.В. Стабилизация прямолинейного движения колесной машины //Прогресс транспортных средств и систем: матер. междунар. науч. конф. 7–10 сент. 1999 г. /ВолгГТУ и др. – Волгоград, 1999 г. – Ч. 1. – с. 143–145.
3. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса /пер. с нем. В.П. Агапова; под ред. О.Д. Златоврадского. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
4. Ходес И.В. Повышение технического уровня колесной машины на базе расчетно-теоретического обоснования параметров управляемости: монография/ И.В. Ходес; ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – 363 с.
5. Патент №2232683 Россия, МКИ В60G 3/18. Подвеска передних управляемых колес /И. В. Ходес, И.В. Колосов (Россия). – заявлен 4.11.02, Оpubл. 20.07.04, Бюл. №20.
6. <http://www.umlab.ru/plugins/catalogue/index.php?id=2>
7. Bakker, E., Pacejka, H.B. and Lidner, L.: A New Tyre Model with Application in Vehicle Dynamics Studies. Proc. 4th Int. Conf. Automotive Technologies, Monte Carlo, 1989, SAE paper 890087, 1989.
8. Гинцбург Л.Л. Устойчивость управляемого движения автомобиля относительно траектории. «Автомобильная промышленность», №9, 1977 г., с. 27.
9. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение. 1971.-415 с.
10. Малиновский Е.Ю. и др. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой. – М.: Машиностроение, 1974. – 176 с.

Возможные варианты получения дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями

Хужакулов Азиз Файзуллаевич, преподаватель;

Рузиев Элдор Уктамович, магистрант;

Джумаев Миршод Адизович, магистрант;

Саъдуллаев Шухратжон Асадтиллоевич, студент

Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Бурное развитие машиностроительных отраслей промышленности, особенно в развитых странах, привело к стремительному увеличению парка автомобилей и других транспортных средств (ТС). Увеличение количества ТС связано с двумя главными экологическими проблемами: с выбросами нефтеперерабатывающих заводов при производстве топлив; с загрязнением биосферы выхлопными газами, на долю которых приходится наибольшая часть вредных веществ, выделяемых автомобильным двигателем. В отработанных газах содержится более 200 различных химических соединений, из них около 150 — производные углеводородов, полученных при неполном или неравномерном сгорании топлива в двигателе [1].

Доля автотранспорта в загрязнении атмосферы в некоторых странах составляет: во Франции 32%, в Англии — 34%, в США — 60%. Следует отметить, что для крупных городов и населенных пунктов эти цифры значительно выше средних по стране (85–95%).

Все возрастающие потребности страны в нефти и продуктах её переработки в результате роста потребления электроэнергии и увеличения автомобильного парка делают весьма актуальным экономию моторного топлива, в частности за счет оснащения автомобилей дизельными двигателями, расходующими на 30% меньше топлива по сравнению с бензиновыми двигателями. Кроме того, на производство дизельного топлива требуется в 2,5 раза меньше энергии, чем на производство бензина. Дополнительными преимуществами дизельных двигателей перед бензиновыми являются: более высокий КПД двигателя; большая пожаро-, взрывобезопасность топлива; меньшее количество вредных выбросов. Недостатком дизельных двигателей считается относительно большая металлоемкость двигателя, что и сдерживает их внедрение в легковые автомобили. Основными направлениями по уменьшению негативного воздействия топлив на окружающую среду являются производство топлив с улучшенными экологическими показателями, разработка менее токсичных двигателей, применение каталитических нейтрализаторов. Применительно к дизельным топливам наиболее перспективными являются первые два направления.

Производство дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями связано, во-первых, с вовлечением в их состав продуктов переработки растительного сырья и их модификаций (так называемые биодизельные топлива), во-вторых, со снижением содержания в них сернистых, азотных соединений и полициклических аромати-

ческих углеводородов за счет гидрогенизационных процессов. Также, новым способом получения экологически чистых топлив является целенаправленное производство синтетического дизельного топлива в виде диметилового эфира (ДМЭ) на основе синтез-газа. ДМЭ — ультрачистое дизельное топливо, применение которого позволит снизить выбросы дыма, частиц сажи, оксидов азота и шум в работающем двигателе. По массовой теплоте сгорания ДМЭ уступает нефтяному дизельному топливу, но его термический к.п.д. высок, а по всем остальным показателям он существенно превосходит обычное дизельное топливо. Стоимость модернизации дизельного ДВС при переходе на ДМЭ незначительна (около 100 долларов США на единицу автотранспорта). Данный вопрос находится на стадии своего дальнейшего изучения.

Биодизельные топлива. Получившими широкое распространение кислородсодержащими добавками к дизельным топливам (ДТ) являются продукты переработки растительного сырья и их модификации. Впервые интерес к таким добавкам возник в 70-е годы прошлого века в связи с энергетическим кризисом. Тогда исследования касались в основном поиска альтернативной и более дешевой замены традиционных нефтяных топлив. В настоящее время интерес к указанным добавкам вызван их лучшими экологическими характеристиками по сравнению с нефтяными топливами. Во Франции путем льготного налогообложения стимулируется добавление до 5% аналогичных добавок. В США метиловые эфиры на базе соевого масла используются либо как 100%-ное топливо, либо в качестве 20%-й добавки к нефтяному. В Малайзии принято решение о строительстве завода по производству метиловых эфиров на базе пальмового масла, с целью их использования в качестве ДТ или его компонента. Качество добавок на основе продуктов переработки сырья растительного происхождения, несколько отличается от нефтяных топлив, что обусловлено разницей в химическом составе. Например, для рапсового масла по сравнению с нефтяным топливом характерны более высокие значения кинематической вязкости и температуры вспышки, определяемой в закрытом тигле.

Введение в состав ДТ указанных добавок снижает эмиссию практически всех вредных веществ по сравнению с нефтяными топливами. Согласно, уменьшение содержания вредных веществ в выхлопных газах автомобилей, работающих на ДТ, содержащем 20% рапс-метилового эфира составляет: монооксида углерода — 43,2%, углево-

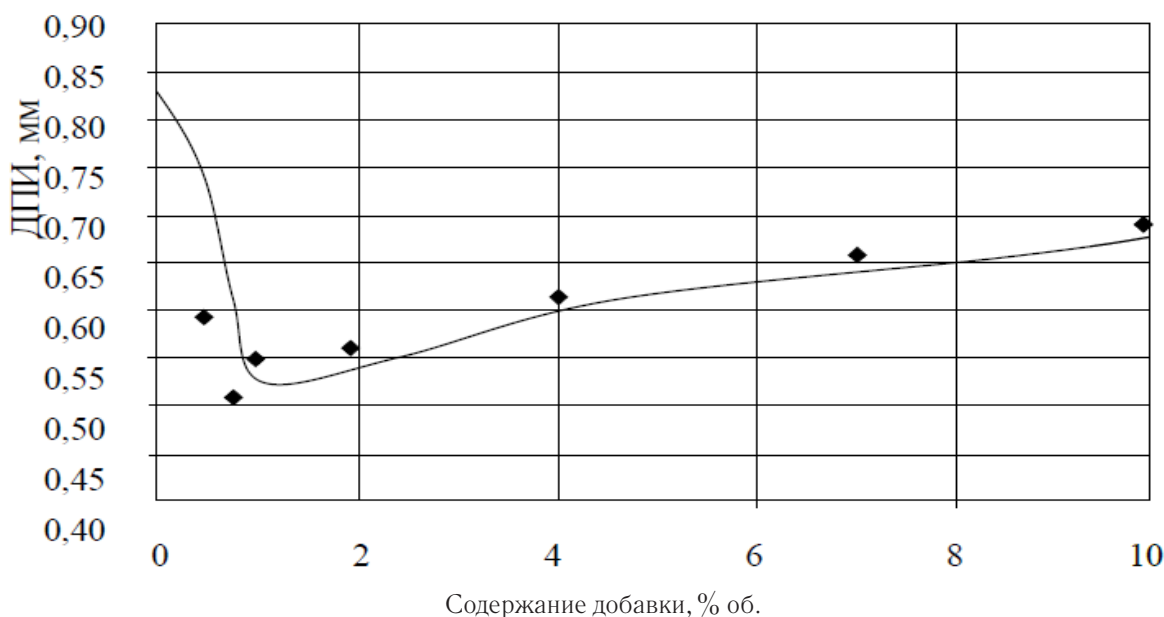


Рис. 1. Зависимость диаметра пятна износа (ДПИ) топливных композиций от концентрации добавки

дородов – 56,3%, твердых частиц – 55,4%. Следует отметить, что в продуктах переработки растительного сырья содержится ультра низкое количество сернистых соединений (не более 24 ppm) и не содержится ароматических углеводородов. Таким образом, введение в состав ДТ указанных добавок позволяет значительно улучшить экологические показатели работы двигателей.

Дизельные топлива с низким содержанием сернистых соединений. Снижение содержания серы в дизельном топливе может быть достигнуто путем гидроочистки, проводимой в более жестких условиях. Указанная цель также может быть достигнута подбором нового, более эффективного для данного типа сырья катализатора [1]. С одной стороны, снижение содержания серы ведет к общему уменьшению выбросов оксидов серы, отмечается также снижение количества твердых частиц в отработавших газах и образование отложений в топливной системе. С другой – приводит к снижению смазывающей способности – важной эксплуатационной характеристике топлива, оценивающей его способность смазывать узлы и агрегаты топливopодающей системы, значительно предотвращая их износ. Впервые с проблемой неудовлетворительного смазывания деталей топливной системы столкнулись в Швеции, где на автотранспорте, работающем на топливе с низким содержанием серы, наблюдался преждевременный выход из строя топливных насосов [1]. Одной из причин снижения смазывающей способности топлива с низким содержанием серы считают отсутствие поверхностно-активных веществ (естественных присадок), способных образовывать пленку на трущихся поверхностях деталей, препятствующую непосредственному их контакту. Присутствующие в топливах соединения серы, кислорода или азота, имея постоянный дипольный момент, притягиваются по-

верхностью металла, строго ориентируются в слоях и создают смазочную пленку, которая уменьшает трение и износ. В литературе в качестве противоизносных присадок рассматриваются растительные масла [1], парафиновые углеводороды [2], некоторые эфиры [3], нефтяные кислоты, спирты. Если в вопросах получения дизельных топлив с низким содержанием серы отечественные нефтепереработчики накопили определенный опыт, то проблема производства присадок, повышающих противоизносные свойства, является открытой. В этой связи вопрос о разработке высокоэффективной экономически доступной присадки для отечественной нефтяной промышленности стоит весьма остро. Нами проведены исследования влияния добавки – высокомолекулярных фракций 180–320°C продуктов гидроформилирования пропилена на смазывающую способность дизельного топлива. Высокомолекулярные продукты процесса гидроформилирования пропилена представляют собой смесь алифатических спиртов следующего состава: до C8 от 1 до 18 масс. %, C8 30–70 масс. %, выше C8 и выше 20–65% масс. Смазывающую способность дизельного топлива оценивали по диаметру пятна износа – основной трибологической характеристике топлив.

Из рисунка 1 видно, что при введении в состав дизельного топлива высокомолекулярных продуктов процесса гидроформилирования пропилена его ДПИ снижается. Зависимость ДПИ от концентрации добавки носит экстремальный характер с минимумом при значениях добавки в интервале 0,5–2,0% об. Таким образом, добавка, представляющая собой фракцию 180–320°C высокомолекулярных продуктов процесса гидроформилирования пропилена, может быть рекомендована в качестве противоизносной присадки для дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями. Оба рассмотренных

варианта получения дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями находят применение в нефтеперерабатывающей промышленности многих стран.

Предпочтение отдается тому варианту, который обладает более выгодными экономическими, сырьевыми, технологическими и производственными факторами.

Литература:

1. Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа. М. Химия., 1978, 424 с.
2. Мельников В.А., Агафонов Д.Ю., Скобелев В.Н., Сердюк В.В., Ашкинази Л.А.// Мир нефтепродуктов. — 2004. — №3, с. 8
3. Гафаров А.Г., Рагимов, Ч.М.// Мир нефтепродуктов. — 2003. — №3, с. 14

Компьютерная томография: технические аспекты качества исследований и лучевой нагрузки

Яргин Сергей Вадимович, кандидат технических наук, доцент
Российский университет дружбы народов (г. Москва)

Computed tomography: technical aspects of examination quality and radiation exposure

Computed tomography (CT) becomes increasingly widespread in Russia. Some CT departments receive patients with great intensity, concentrating predominantly on outpatient cases. CT scanning is performed according to a standard procedure, which usually takes a few minutes. Only a plan radiograph and several slides at best are examined in the presence of the patient. Detailed examination of the images and their description is performed by a radiologist in the late afternoon or evening, when reception hours are over. Such a procedure does not permit an immediate reexamination of a suspicious area using higher resolution or modified scanning parameters. Hospital administration sometimes insists on such methods because of economical reasons. For optimization of the work flow, factual working hours of physicians and technologists must be made equal. Examination of all images should be performed in the presence of the patient to enable in case of indications an additional examination without delay. Description of images must be performed immediately thereafter, so long as the case is fresh in memory. It would permit to spare time and minimize the X-ray exposure.

Ключевые слова: компьютерная томография, рентгеновское излучение.

Прежде чем перейти к теме статьи, необходимо остановиться на терминологии. Русскоязычная терминология по компьютерной томографии (КТ) находится в стадии формирования, в разных изданиях используются различные термины, поэтому именно сейчас важно разобраться в правильности их употребления. Например, в широко известном руководстве И.Е. Тюрина [1] «шаг спирали» используется в качестве синонима безразмерного индекса pitch — отношения смещения стола за один оборот гентри (рамы, несущей источника рентгеновского излучения и датчики) к толщине пучка рентгеновского излучения (коллимации). Это может вызвать непонимание, поскольку в технике шаг спирали означает расстояние между ее витками. Поэтому pitch лучше не переводить, а транслитерировать (питч), как это сделано в русском переводе руководства М. Прокоп и М. Галански [2] и другой переводной литературе [3], качество перевода которой часто оставляет желать лучшего. Использование термина

«шаг стола» для обозначения смещения стола за один оборот гентри [1] не совсем удачно: при спиральной КТ стол движется непрерывно, а не шагами. Использование для этой цели термина «скорость» (как в русском переводе руководства В. Календера) [4] тоже не оптимально, поскольку в физике под скоростью понимают отношение пути ко времени. Практические рентгенологи называют толщину пучка рентгеновского излучения (коллимацию) толщиной среза, а шаг стола просто шагом. Терминологическая путаница приводит к появлению в литературе непонятных утверждений: «Принципиально важно, что скорость смещения стола может быть в 1,5–2 раза... больше толщины томографического слоя» [1]. Наверное, для смещения стола за один оборот гентри лучше использовать применяемый в мировой литературе термин «инкремент».

КТ широко внедряется в практическое здравоохранение. Приобретаются современные томографы спираль-

ного типа. Некоторые отделения с высокой интенсивностью обследуют амбулаторных пациентов. Бесплатное медицинское страхование покрывает лишь небольшую часть расходов по КТ-исследованиям, многие пациенты сами оплачивают эту диагностическую процедуру, а некоторые сами ее себе назначают, не побывав предварительно у врача [5]. С другой стороны, врачи разных специальностей нередко рекомендуют «сделать КТ» без достаточного учета показаний, получая за это комиссионные. Сканирование производится по стандартной методике, что занимает несколько минут; затем пациента отпускают и приглашают следующего. Детальный просмотр всех томограмм и их описание врач нередко производит вечером, когда лаборанты уже закончили свою работу, поэтому рабочий день рентгенолога иногда затягивается до 14 и более часов в сутки. Для уточнения характера патологии больного иногда приходится вызывать еще раз и проводить повторное исследование. Большая длительность работы с монитором компьютера может сопровождаться снижением качества диагностики вследствие утомления. Администрация больниц иногда настаивает на таком подходе по экономическим соображениям. При подобной организации приема у врача нет возможности выполнить сразу, даже при наличии показаний, исследование с большей разрешающей способностью или измененными параметрами сканирования. Это может оказаться необходимым при наличии неясного патологического очага или группы очагов. Изучение доступной литературы часто не дает возможности разобраться в физическом смысле основных понятий КТ: коллимация, питч, толщина томографического слоя. Фирмы-производители и дистрибьюторы поставляют вместе с аппаратурой брошюры и проспекты иногда с непоследовательным, фрагментарным изложением материала, тогда как доступ к фундаментальной международной литературе затруднен [6]. Так называемые «национальные руководства» приносят в целом больше вреда, чем пользы: эти наскоро составленные книги бедно иллюстрированы и отчасти представляют собой компиляции из плохо переведенных зарубежных источников. В наши дни специалисты должны читать литературу в оригинале, как это принято во всем мире.

В профессиональных публикациях нередко вводящие в заблуждение утверждения, например: «Все реже используются многоступенчатые схемы от простого к сложному... КТ стала объемной, что исключило риск пропустить мелкие патологические очаги и структуры». [7] Очевидно, подобные утверждения иногда нацелены на создание в целях рекламы представлений о безграничных возможностях «компьютерной диагностики», например, развиваемой сегодня концепции «КТ всего тела» для «выявления скрытой патологии» [7]. Подобные формулировки, очевидно, имеют целью повышение числа обследований без достаточных показаний, в том числе, без предварительной консультации с врачом (self-referral) [5]. Лучевая нагрузка при неинвазивной КТ обычно находится в диапазоне 2–20 мЗв; подробная информация о дозах при различных рен-

тгенологических процедурах имеется в каталоге [8]. Уровень доз при КТ сопоставим со средними дозами, полученными населением загрязненных территорий после аварии на ЧАЭС [9,10]. Еще одна цитата: «Непрерывный цикл сканирования при спиральной КТ позволяет реконструировать томографические срезы на любом уровне вдоль продольной оси... При спиральной КТ положение реконструируемого слоя не зависит от основных параметров сканирования, а именно, от скорости смещения стола и положения источника излучения. Поскольку сканирование производится непрерывно, положение каждого томографического слоя и расстояние между прилежащими слоями выбираются оператором произвольно не только до, но и после сканирования... Возможность произвольного расположения томографических слоев заданной толщины вдоль продольной оси сканирования позволяет формировать блоки из частично перекрывающихся срезов, причем степень взаимного наложения практически не ограничивается... При последовательной КТ аналогичный эффект может быть достигнут только в том случае, если шаг стола будет меньше толщины томографического слоя... При спиральной КТ взаимное наложение срезов не связано с процессом сканирования, т.е. является постпроцессорной процедурой... расположение патологических образований между томографическими слоями, как это может происходить в традиционной КТ, исключается». [1] Подобные утверждения могут создать впечатление, что компьютер синтезирует соответствующее морфологическое изображение в любой плоскости от начальной до конечной плоскости сканирования. При этом упускается из виду, что компьютер располагает лишь той информацией, которая была получена в результате усреднения рентгенологической плотности ткани, охваченной пучком излучения. При постпроцессорной обработке изображения не учитываются изменения в тканях, которые не были охвачены пучком излучения. Если питч больше единицы, рентгеновское излучение полосами проходит через тело пациента, оставляя неохваченные полосы [11]. Эти пространственные соотношения, следующие из определения питча (см. выше) проиллюстрированы на рис. 1.15 руководства М. Прокоп и М. Галански [2]. Понятно, что чрезмерно высокий питч ведет к помехам и снижению качества изображения [3].

Далее читаем: «Результатом спирального сканирования является непрерывный объем данных, который может быть произвольно разделен на необходимое количество срезов заданной толщины с помощью так называемых алгоритмов формирования томографического слоя или алгоритмов интерполяции». [1] В связи с этим следует подчеркнуть, что информация, поступающая в компьютер при спиральной КТ, непрерывна по ходу спирали, но не вдоль оси сканирования. В аксиальной плоскости поток информации прерывист и разделен промежутками (если питч больше единицы). При построении поперечного среза с использованием алгоритма производится интерполяция данных соседних витков сканирования [12]. Интер-

поляция — это заполнение промежутков, отыскание промежуточных значений величины по некоторым известным ее значениям. Пространственные соотношения станут понятными, если мы умозрительно пересечем плоскостью геликоид. Растягивание спирали, увеличение pitch и коллимации ускоряет процедуру сканирования, но может привести к неадекватной визуализации патологических изменений. Эти соображения необходимо учитывать при определении параметров сканирования в ходе диагностики, а также при планировании скрининга.

Можно услышать возражение, что разрешающая способность КТ определяется величиной пикселей матрицы изображения. В связи с этим следует отметить, что величина пикселя представляет собой характеристику оборудования. Между тем, разрешающая способность и репрезентативность изображения по отношению к морфологическим изменениям в теле больного определяются не только характеристиками оборудования, но также характером и плотностью (на единицу исследуемого объема) поступающей информации, которые, в свою очередь, зависят от параметров сканирования. Так, при чрезмерных значениях pitch «объем интереса недовыбран» [2]. Напротив, сканирование с перекрытием (pitch < 1) может сопровождаться улучшением качества изображения и создавать преимущества при 3-мерных реконструкциях [2]. Понятно, что сканирование с низким значением pitch сопровождается повышенной лучевой нагрузкой.

Приведенные выше соображения применимы как к однослойной, так и многослойной спиральной КТ, хотя пространственные соотношения при многослойной КТ сложнее: выделяют коллимацию одного пучка рентгеновского излучения и тотальную коллимацию всего массива источников излучения, которым соответствуют 2 значения pitch [2]. Соответственно, плотность информации и лучевая нагрузка будут зависеть как от шага стола (инкремента), так и от расстояния между соседними пучками рентгеновского излучения. Вопрос лучевой нагрузки при многослойной спиральной КТ выходит за рамки настоящей статьи, однако следует в принципе поставить вопрос, насколько повышение лучевой нагрузки вследствие пересечения на теле больного полос, описываемых рентгеновскими лучами (повторное облучение одних и тех же участков в ходе сканирования), компенсируется дополнительной полезной информацией и другими преимуществами многослойной спиральной КТ.

Литература:

1. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной полости. — Санкт-Петербург: «ЭЛБИ», 2003.
2. Покоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. — Москва: «МЕДпресс-информ», 2008.
3. Стрэнг Дж.Г., Догра В. Секреты компьютерной томографии. — Москва: «БИНOM», 2009.
4. Календер В. Компьютерная томография. — Москва: «Техносфера», 2006.
5. Jargin S.V. Computed tomography in Russia: quality and quantity. // Journal of the American College of Radiology 2008, V 5, p. 1161.
6. Яргин С.В. Технические аспекты работы библиотек // Молодой ученый 2013, №3.

Технология КТ совершенствуется, уменьшается время сканирования и повышается качество изображения. Однако это не дает оснований для отказа от основополагающего принципа анализа изображения, общего для рентгенологических и микроскопических методов: при наличии неясных изменений необходимо иметь возможность «перейти на большое увеличение», то есть, сразу повторить исследование с соответствующим разрешением или изменением других параметров сканирования (угла наклона гентри, пикового напряжения, силы тока и др.) Для разных форм патологии рекомендуются различные параметры сканирования, сведенные в таблицы в руководствах [1]. Именно поэтому предпочтительно не откладывать просмотр срезов на вечер, а производить его в присутствии больного, чтобы при наличии показаний сразу выполнить повторное сканирование с требуемым изменением параметров. Суммарное время исследования при этом должно уменьшиться: врачу не понадобится дважды вникать в проблематику случая. Лучевая нагрузка, очевидно, будет меньше, чем при выполнении двух отдельных исследований. Для сохранения прежнего количества принимаемых больных необходимо будет удлинить часы приема, а значит, и время работы лаборантов. Поэтому нужно стремиться к выравниванию продолжительности рабочего дня врачей и лаборантов. В литературе сообщается также о повышении пропускной способности кабинетов КТ при одновременной работе нескольких лаборантов [13].

Следует также отметить, что в современных клинических центрах врачи имеют доступ к рентгенологическим изображениям через компьютерную сеть. У нас во многих больницах, помимо словесного описания, клиницист может получить только изображение на рентгеновской пленке. Наконец, говоря о перегрузке врачей, нельзя не упомянуть об их относительно низкой оплате: менее 10% от вносимой пациентом или страховщиком суммы, тогда как в Западной Европе этот показатель, насколько нам известно, превышает 30%. В результате врачи бывают заинтересованы в сохранении высокой продолжительности рабочего дня. В заключение необходимо отметить, что в области КТ, также как и в других разделах медицины, необходимо следить за соблюдением медицинской этики, а также за научным уровнем публикаций и объективностью рекламы. Рациональная организация должна помочь разрешению противоречий между клиническими и экономическими интересами.

7. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Развитие компьютерной томографии и прогресс лучевой диагностики. // Терапевтический архив 2006, № 1, с. 10–12.
8. Mettler F.A. Jr., Huda W., Yoshizumi T.T., Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog // Radiology 2008, V 248, p. 254–63.
9. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Максютов М.А., Туманов К.А., Чекин С.Ю., Кашеев В.В., Корело А.М., Власов О.К., Шукина Н.В. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России // Медицинская радиология и радиационная безопасность, 2011, №2, с. 17–29.
10. Jargin SV. Vzestup incidence tyreoidálního karcinomu dětí a dospívajících v důsledku havárie v jaderné elektrárně Černobyl: možné příčiny nadhodnocení // Česko-Slovenská Patologie 2009, V 45, p. 50–2. <http://ceskpatol.cz/docs/88-fulltext.pdf>
11. Cody D.D, Mahesh M. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: Technologic advances in multidetector CT with a focus on cardiac imaging // Radiographics 2007, V 27, p. 1829–37.
12. Moss A.A., Gamsu G., Genant HK. Computer tomography of the body with magnetic resonance imaging. — Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1992; V 3, p. 1381.
13. Boland G.W., Houghton M.P., Marchione D.G., McCormick W. Maximizing outpatient computed tomography productivity using multiple technologists. // Journal of the American College of Radiology 2008, V 5, p. 119–125.

ИНФОРМАТИКА

Понятие развивающей задачи

Боталова Ольга Сергеевна, магистрант
Нижевартовский государственный университет

Обосновано понятие «развивающая задача», с теоретической точки зрения, используемая учителями информатики в профильном школьном курсе информатики. Приведены примеры развивающих задач из разных разделов информатики, рассмотрены комплексы задач разного уровня сложности, стимулирующие неординарность и развитие мышления.

Ключевые слова: развивающая задача, профильное обучение.

Современное информационное общество задаёт темпы развития нашего социума, в обществе востребованы грамотные, образованные, информированные, целеустремленные граждане. Образование нацелено на качественное обучение детей, которое должно соответствовать новым образовательным стандартам. Профильное обучение информатике ставит перед учителем и учеником следующие планки:

— **освоение и систематизация знаний**, относящихся к математическим объектам информатики; построению описаний объектов и процессов, позволяющих осуществлять их компьютерное моделирование; средствам моделирования; информационным процессам в биологических, технологических и социальных системах;

— **овладение умениями** строить математические объекты информатики, в том числе логические формулы и программы на формальном языке, удовлетворяющие заданному описанию; создавать программы на языке программирования по их описанию; использовать общепользовательские инструменты и настраивать их для нужд пользователя;

— **развитие** алгоритмического мышления, способностей к формализации, элементов системного мышления;

— **воспитание** чувства ответственности за результаты своего труда; формирование установки на позитивную социальную деятельность в информационном обществе, на недопустимость действий, нарушающих правовые, этические нормы работы с информацией;

— **приобретение опыта** проектной деятельности, создания, редактирования, оформления, сохранения, передачи информационных объектов различного типа с помощью современных программных средств; построения компьютерных моделей, коллективной реализации информационных проектов, информационной деятельности

в различных сферах, востребованных на рынке труда.

Для реализации поставленных задач в полной мере подходит использование развивающих задач из предметной области. Но прежде, чем углубиться в практическую значимость развивающих задач необходимо определиться с теоретическим значением, с понятием «развивающая задача». Термин «развивающая задача» многие подменяют разными омонимами, кто-то называет её учебной задачей, другие — проблемной. Что же такое «развивающая задача»?

Развитие — это процесс изменения, перехода от старого к новому, более совершенному; от простого к сложному; от низшего к высшему.

Развитие — степень сознательности, просвещенности, умственной и духовной зрелости, культурности.

Развитие — развёртывание. Постепенное проявление всех возможностей, с самого начала заложенных в зародыш.

Развитие — приобретение новых способностей, знаний, умений, навыков.

Развитие — процесс, связанный с наращиванием сознательного усилия, которое определяет не только возможность или невозможность нахождения на пути познания, но и оперирование им. Развитие может считаться таковым, только если познан алгоритм совершенствования, который является не только следствием развития, но и его фактором. Сознательное управление процессом не только совершенствует сам процесс — им совершенствуется и самосознание.

Развитие — это условие, которое не может иметь предела.

Задача — это есть цель, данная в определённых условиях (согласно Леонтьеву А.Н.). Современному учителю информатики необходимо не только правильно выстав-

лять цель перед учениками, но и грамотно, можно даже сказать искусно, создавать условия для достижения учащимися поставленной цели, для возникновения непреодолимого желания двигаться к этой цели. Движение есть жизнь или развитие.

Развивающая задача — это цель, данная в определенных условиях, которые не имеют предела.

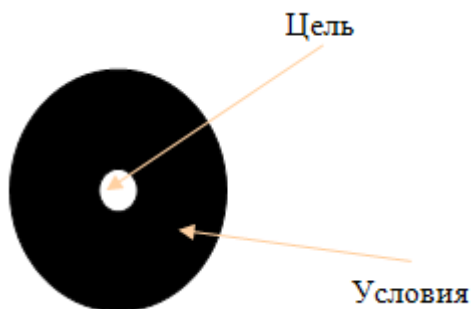


Рис. 1. Развивающая задача (начало решения)

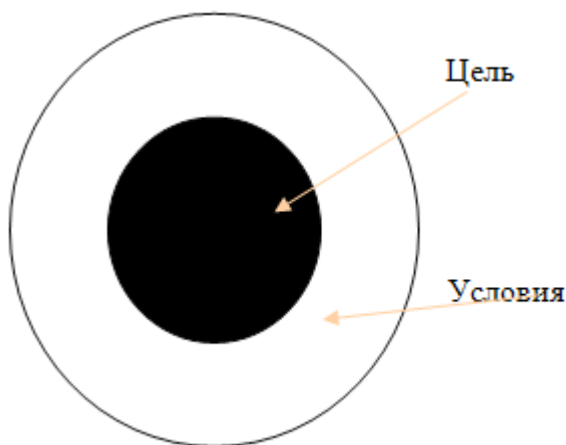


Рис. 2. Развивающая задача (задача решена)

Решая развивающие задачи, ученик движется по пути известного философа, который сказал: «Я знаю только то, что ничего не знаю» (Сократ, 477—399 г.г. до н.э.). Решение одной задачи становится целью для другой, обрастая новыми условиями — вопросами. Рассмотрим развивающие задачи из разных разделов информатики:

1. Информация: кодирование, шифрование, изменение. Информационно-логические задачи. Задачи с решениями.

1.1 Возможна ли ЭВМ с быстродействием 1020 операций в секунду? Ответ подтвердить убедительными вычислениями.

Решение. Самая большая скорость переноса электронов \approx скорость света в вакууме $v=3 \cdot 10^{10}$ см/сек. При выполнении одной операции свет (электрон) должен пройти расстояние не меньшее диаметра атома водорода $s=10^{-8}$ см. Время этого пути равно:

$$t = s/v = 10^{-8} \text{ см} / (3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}) = 10^{-18} / 3 \text{ сек.}$$

Следовательно, в идеальном варианте (если вообще удастся технически это когда-то реализовать) быстродей-

ствие компьютеров на принципах переноса электронов, не может превышать $3 \cdot 10^{18}$ операций в секунду.

1.2. Привести пример лексикографически упорядоченной, а также неупорядоченной последовательностей. Добавьте слова, изменяющие упорядоченность (неупорядоченность), если это возможно.

Решение. Слова «арбуз», «банан», «киви», «лимон», «тыква» \approx лексикографически упорядочены по входному алфавиту русского языка. Добавляемое в конце слово — «яблоко». Слова двоичного алфавита «101», «011», «010», «000» лексикографически неупорядочены. Добавить (вставить) слова упорядочивающие слова \approx невозможно (почему?).

1.3. Описать словесно и математически закон формирования чисел данного ряда (начиная с третьего): 1, 1, 2, 5, 29, 866,....

Решение. Нетрудно заметить, что начальный отрезок похож на ряд Фибоначчи, но это обманчиво. На самом деле, каждый член ряда (с третьего) получается не сложением двух предыдущих, а сложением их квадратов. Математически это записывается в виде:

$$x_n = (x_{n-1})^2 + (x_{n-2})^2, n=3, 4, \dots$$

1.4 Найти систему кодировки (т. е. правило шифровки) текста, если текст «АРГУМЕНТФУНКЦИИ» зашифрован с помощью этого кода как «БСДФНЖОУХ-ФОЛЧКК».

Решение. Сравнивая число символов исходного и зашифрованного текста (они равны) и символы, стоящие на одинаковых местах в исходном и зашифрованном тексте, замечаем, что этот текст закодирован кодом Цезаря: каждый символ алфавита (любого выбранного множества символов) кодируется следующим за ним по порядку (определенном в алфавите) символом, причем последний символ кодируется первым символом алфавита т.е. алфавит «закольцован».

1.5 С некоторой планеты поступают импульсы. Отожествив один импульс с полубайтом, получаем последовательность сообщений вида:

X [1]=000100001001010101100001,
 X [2]=000100010000100101010101100001,
 X [3]=00010001000100001001010101010101100001
 и т.д.

Выдвинута гипотеза: если сообщения X [i], i=1,2,3,... подчиняются некоторому простому закону, то на планете живут разумные существа. Разумные ли существа живут на планете?

Решение. Переводя полубайты в десятичную систему, получаем сообщения вида:

$$X [1]=109561, X [2]=11095561, X [3]=1110955561, \dots$$

Нетрудно видеть, что X [n] = 111...11109555...55561. (n единиц n пятерок). Представим его в виде:

$$X [n]=11...1 \cdot 10^{n+4} + 9 \cdot 10^{n+2} + 55...5 \cdot 10^2 + 61 = (10^{n+4} \approx 1) / 9 \cdot 10^{n+4} + 9 \cdot 10^{n+2} + 55 \cdot 10^2 + 61 = (10^{2n+4} \approx 14 \cdot 10^{n+2} + 49) / 9 = [(10^{n+2} \approx 7) / 3]^2.$$

Следовательно, последовательность сообщений подчиняется закону:

$X[1]=3312$, $X[2]=33312$, $X[3]=333312, \dots$ Вывод: на планете живут разумные существа.

2. Системы счисления (задачи с решениями)

2.1. Вычислить наибольшее и наименьшее 5-разрядное целое число в системе счисления с основанием 4.

Решение. Наибольшее целое p -разрядное число, которое возможно записать в системе счисления с основанием p , очевидно, равно:

Наименьшее целое p -разрядное число в этой системе равно $x_{\min} = \approx x_{\max} = 1 \approx p_0$. Таким образом, в системе счисления с основанием 4 и числом разрядов 5 представим диапазон следующих чисел:

$$\approx 1023 = 1 \approx 45 \text{ } \mathcal{L} (x) \text{ } 4 \text{ } \mathcal{L} 45 \approx 1 = 1023.$$

Этим формулам можно придать более компактный вид с использованием комбинаторики (или добавляя и затем отнимая 1). Например, для двоичной системы

$a = 1 \ 1 \ 1 \dots 1 \ 1 \ 12 = (2n \approx 1)10$, $b = (1 \approx 2n)10$, n разрядов

а в восьмеричной системе счисления эти числа определяются в виде:

$a = 7 \ 7 \ 7 \dots 7 \ 7 \ 78 = (8n \approx 1)10$, $b = (1 \approx 8n)10$, n разрядов

2.2. Привести основные общие (различные) стороны множества чисел $(-1; 1)$ в обычной и машинной p -разрядной алгебре (арифметике).

Решение. С точки зрения обычной арифметики в интервале $(-1; 1)$ имеется бесконечное множество «плотно» расположенных точек, причем в любой окрестности каждой такой точки имеется хотя бы одна точка из этого множества. Такую арифметику называют часто регулярной арифметикой. Машинная арифметика имеет следующие особенности. Она нерегулярна — точки интервала сгущаются около нуля; кроме того, в этом интервале точка x «изолирована» — если взять её любую окрестность $(x-a; x+a)$, где a — число, которое не превосходит машинный нуль, то в этом интервале нет других точек (отличных от x). Есть и другие особенности этих множеств (связанные с выполнением операций, например), но указанные особенности — основные.

2.3. Что такое числа (арифметика) с плавающей запятой, какие неудобства чисел с ограниченной разрядностью можно указать?

Решение. Эта форма представления чисел была предложена в 1937 году Конрадом Цузе для увеличения диапазона чисел, представимых в арифметике двоичных чисел, а также для повышения точности этого представления чисел. Например, в 16-разрядной арифметике двоичных чисел можно представить диапазон целых x (старший разряд — под знак числа): $1 \approx 215 < x < 215 \approx 1$.

Если же в этой арифметике (не меняя её разрядность) отвести 7 разрядов под мантиссу, а 7 разрядов — под порядок, то уже представим диапазон чисел: $\approx 127 \ 2127 < x < 127 \ 2127$ (два разряда — под знак числа и знак порядка; несколько упрощена и общая картина представления — для наглядности).

К «неудобствам» этой формы представления чисел

можно отнести возможность возникновения следующих «особо опасных» ситуации:

а) если число достаточно мало, например, $a=0.12E+00$, то оно может быть представлено любым числом из наименьшего интервала включающего a , в частности, числом 0.120000001 или 0.199999999 и в этом случае сравнить на равенство «в лоб» нельзя;

б) порядок выполнения операций может влиять на результат, например, в четырехразрядной арифметике с фиксированной запятой имеем:

$$20.0000+0.0001=20.0001, \text{ но при этом}$$

$$0.2000E+02+0.1000E-05=0.2000E+02;$$

в) может возникнуть так называемая ситуация «переполнения порядка» при сложении (умножении) очень больших чисел или «исчезновения порядка» при сложении (умножении) «очень малых чисел», например,

$0.6000E+39 \ 0.1200E+64=0.9999E+99$ (или неопределенно),

$0.6000E \approx 35 \ 0.0200E \approx 65=0.9999E \approx 99$ (или неопределенно)

при соответствующим образом определенной разрядности десятичной арифметики.

2.4. Выяснить, в какой системе счисления было выполнено сложение, где * обозначены неизвестные числа (возможно, разные), т.е. найти основание системы счисления p :

$$(33*5*)p + (1*643)p = (52424)p.$$

Решение. Так как во втором разряде $(5+4)$ получается число меньше 9, то основание системы будет меньше 9, а так как в третьем разряде $(*+6)$ есть цифра 6 (определенная только в системах счисления с $p^3 \ 7$), то $7 \mathcal{L} p \mathcal{L} 8$. Из второго разряда $(5+4=2)$ следует, что был перенос в старший разряд единицы основания, т.е. $5+4 \approx p=2$ или $p=7$.

2.5. В саду 100 фруктовых деревьев — 14 яблонь и 42 груши. В какой системе счисления посчитаны деревья?

Решение. Из условия задачи и переводом указанных чисел в систему счисления с пока неизвестным основанием p можно записать равенство:

$$1' p^2 + 0' p^1 + 0 = 1' p^1 + 4 + 4' p^1 + 2$$

или $p^2 \approx 5p \approx 6=0$. Из корней этого уравнения подходит в качестве основания системы только один — $p=6$. Деревья посчитаны в 6-ной системе счисления.

3. Алгоритмы и алгоритмизация (Задачи с решениями)

3.1 Формализовать (записать алгоритм) сложения двух целых положительных чисел и оценить число операций алгоритма.

Решение. Пусть числа заданы своими разрядами в виде: $a=a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$, $b=b_m b_{m-1} \dots b_1 b_0$, где a_i и $b_j \approx i$ -ый и j -ый разряды этих чисел. Разряды нумеруются справа налево. Алгоритм состоит из следующих пунктов:

1) Найти k — минимальное из n и m т.е. выполнить операцию $k:=\min(n, m)$.

2) Положить $i=0$ (т.е. выбрать младший разряд у складываемых чисел).

3) Если $a_i + b_i < 10$, то в i -ый разряд формируемой суммы $c = a + b$ записать цифру $c_i = a_i + b_i$, в противном случае — записать цифру суммы $c_i = a_i + b_i \approx 10$.

4) Увеличить следующий, $(i + 1)$ -ый разряд числа a на 1 ($a_{i+1} := a_i + 1 + 1$).

5) Если $i^3 < k$, то проверить, был ли перенос в предыдущем пункте 3 (в разряде $i \approx 1$) и, если он был, то в следующем разряде суммы записать цифру $c_i = a_i + 1$, а все остальные разряды c_j положить равными a_j , $j = i + 2, i + 3, \dots, n$ (при $k = m$) или записать цифру $c_i = c_i + 1$, а все остальные разряды c_j положить равными b_j , $j = i + 2, i + 3, \dots, m$ (при $k = n$); если же $i < k$, то перейти к п.7.

6) Заменить текущее i на $i + 1$ ($i := i + 1$) и перейти к п.3.

7) Записать сумму: $c = c_{sp} - 1 \dots c_0$ (или же $c = c_{sp} + 1 c_{sp} \dots c_0$) — при $k = m$, или $c = c_{sp} - 1 \dots c_0$ (или же $c = c_{sp} + 1 c_{sp} \dots c_0$) — при $k = n$. Интересен этот пример и тем, что обычно и интуитивно просто исполняемая нами процедура оказалась не очень простой при её формализации (здесь полную формализацию, т.е. запись процедуры на формальном языке, например, на учебном алгоритмическом мы не провели — оставляем это как упражнение для читателя).

3.2. Составить алгоритм выделения знака и всех цифр заданного натурального n -разрядного числа x . Цифры выдавать пользователю с младшего разряда. Составить достаточный на ваш взгляд набор тестов. Указать число, функцию, выражение или способ для оценки эффективности этого алгоритма. Как можно решить эту задачу, если n не задается? Изменится ли сложность алгоритма по выбранной вами оценке или оценкам при этом и почему?

Решение. Алгоритм имеет вид:

алг Выделение цифр (arg цел n , x);

дано | натуральное n -разрядное число x , которое может быть | записано в виде, например, своими цифрами: $x = x[1]x[2] \dots x[n]$

надо | выделить и вывести по мере выделения все цифры этого числа

нач | начало тела алгоритма

цел i , | переменная цикла выделения (номер выделяемой цифры)

x , | заданное число

y | выделенная очередная цифра

если $x > 0$ | число положительно (можно и через $\text{sign}(x)$)?

то вывод («знак числа: +») | да, положительно

иначе | остальные случаи

если $x = 0$ | число равно нулю?

то вывод («число 0») | да, это нуль

иначе вывод («знак числа: -») | нет, отрицательно

все | закончили с неположительными числами

все | закончили со всеми числами

нц для i от 1 до n | заголовок цикла для выделения цифр

$y := \text{mod}(x, 10)$ | выделяем последнюю цифру текущего

| значения числа x (оно по ходу будет изменяться так, как это указано ниже)

вывод (y) | выдача очередной цифры числа

$x := \text{div}(x, 10)$ | заменяем x числом, получаемым из x «отбрасыванием» последней цифры: | она была уже выше найдена

кц | конец тела цикла выделения цифр

кон | конец тела алгоритма.

Набор тестов должен включать, как минимум, тесты типа:

а) все разряды числа x — равны (в том числе и нулю);

б) среди разрядов есть равные между собой (в том числе и идущие последовательно);

в) случай $n = 1$.

Функцию эффективности можно строить исходя из различных критериев эффективности, например, из числа операций, операндов, команд и т.д. В частности, показателем эффективности может служить простая интегральная оценка вида:

1) операций присваивания — $3n$ (2 явные операции в теле и одна неявная — в заголовке цикла и они повторяются n раз);

2) операций проверки простых предикатов — $n + 2$ (в заголовке цикла, неявно, — n и явно в условных командах — 2);

3) вычислений функций — $2n$;

4) логическая сложность, например, оцениваемая по глубине вложения циклов (равна 1) и условных команд (равна 2).

Если n неизвестно, то для решения задачи вместо цикла типа «до» можно использовать цикл типа «пока»:

$n := 0$ | начальное значение счетчика разрядов

нц пока $x > 0$ | пока «есть цифры в числе»

$y := \text{mod}(x, 10)$ | выделяем очередную цифру

$x := \text{div}(x, 10)$ | «отбрасываем» найденную цифру

$n := n + 1$ | переходим к следующей цифре

вывод (n , «-я цифра:», y) | выдача очередной цифры

кц | конец цикла поиска следующих цифр в числе.

Оценки 2) — 4) при этом не изменяются, а число присваиваний станет равно $3n + 1$ (все явные). Это демонстрирует тот факт, что недостаток информации для решения задачи (в исходной форме) может увеличивать хаос и сложность.

4. Типы и структуры данных (Задачи с решениями)

4.1. Описать полно все основные стандартные типы данных, т.е. не описываемые в алгоритме специально.

Решение. 1) Тип «целые числа». Имя типа данных: цел. Область определения типа: целые числа $\mathbb{I} \hat{=} \mathbb{Z}$. Разрешенные для типа операции: $=, +, -, *, **, =, ^, <, >, ^, \text{f}$. Функции от аргумента типа: $\text{int}, \text{mod}, \text{abs}, \text{sqrt}, \text{sign}, \text{sin}, \text{cos}, \text{tg}, \text{ctg}, \text{arcsin}, \text{arccos}, \text{arctg}, \text{arctctg}, \text{ln}, \text{lg}, \text{exp}, \text{div}, \text{rnd}$.

2) Тип «вещественные числа». Имя типа данных: вещ. Область определения типа: вещественные числа $\mathbb{R} \hat{=} \mathbb{R}$. Разрешенные для типа операции: $=, +, -, *, **, =, ^, <, >, ^, \text{f}$. Функции от аргумента типа: как в типе цел, кроме mod, div .

3) Тип «символьная константа». Имя типа данных: сим. Область определения типа: литеры (символы) языка. Разрешенные для типа операции: $=, +, =, ^, <, >, ^, \text{f}$. Фун-

кции от аргумента типа: длина, [] (вырезка, сечение).

4) Тип «литерная константа». Имя типа данных: лит. Область определения типа: последовательность литер (символов). Разрешенные для типа операции: $=$, $+$, $=$, 1 , $<$, $>$, 3 , f . Функции от аргумента типа: длина, [] (вырезка, сечение).

5) Тип «логическая константа». Имя типа данных: лог. Область определения типа: 1 («истина»), 0 («ложь»). Разрешенные для типа операции: \cup , \cap , \emptyset , $=$, 1 , $<$, $>$, 3 , f . Функции от аргумента типа: отсутствуют.

4.2 Дана некоторая абстрактная структура данных Список_учеников_школы, состоящая из определенного числа учеников. Привести примеры корректных абстрактных операций для структуры.

Решение. Разрешены, например, абстрактные операции: добавить ученика; удалить ученика; выдать атрибуты ученика.

4.3. Пусть x — переменная типа цел, y — типа вещ, s — типа лог. Определить неправильные (с указанием

ошибок) команды:

а) $z := 4 * x + 100$; б) $y := \max(z, 100) < y$;
в) $s := (x < 0) \cup (y = 4)$; г) $x := \text{mod}(x, y)$.

Решение. Команда а) неверна, логической переменной z будет сделана попытка присвоения целочисленного значения; б) неверна, делается попытка присвоения вещественной переменной y логического значения (значение отношения неравенства — «истина» или «ложь»); в) — верное присваивание; г) неверно, аргумент y функции mod — не целый.

4.4. Описать абстрактные типы данных: День, День_недели, Жилище, Религия.

Решение. День = (пасмурный, светлый, теплый, холодный, дождливый);

День_недели = (понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, суббота, воскресенье);

Жилище = (дом, квартира, шалаш, пещера);

Религия = (буддизм, ислам, христианство).

Литература:

1. Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения. М., 1986
2. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М., 1996
3. Казиев В.М. Развивающие задачи // Информатика и образование. 1997, № 3; 1998, № 2.
4. Философский энциклопедический словарь / М.: Инфра-М, 1997—576 с.
5. Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования. Среднее (полное) общее образование. <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=6408>
6. Ясенева Г.Г. Развитие интеллектуальной сферы учащихся на уроках информатики / Г.Г. Ясенева. // Информатика и образование. 2006, № 2.

Аналого-цифровой преобразователь как базовый элемент учебного компьютерного измерительного комплекса с аналоговыми датчиками физических величин

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук, доцент
Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко

В статье рассматривается десятиразрядный аналого-цифровой преобразователь, который может являться базовым элементом для создания учебного компьютерного измерительного комплекса с аналоговыми датчиками физических величин. Приводится краткое описание программного обеспечения этого прибора.

Ключевые слова: аналого-цифровой преобразователь, АЦП, учебный компьютерный измерительный комплекс, аналоговые датчики, виртуальная измерительная система, виртуальный прибор.

В настоящее время компьютеры являются не только вычислительными средствами, но и входят как важная часть в состав универсальных виртуальных измерительных комплексов [6]. Один такой измерительный комплекс может заменить несколько стандартных учебных измерительных приборов [7].

Компьютер как часть любой виртуальной измерительной системы выполняет функцию информационного

обеспечения процесса взаимодействия исследователя и объекта измерения. Экран компьютера предоставляет больше возможностей, чем экран осциллографа или дисплей мультиметра. При этом панель виртуального прибора, когда это необходимо, может полностью имитировать переднюю панель стандартного измерительного устройства, а может и существенно улучшить визуализацию исследуемых явлений и процессов. В отличие от па-

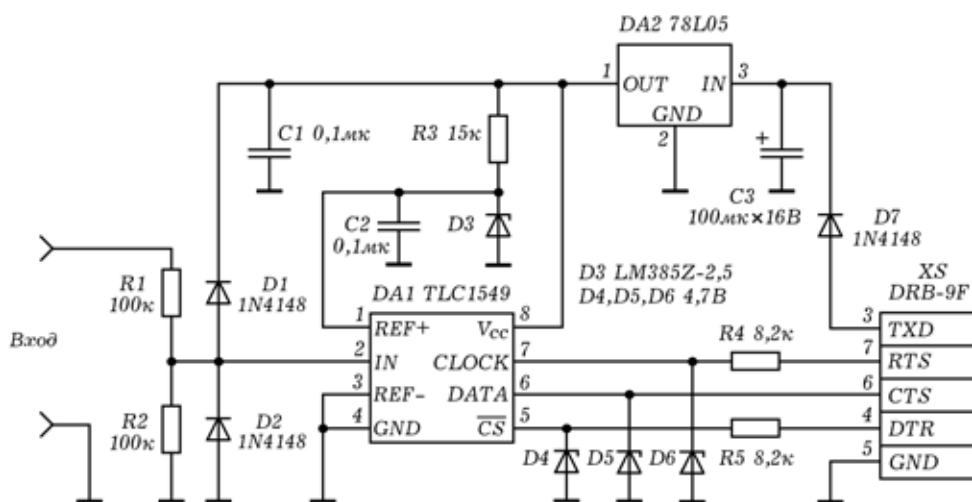


Рис. 1. Принципиальная схема АЦП

нели стандартного измерительного прибора виртуальная панель может быть многократно изменена в процессе работы. Панель, сформированная на экране дисплея, так же, как и панель реального измерительного прибора, выполняет функции управления прибором. При этом пользователь может легко активизировать объект графической панели с помощью мыши или клавиатуры. Они удобнее, чем кнопки обычного прибора. К компьютеру можно подключить принтер, который предоставляет возможность оперативного вывода результатов экспериментального исследования на печать. Кроме того, компьютер очень хорошо приспособлен для накопления, обработки и передачи по линиям связи информации, полученной при экспериментировании.

Для измерений физических величин в компьютерных измерительных комплексах используют датчики. Цифровые датчики физических величин пока дороги, более дешёвыми являются аналоговые датчики. В связи с этим использование их в процессе обучения физике является пока более предпочтительным. Компьютер оперирует дискретными величинами, поэтому частью любого виртуального измерителя с аналоговым датчиком является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Это устройство, которое преобразует аналоговое напряжение (непрерывный сигнал), подаваемое на его вход, в цифровой код (дискретный сигнал). Таким образом, датчик, на выходе которого присутствует электрическое напряжение, пропорциональное измеряемой этим датчиком физической величине, может быть согласован с этим АЦП, если напряжение на выходе датчика не превышает максимально допустимое напряжение на входе АЦП [8].

Программирование виртуального измерителя, базирующегося на АЦП, сводится к обработке цифрового сигнала АЦП на основе входных-выходных характеристик используемого датчика. Конструкция АЦП определяет его стоимость, быстрдействие и точность измерений.

Точность, чаще всего, является важнейшей характеристикой измерений. Она зависит от разрядности АЦП (чем выше разрядность, тем точнее цифровой измерительный прибор). На данный момент для учебных измерений можно использовать восьмиразрядные, десятиразрядные и двенадцатиразрядные АЦП. Такие конструктивно простые и дешёвые АЦП выполняют от нескольких десятков до нескольких тысяч измерений в секунду, что даёт возможность использовать их при изучении быстротекущих процессов.

На рис. 1 приведена принципиальная схема используемого нами в учебных экспериментах десятиразрядного АЦП на базе микросхемы TLC1549IP [2, с. 45]. Он может применяться как устройство сопряжения различных аналоговых датчиков физических величин с компьютером и являться основным элементом учебного измерительного комплекса [3]. Входное напряжение такого АЦП не должно превышать 5 В, что обеспечивает точность измерений напряжения примерно равную 0,005 В.

АЦП формирует на выходе напряжения в диапазоне от 0 до 5 В. В то же время рабочие уровни напряжений на выводах СОМ-порта составляют около 12 В [1, с. 14]. Для решения этой проблемы в схеме АЦП применены три стабилитрона D4, D5, D6 на напряжение 4,7 В и два резистора R4, R5 по 8,2 кОм каждый. Интегральный стабилизатор 78L05, перед которым в схему включен импульсный диод D7, формирует напряжение 5 В из сигнала линии TD [8].

Приведённый на рис. 1 АЦП предназначен для работы с входными напряжениями в интервале от 0 В до опорного напряжения. Прибор имеет два входа для подачи опорного напряжения (REF- и REF+). Если вывод REF- микросхемы TLC1549 подключен к общему проводу (GND), то нулевое напряжение на входе микросхемы преобразуется на выходе в код, соответствующий нулю (000000000). Напряжение на входе микросхемы, равное напряжению

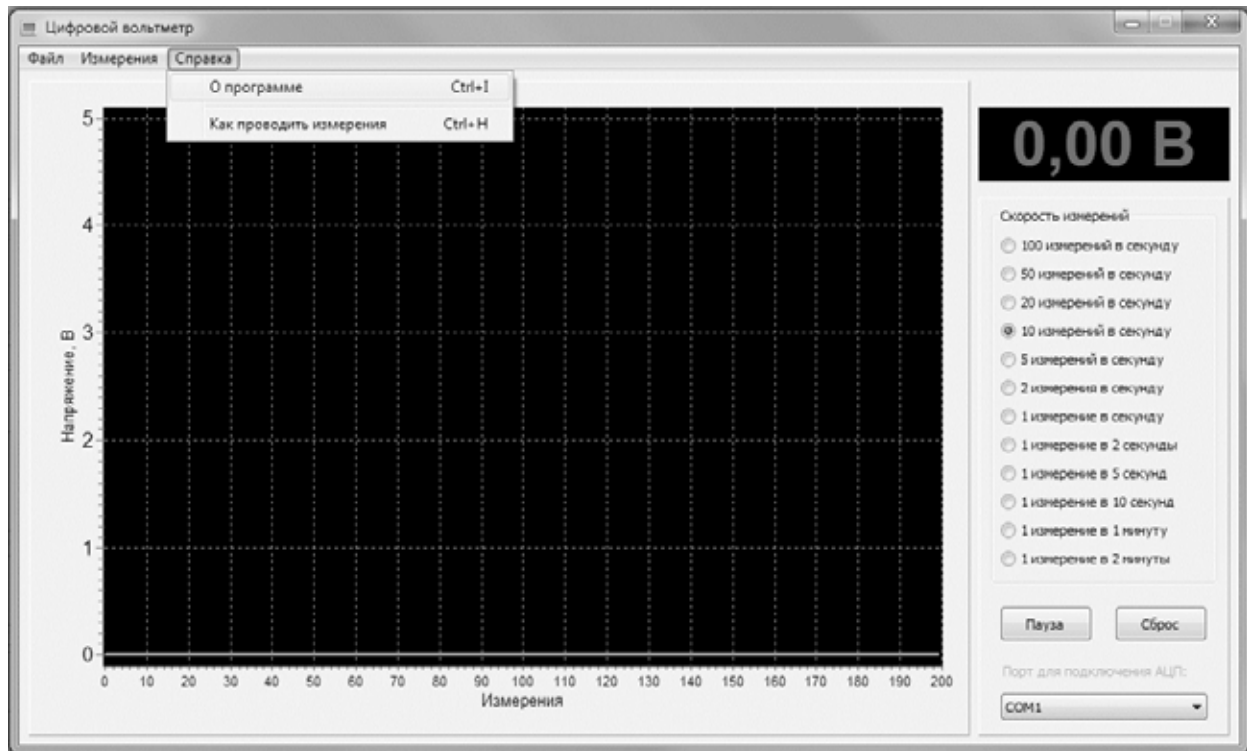


Рис. 2. Окно главного модуля программы

на входе REF+, определяется как соответствующее максимальному значению и преобразуется на выходе в код, соответствующий числу 1023 (111111111) [8].

Довольно часто в схемах стабилизаторов напряжения используют стабилитроны, которым присущи некоторые недостатки, не позволяющие использовать их в качестве точного источника опорного напряжения. Для этих целей лучше подходят интегральные источники опорного напряжения (ИОН). В качестве такого ИОН в схеме используется микросхема LM385 (D3), рассчитанная на напряжение 2,5 В (точность поддерживаемого напряжения равна 1–2 %). Поэтому для того, чтобы на вход АЦП можно было подавать напряжение в интервале от 0 до 5 В (а именно такими и будут напряжения на выходах датчиков), применен делитель напряжения из двух резисторов R1 и R2 (сопротивление каждого из которых равно 100 ± 1 кОм) [8].

Прибор может быть подключен к физическому (реальному) COM-порту компьютера или к USB-шине компьютера с помощью адаптера USB-COM (виртуальному COM-порту). Следовательно, его можно подключать к достаточно давно выпущенным домашним компьютерам, еще имеющим COM-порт, и к современным, у которых физический COM-порт, как правило, уже отсутствует. В случае подключения устройства к USB-шине необходимо предварительно в компьютере установить специальную программу-драйвер для создания виртуального COM-порта.

Программное обеспечение виртуального компьютерного прибора должно иметь развитый графический интер-

фейс. Практика показывает, что для учебных виртуальных измерительных приборов учителю удобнее создавать не универсальные многофункциональные программы, в которых предусмотрены все возможные варианты их использования, а относительно небольшие программы, ориентированные на решение узкоспециальных практических задач. Например, для каждого датчика лучше создать свою отдельную программу, чем создавать одну универсальную программу для всех датчиков, которые могут быть использованы. Универсальная программа будет иметь более сложный интерфейс, а также структурно будет более сложной, что потребует больших усилий при программировании. Программа, созданная под более узкую задачу (предназначенная для работы с одним датчиком), представляет минимально необходимый вариант автоматизированного управления измерительной системой, что существенно облегчает работу пользователя с ней: сокращает время подготовки прибора к работе, а простой интерфейс приложения не отвлекает от более важного процесса осмысления результатов измерений.

Предлагаемая компьютерная программа для АЦП состоит из трёх связанных модулей: презентационного модуля, главного модуля и авторского модуля. Первый модуль нужен для вывода экранной заставки с названием программы и кратким описанием её назначения. Второй модуль выполняет функции непосредственно цифрового измерителя напряжения. А третий обеспечивает вывод на экран сведений об авторе программы и её версии. Кроме того, в состав программного обеспечения входит справка по использованию данного программного обеспечения.

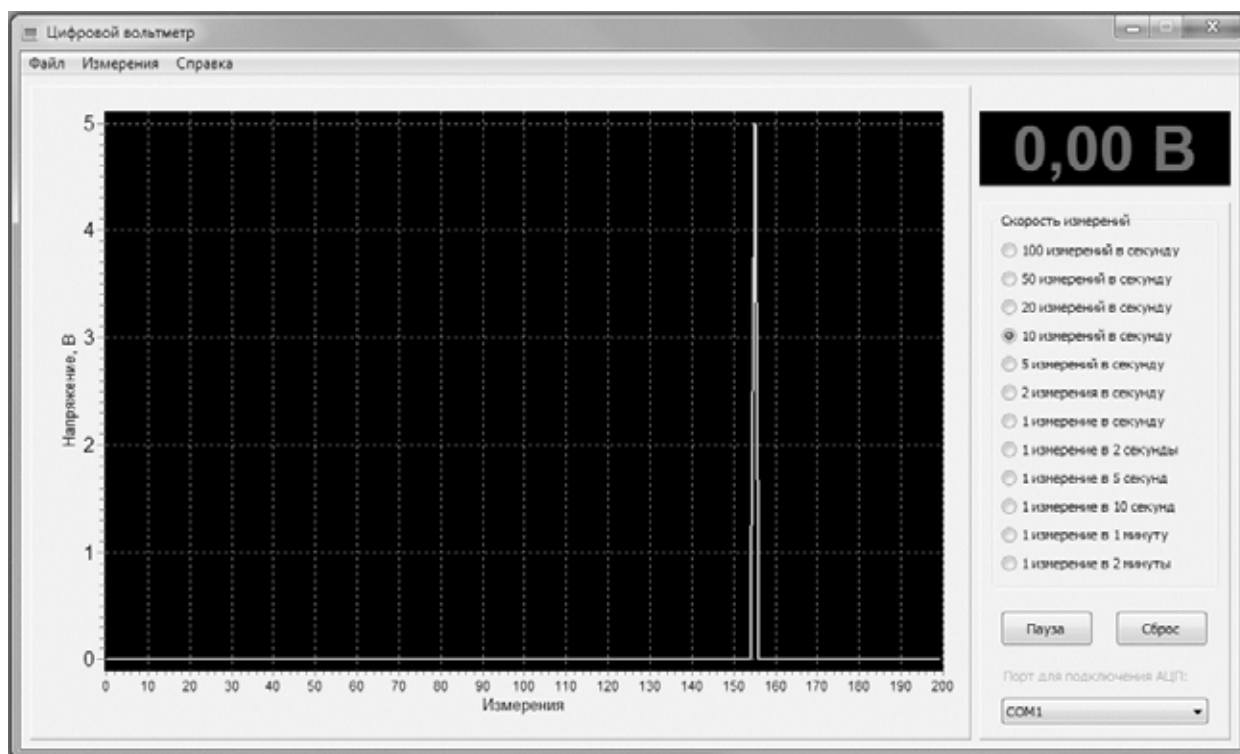


Рис. 3. Импульс напряжения, сигнализирующий о готовности прибора к работе

- Основные процедуры главного модуля программы:
- процедура поиска существующих на данном компьютере портов и подключение первого из них;
 - процедура управления измерениями;
 - процедура выхода из программы;
 - процедура создания формы главного модуля приложения;
 - процедура считывания данных на входе COM-порта;
 - процедура таймера;
 - процедура вывода графика;
 - процедура открытия COM-порта;
 - процедура изменения частоты проведения измерений;
 - процедура очистки окна графика;
 - процедура удаления данных из оперативной памяти;
 - процедура вывода справки;
 - процедуры, реализующие функции верхнего меню.

Алгоритм работы программы заключается в следующем. Пользователь запускает исполняемый файл. Сначала на экране появляется заставка с названием программы. В это же время осуществляется поиск на компьютере всех существующих COM-портов и автоматическое подключение порта с наименьшим номером. Об успешности или неудаче этой операции программа сообщает пользователю, после чего на экране появляется окно, соответствующее главному модулю программы (рис. 2). Если устройство будет подключено к другому (не автоматически подключенному) порту, то пользователь может указать вручную номер порта, к которому оно подключено. О начале проведения измерений пользователь может уз-

нать, увидев на графике непродолжительный по времени импульс напряжения (рис. 3). Сразу после этого прибор готов к измерениям, частоту проведения которых пользователь может изменять в режиме реального времени.

Блок-схема алгоритма проведения прибором измерений изображена на рис. 4 (считается, что первоначально счётчик времени обнулён).

Компьютерная программа для виртуального вольтметра написана в среде программирования Borland Delphi и предназначена для работы с цифровым измерителем электрического напряжения в операционных системах Windows XP, Windows Vista, Windows 7 [10]. В окне приложения размещены: верхнее меню, включающее пункты «Файл», «Измерения», «Справка»; место для визуализации графика зависимости измеряемого напряжения от времени; индикатор, показывающий текущее значение напряжения на входе АЦП; группа радиокнопок для выбора скорости измерений; управляющие кнопки «Пуск/Пауза» и «Сброс»; выпадающий список существующих на данном компьютере портов. Минимальная частота проведения измерений электрического напряжения равна 1 измерению в 2 минуты, максимальная — 100 измерений в секунду (1 измерение в 0,01 секунды). Это позволяет визуализировать на экране компьютера и анализировать с помощью подключенных к нему датчиков медленные и быстропротекающие процессы.

На основе данного базового элемента компьютерного измерительного комплекса (вольтметра) могут быть созданы другие виртуальные измерительные приборы: термометр, манометр, люксметр и дальномер. Например, в



Рис. 4. Блок-схема алгоритма проведения измерений

сочетании с описанным в статье АЦП мы используем потенциометрический датчик, аналоговый датчик температуры на базе микросхемы L335Z [9], аналоговый датчик

давления газа на базе элемента МРХ2200АР [5], аналоговый датчик освещённости на базе фотодиода ВРW34 [4] и аналоговый датчик расстояния Sharp GP2Y0A02.

Литература:

1. Агуров П.В. Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования / П.В. Агуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 496 с.
2. Гёлль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс: Пер. с фр. / Л. Гёлль. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 144 с.
3. Данилов О.Е. Компьютерный вольтметр как базовый элемент учебного компьютерного измерительного комплекса / О.Е. Данилов // Проблемы и перспективы развития образования в России: Сборник материалов VII

- Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. — Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. — С. 131–134.
4. Данилов О.Е. Компьютерный люксметр для учебных исследований / О.Е. Данилов // Современные проблемы науки: Сборник статей Международной заочной научно-практической конференции; Под общ. ред. Н.А. Максимовой. — Смоленск, Принт-Экспресс, 2011. — С. 99–103.
 5. Данилов О.Е. Компьютерный манометр с аналоговым датчиком давления для учебного физического эксперимента / О.Е. Данилов // Новые технологии в образовании: Материалы VII Международной научно-практической конференции: Сборник научных трудов; Под ред. Г.Ф. Гребенщикова. — М.: Издательство «Спутник+», 2011. — С. 233–236.
 6. Данилов О.Е. Лабораторный практикум: Компьютерные измерения в молекулярной физике и термодинамике. Учебно-методическое пособие / О.Е. Данилов. — Глазов: ГГПИ, 2009. — 28 с.
 7. Данилов О.Е. Применение компьютерных технологий в учебном физическом эксперименте / О.Е. Данилов // Молодой учёный. — 2013. — № 1. — С. 330–333.
 8. Данилов О.Е. Создание компьютерного измерительного комплекса с аналоговыми датчиками для школьного кабинета физики / О.Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — № 3. — С. 93–102.
 9. Данилов О.Е. Учебный компьютерный термометр с аналоговым датчиком температуры / О.Е. Данилов // Актуальные проблемы математики, физики, информатики в вузе и школе: Материалы Всероссийской региональной научно-практической конференции. — Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2011. — С. 209–213.
 10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011617600. Виртуальный прибор «Цифровой вольтметр» / О.Е. Данилов. — Заявка № 2011613163; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 29.09.2011.

Модуль сбора информации от поставщиков в режиме он-лайн

Лебединова Светлана Полиектовна, студент
Вологодский государственный технический университет

В данной статье рассматривается создание модуля сбора информации, основные цели разработки, выбор технологии, работа модуля.

Ключевые слова: модуль сбора, парсинг.

Он-лайн магазин автозапчастей для иномарок имеет большое количество поставщиков с разнообразной номенклатурой деталей. Для предоставления этой информации на сайте магазина рассматривалось несколько способов: во-первых, магазин может раскрыть ссылки на сайты своих поставщиков, что крайне нецелесообразно, или же можно непосредственно отображать данные о товарах на своем сайте. Для последнего случая и принято решение создания модуля сбора информации. В его основу можно положить базу данных, которая будет содержать весь ассортимент товаров поставщиков. Это будет бесполезной тратой ресурса, так как у каждого поставщика уже есть база данных с информацией о товарах, а эта информация обновляется очень часто: меняется количество товара на складе, следовательно, изменяются сроки его доставки покупателю, в зависимости от привоза меняется цена. Для того чтобы информация в нашей базе была актуальной, обновлять ее пришлось бы очень часто.

Для решения вышеописанной проблемы выбрана универсальная технология парсинга. *Парсинг* — это автоматизированный сбор контента или данных с какого-либо

сайта или сервиса с возможностью обработки его или их в соответствии с поставленной задачей [1]. При его использовании не требуется хранить данные в базе, вся необходимая информация берется сразу с сайтов поставщиков и отображается на сайте магазина для иномарок.

Два основных плюса использования данной технологии:

- вся необходимая информация собрана вместе — каталог товаров от всех поставщиков содержится на сайте магазина, пользователь имеет полную картину возможных вариантов заказа;

- всегда актуальная информация — сбор данных осуществляется прямо с сайта поставщика, нет промежуточного хранения, а значит, не требуется дополнительное время на повторное обновление.

Поэтому в основу модуля легла технология парсинга.

На рис. 1 представлен принцип работы технологии.

С сайтов поставщиков берем только необходимую пользователю информацию, то есть он вводит код запчасти, по этому коду отправляется запрос к поставщикам, от них берутся данные по запросу и возвращаются на сайт магазина, здесь они обрабатываются, и покупа-



Рис. 1. Принцип работы сайта с применением данной технологии

тель видит информацию о запрошенном коде с разных сайтов в одной таблице.

Отличие от того, если бы человек сам искал необходимый товар на разных сайтах, и работы модуля сбора информации состоит:

- в скорости — работа модуля во много раз быстрее ручного поиска (если искать все варианты, а не удовлетвориться первым найденным);

- человеческий фактор — модуль безошибочно отберет нужную информацию и отобразит ее в удобном виде, в то время как человек может пропустить несколько вариантов заказа или же просто не посетить сайты одного или нескольких поставщиков.

Вывод: технология удобна как для самого магазина, так и для покупателя.

Модуль объединяет все разнообразие товаров, предоставляемых поставщиками товаров, поэтому покупателю предоставляется возможность выбора оптимального решения по заказу требуемой автозапчасти. Также планируется предоставить пользователю просмотр статуса заказа.

Разрабатываемый модуль будет полезен не только покупателю и магазину. Также он дает несомненные плюсы поставщикам, которые только выходят на рынок: предоставляется возможность анализа предложения уже предоставляемых товаров, их цен и спроса.

Система будет проста в использовании, и содержать четыре блока:

- форма поиска;
- вывод в табличном виде результатов поиска;
- просмотр «корзины» предполагаемого заказа;
- отображение статуса заказа.

На рис. 2 представлена диаграмма вариантов использования модуля, здесь представлены возможные пользователи модуля сайта и их запросы к системе. Рассмотрим работу пользователей с сайтом пошагово. Покупатель вводит код (артикул) требуемой автозапчасти. По нажатию на кнопку поиск происходит процесс парсинга сайтов поставщиков, с помощью которого осуществляется сбор информации о запрошенном товаре, также происходит обработка полученных данных (выбирается только необходимая информация). Результат вышеописанного процесса выводится на сайте магазина в

виде таблицы, которая содержит информацию о товаре и его аналогах (артикул автозапчасти, ее наименование, стоимость, время доставки). Из данной таблицы покупатель выбирает товары, наиболее полно удовлетворяющие его по приведенным характеристикам, и отправляет понравившийся товар в корзину. После просмотра всего ассортимента продукции, покупатель заходит в корзину и формирует заказ из выбранных им товаров, который и отправляет магазину. Менеджер просматривает заказ покупателя и формирует заказы поставщикам. Через какое-то время они отправляют заказанные автозапчасти в магазин. По мере продвижения заказа менеджер обновляет статус заказа на странице сайта. При получении товаров — статус меняется на «выполнен» и покупатель может их забрать со склада магазина.

Модуль облегчит поиск и заказ товаров покупателям, следовательно, он усилит конкурентоспособность магазина на рынке: магазин, предлагая товары разных фирм-поставщиков с разными условиями доставки и ценой, привлечет к себе большее количество покупателей.

Теперь немного о законности. Единственный закон, который может противостоять данной технологии, — это закон об авторском праве.

Интеллектуальные права на произведения науки, литературы и искусства являются авторскими правами. Автору произведения принадлежат следующие права:

- 1) исключительное право на произведение;
- 2) право авторства;
- 3) право автора на имя;
- 4) право на неприкосновенность произведения;
- 5) право на обнародование произведения.

В случаях, предусмотренных настоящим Кодексом, автору произведения наряду с указанными правами принадлежат другие права, в том числе право на вознаграждение за использование служебного произведения, право на отзыв, право следования, право доступа к произведениям изобразительного искусства. [2]

В магазине автозапчастей при парсинге берется лишь общедоступная информация — информация о товаре, которую они предоставляют на своем сайте, а не что-то уникальное, например не структура самого сайта. То есть с разных сайтов выбирается информация, но ее обработка

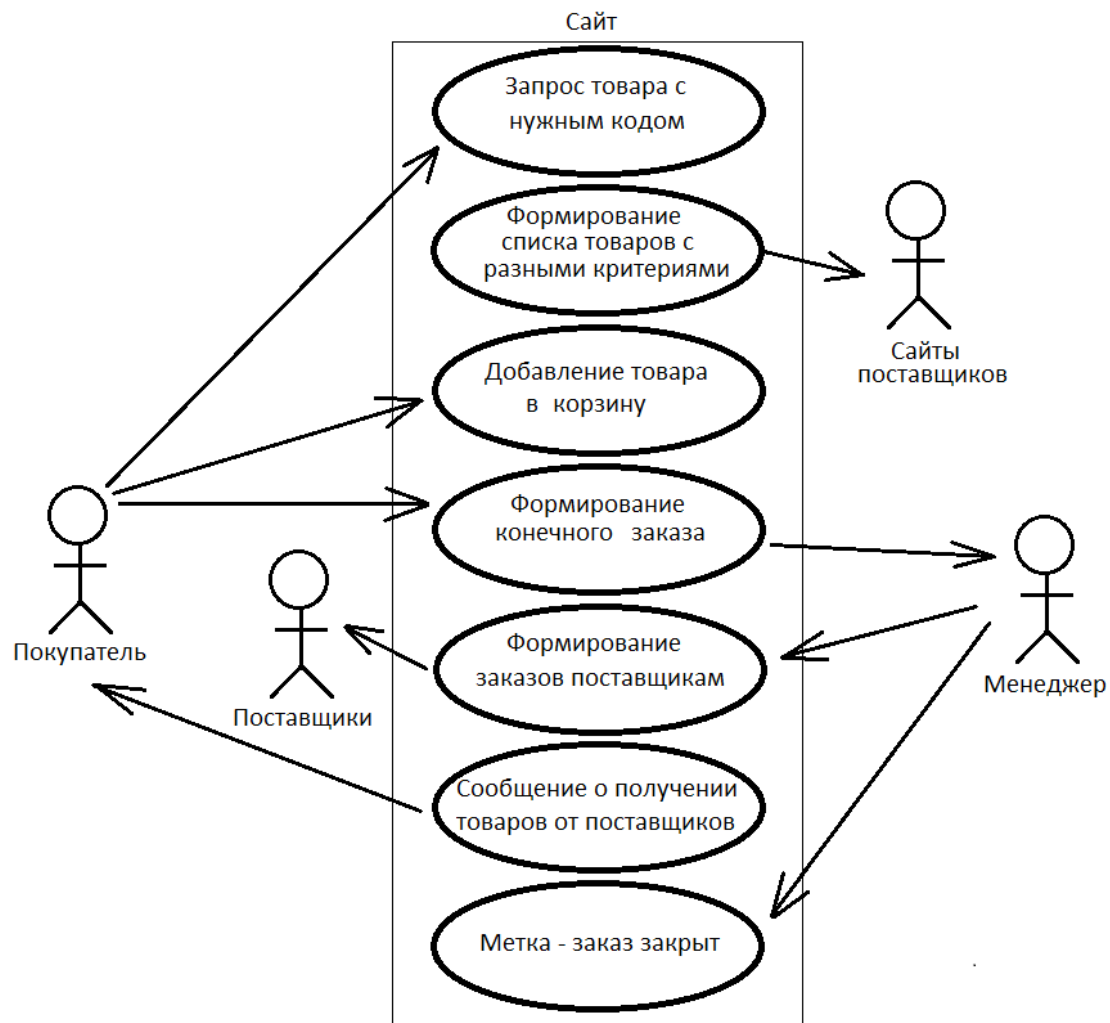


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования модуля

ведется по собственному разработанному алгоритму. Также существует договоренность с поставщиками: они разрешают использовать данные со своего сайта по своему желанию.

В итоге модуль сбора информации от поставщиков в режиме он-лайн упростит поиск автозапчастей покупателям, увеличит им выбор, повысит конкурентоспособность магазина на рынке, и все это совершенно законно!

Литература:

1. WestSEO [электронный ресурс]: электронный журнал для блоггеров и веб-мастеров – режим доступа: <http://westseo.ru/article/parsing/>.
2. Гражданский кодекс РФ от 18.12.2006 N 230-ФЗ – Часть 4.

Hybrid K-Means Clustering Procedure Based on Radial Basis Function and Optimized by Artificial Fish Swarming Algorithm

Олешко Артем Олегович, студент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Introduction

Today swarm intelligence is a branch of artificial intelligence that studies the collective behavior and emergent properties of complex, self-organized, decentralized systems with social structure. Such systems consist of simple interacting agents organized in small societies (swarms). Although each agent has a very limited action space and there is no central control, the aggregated behavior of the whole swarm exhibits traits of intelligence, i.e., an ability to react to environmental changes and decision-making capacities.

Machine learning is the field of artificial intelligence that deals with algorithms that render computational models capable of learning and adapting to their environment. From an abstract viewpoint, machine learning is the procedure of extracting information in the form of patterns or rules from data. This purpose requires the use of computational methods. Human interaction can also be beneficial within a collaborative framework to the algorithms. However, the elimination of this necessity still remains the main challenge in the development of intelligent systems.

This material is dedicated to the conjunction of swarm intelligence and machine learning. In the following work is introduced a hybrid method for overcoming the problem of neural network training which consists in effective determining of the synaptic weights of a neural network to get the desired output for a set of input vectors.

Entry points

For investigation was chosen radial basis function network for its self-adapting and self-learning features. On the other hand it has several limitations with regard to convergence speed and forecasting accuracy. To overcome this problem artificial fish swarming algorithm inspired by the natural social behavior of fish in searching, swarming and following is used for optimization of radial basis function network.

The radial basis function network is a two-layer feed-forward network. Its hidden nodes implement a set of radial basis functions (e.g. Gaussian functions) and the training procedure is very fast. The input layer contains units of signal source, and the second layer is hidden layer. The number of units on the hidden layer is determined by necessity. The third layer is an output layer which reacts to input model. Movement from input layer to hidden layer is nonlinear and that from hidden layer to output layer is linear. Activation function of the units in hidden layer is RBF, which can be demonstrated by the following graph:

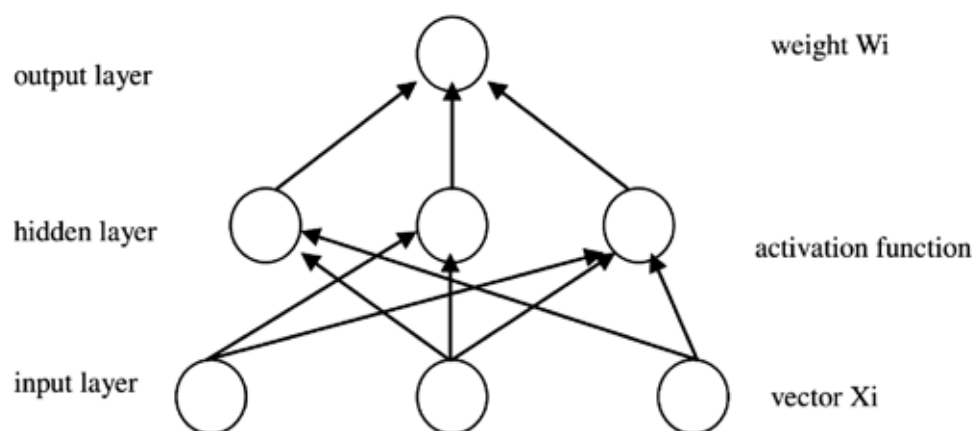


Fig. 1. Structure of radial basis function networks

An introduction step to clustering procedure is to train the model using original data. In order to determine an activation function center C_i of each neuron in the hidden layer, width r_i , weight W_i from hidden layer to output layer the learning algorithms are used.

The learning algorithm can be divided into two parts. The first part is clustering of all input samples and working out activation function center C_i of units in hidden layer, and the width r_i . The second part is to train the linking weights from hidden layer to output layer after the C_i is determined.

Good robustness, global search ability, tolerance of parameter setting, and insensitiveness to initial values of AFSA (Artificial Fish Swarm Algorithm) can be used to upgrade the learning algorithms in determining parameters for neural network.

Assume the number of training samples is N . First, initiate I as a randomly generated training samples as center C_0 and width r_0 , where $1 < N$, the number of hidden units. Then, according to the principle that training samples should be closest in distance to the center we adjust the center, and execute iteration until we find the right primary function C_i . The next step is to work out the width r_i with specific RBF (Radial Basis Function). Artificial fish swarm algorithm represents following solution steps:

Initialization:

Define the number of hidden units I as the population of artificial fish colony; Training samples count N is the maximum iterative times; Visual area of artificial fish is 1, moving step is τ ($0 < \tau < 1$). Using stochastic algorithm, we select different samples of number I as initial center $C_i(0)$, where $i = 1, 2, \dots, I$. The number in brackets points to iterative number, i.e. $C_i(0)$ – value of center at 0 iteration.

Define the initial vector of weights $W(0)$; Each component vector $w_i(0)$ is the random number between -1 and 1. Assume, the number of units in hidden layer is M , and W is the M -dimensional vector, the number 0 in the bracket means the first time of calculation. The acceptable network output error is E_0 . In order to define the food concentration (FC) in the current position of each artificial fish we use an output error E

as follows: $1/E$ represents the food concentration itself. The maximum value of food concentration will be included in the report and the value assignment of the individual fish at the position of the highest food concentration is recorded as well.

The adjustment of center with a help of swarming behavior of artificial fish:

The local optimum of training sample $i(X_k)$ during the process of iteration is:

$$i(X_k) = \operatorname{argmin} \|X_k - C_i(n)\| \tag{1}$$

In the equation above, $i = 1, 2, \dots, I; k = 1, 2, \dots, N$.

The formula for adjusting the center:

$$C_i(n+1) = \begin{cases} C_i(n) + \tau[X_k(n) - C_i(n)], & i = i(X_k) \\ C_i(n), & \text{other values} \end{cases} \tag{2}$$

Approaching the iteration n , we use sample X_k as closest to current center to replace $C_i(n)$.

Denoting the weight with swarming behavior:

$$\begin{cases} w_i(t+1) = w_i(t) + \eta \left\{ \frac{w_i(t+1) - w_i(t)}{\|w_i(t+1) - w_i(t)\|} \right. & (FC_{t+1} > FC_t) \\ w_i(t+1) = w_i(t) + \eta & (FC_{t+1} \leq FC_t) \end{cases} \tag{3}$$

Where $w_i(t)$ and $w_i(t+1)$ represents the corresponding values of the component weights in the process of iteration from time t to time $t+1$.

According to the swarming behavior principles in the adjustment of the center we compare the results of center adjustment with previous iterations to determine error value $0 < e < 1$. Thus, we assume the distribution of the center is approximately fixed and then update the optimum result in the report. Searching behavior in determining the weight value represents the comparing of the current food concentration with the one from report and update it in case the result is better. In order to make a decision whether to continue the iteration or stop it we apply to preset condition that food concentration is bigger than $1/E_0$ or the maximum iterative number is achieved. If conditions are satisfied results are sent to output. Otherwise, iterate again.

Finally we define C_i , which is the center of primary radial basis function. The last step is to calculate the variance r_i which is done with a help of Gauss function:

$$r_i = d_{min} / \sqrt{2I} \tag{4}$$

Where d_{min} is the minimum distance between the chosen centers.

This hybrid K-means clustering procedure discussed above can be demonstrated with the following graph:

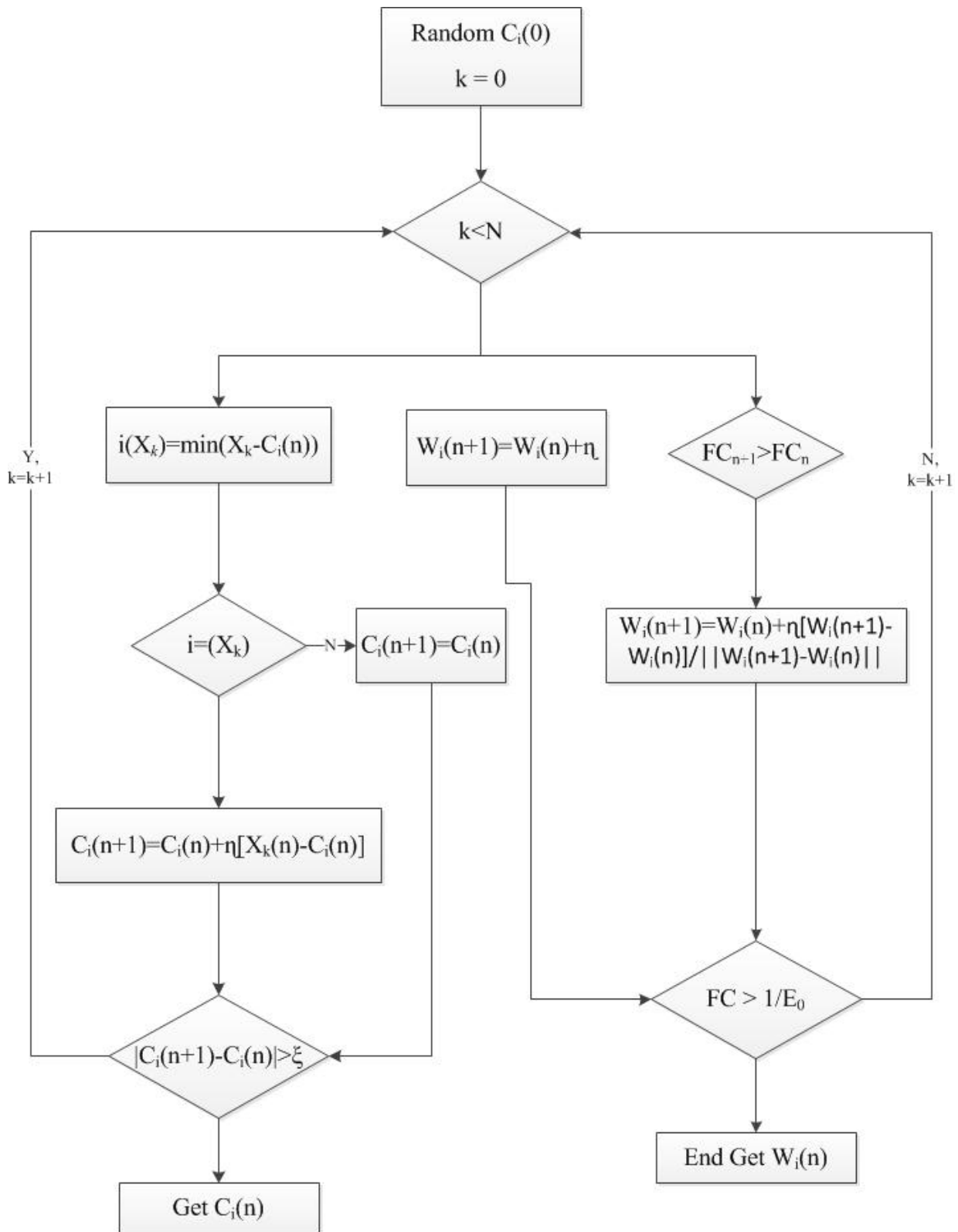


Fig. 2. Hybrid K-means clustering procedure

Conclusions

In this work a new hybrid algorithm, radial basis function optimized by artificial fish swarming algorithm, is introduced. First, the artificial fish swarming algorithm is used to optimize a K-means clustering algorithm. Second, it is used to identify the linking weight of radial basis function. This hybrid approach is aimed to minimize the forecasting error of radial basis function and improve the accuracy. Besides, described clustering procedure is a useful and easy-to-apply method for parallel computation and is independent from initial value.

Литература:

1. The Genius Within: Discovering the Intelligence of Every Living Thing by Frank T. Vertosick Jr.
2. Swarm Intelligence by James Kennedy.
3. Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems by Eric Bonabeau.
4. Complex-Valued Neural Networks: Utilizing High-Dimensional Parameters by Tohru Nitta.
5. Neural networks: a comprehensive foundation by Haykin, S. 1999.
6. A Set of Neural Network Benchmark Problems and Benchmarking Rules by Lutz Prechelt 1994.
7. Business Intelligence in Economic Forecasting: Technologies and Techniques by Jue Wang; Wang Shouyang 2010.
8. Handbook of Research on Computational Science and Engineering by J. Leng; Wes Sharrock 2011.

Использование flash-анимаций в учебном процессе

Покорная Ольга Юльевна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Легкодымов Станислав Олегович, курсант
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «ВВА» (г. Воронеж)

Важнейшей задачей процесса модернизации современного российского образования является повышение качества образования. Инновационные технологии способствуют развитию творчески активной личности обучающихся студентов, раскрыть их творческие способности и увлечь наукой, дать хорошие знания. Одним из методов повышения качества образования при изучении естественно-научных дисциплин, в частности, высшей математики, является использование современных интерактивных средств обучения. Их использование на лекциях и практических занятиях способно качественно улучшить методику преподавания, сделав учебный процесс более эффективным и привлекательным.

Разработанные для этого электронные обучающие системы объединяют в себе достоинства электронных библиотек, гипертекстовых учебно-методических электронных пособий, тестов и различных заданий для самоподготовки и проверки знаний. Использование интерактивных технологий в процессе обучения предоставляет качественно новые возможности преподавателям.

Они могут обращаться к всевозможным электронным базам и ресурсам, востребованным по данной теме, использовать различные методы обучения, создать проблемную ситуацию и разрешить её, выполняя виртуальные мини-исследования. Использование интерактивной доски, кроме того, позволяет делать необходимые записи и чертежи поверх любых приложений и веб-ресурсов, а также дают возможность повторного воспроизведения материала в необходимой последовательности.

Использование flash-анимаций повышает интерес к изучаемой теме, улучшает качество образовательного процесса, способствует развитию научно-исследовательских навыков. Они помогают сделать процесс обучения более интересным и творческим. помогают в использовании demo-материалов, связанных не только с изуча-

емым предметом, но и прикладными задачами. Применение интерактивных моделей и flash-анимаций является одним из наиболее эффективных способов внедрения новых информационных технологий в образовательный процесс. Это обеспечивает требуемый уровень мотивации и творческой активности.

При объяснении нового материала на лекции применяются как проверенные методы работы с обыкновенной доской, так и набор интерактивных и мультимедийных возможностей. Повышению эффективности образовательного процесса способствуют не только привлекаемые наглядные ресурсы и видео-материалы, но и обучающие программы – слайд-занятия (лекции, практические занятия, лабораторные работы, научные семинары).

Материал можно структурировать по слайдам, что способствует поэтапному логическому подходу к обучению и облегчает планирование необходимого материала. Можно создавать гиперссылки связывающие электронные материалы. Это позволяет не тратить время на поиск нужных ресурсов.

Кроме того, в состав электронных программ могут быть включены различные модули контроля и оценки знаний и умений, выполненные в виде тестовых заданий с приведенными ответами, из которых один или несколько могут быть правильными. Они очень эффективны при самостоятельном изучении темы, что является важной тенденцией образовательного процесса в последнее время.

Существует большое разнообразие программных продуктов, позволяющих подготовить и реализовать демонстрацию электронных слайд-занятий.

С этой целью можно использовать, например, Microsoft Power Point, способный осуществлять формирование текстовых и анимированных тематических слайд-презентаций. Эта программа позволяет делать красивые и достаточно информативные слайд-кадры, выполненные

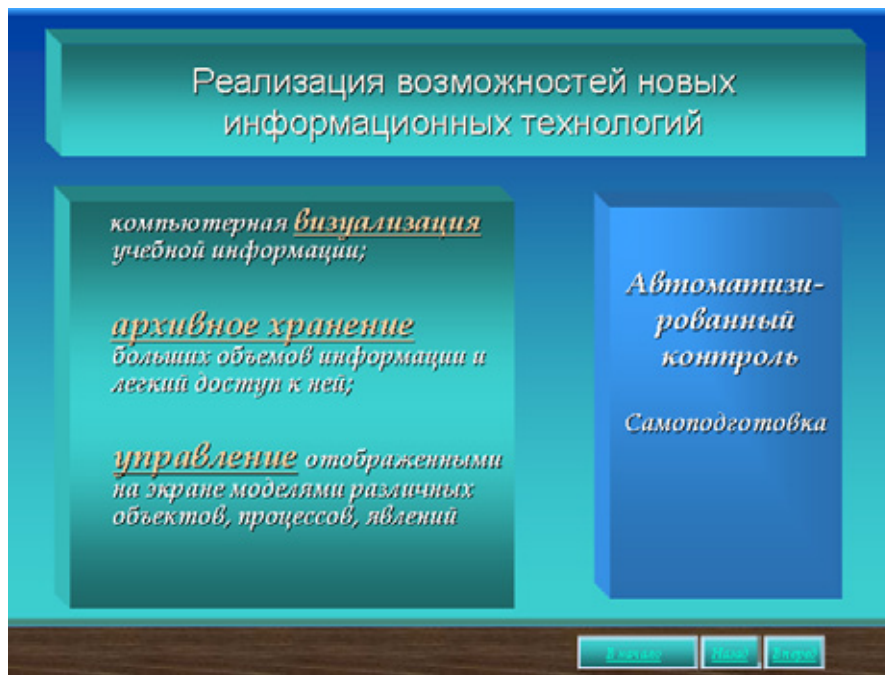


Рис. 1. Реализация возможностей новых информационных технологий

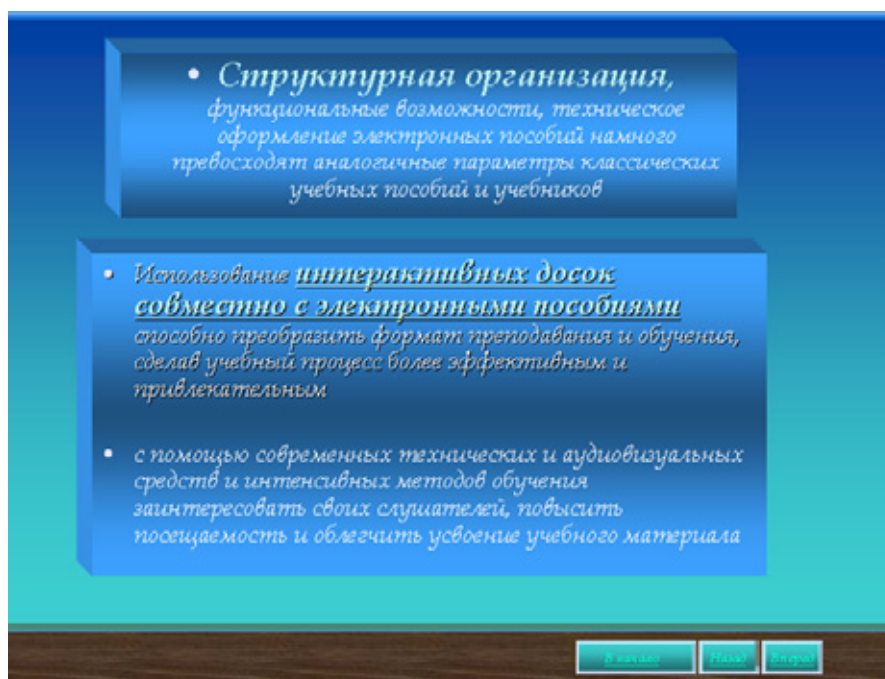


Рис. 2. Структурная организация электронных пособий

с использованием помощью Photoshop. Кроме того, полученные электронные слайд-занятия можно объединять по темам или разделам и связывать их гиперссылками.

Для уменьшения объема занимаемого на диске места презентации можно перевести в формат pdf с помощью программы *Adobe Acrobat Professional*. При этом возникают некоторые трудности, связанные с тем, что не все анимации в Adobe Acrobat работают. Авторам уда-

лось обойти эту проблему с помощью пошагового перевода имеющихся анимаций в видеоролик с помощью программы *Picasa*. Она является менеджером изображений, с ее помощью можно упорядочивать, редактировать, печатать и записывать на CD или DVD различные тексты, таблицы и рисунки. Программа поддерживает изображение в формате jpg, bmp, gif, png, psd, tif, а также видеофайлы avi, mpg, wmv, asf, mov.

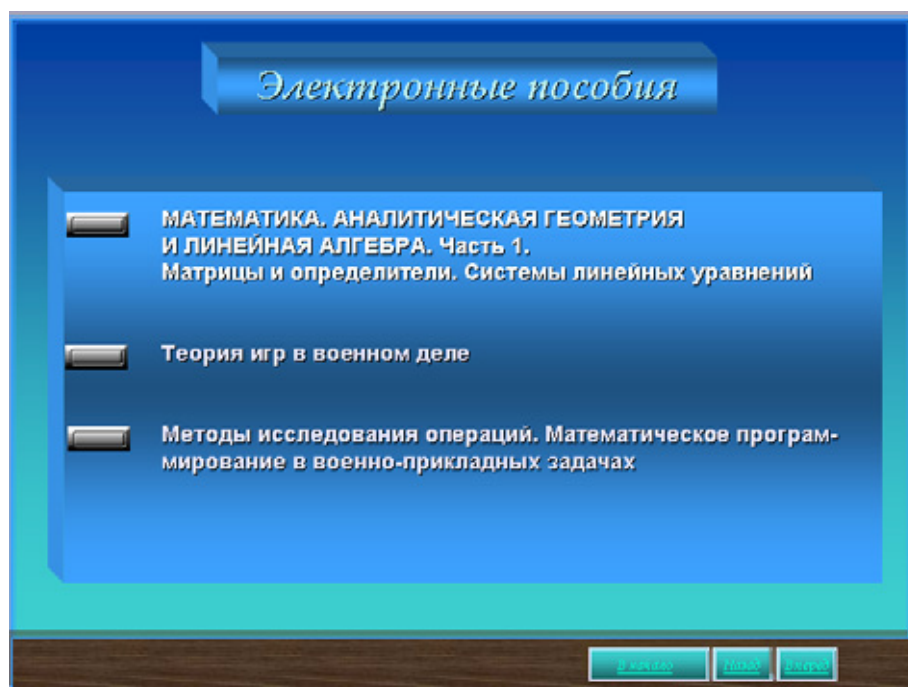


Рис. 3. Система гиперссылок в электронных ресурсах

Данная программа позволяет составить видеоролик из имеющегося материала в виде текста, чертежа, таблицы, расчета программными средствами задачи. При этом можно сделать различные сценарии с учетом скорости появления отдельных кадров и времени их показа, сопровождения пояснительным текстом или даже звуком. Учебные материалы по теме можно превратить в плакат или видеоролик. Для этого необходимо задать время задержки, измерения и настройки сжатия видео.

Таким образом, поочередно добавляя отдельные текстовые, табличные, графические или другие визуальные фрагменты к каждому следующему кадру (или слайду), можно с помощью клавиши Print Scrin получать копию с экрана монитора, которую затем помещают в сформированную в Picasa папку. Остается только выбрать из

меню необходимый сценарий для просмотра этих кадров, и экспортировать его. Авторы использовали время показа каждого кадра от 2-х до 4-х секунд, количество кадров варьируется от двадцати до 200. При такой скорости и объеме получают достаточно информативные не занимающие много программного места, учебные видеоролики.

Полученные таким способом видеоролики легко внедряются в электронные пособия, переведенные в Adobe Acrobat. На кафедре математики ВУНЦ ВВС «ВВА» для курсантов всех специальностей разработаны и апробированы в учебном процессе интерактивные курсы лекций и современные электронные пособия, содержащие анимации, выполненные с помощью программы Picasa.

Литература:

1. О преподавании естественно-научных дисциплин в высшей школе с использованием мультимедийных технологий. Покорная О.Ю. // Молодой ученый. – 2011. – № 4. Т.2. – С. 112–114.
2. Использование информационных технологий в лекционном курсе. Кириллова Л.Е., Палеева М.Л. // Новые образовательные технологии в вузе. Пятая международная научно – методическая конференция. С. 165, 2008 г.

Автоматизированная информационная система «Ведение договоров с клиентами»

Сахарова Екатерина Григорьевна, студент

Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

На данный момент в Комитете земельных ресурсов заявления от клиентов принимаются в письменном виде. Вся информация, касающаяся, данных о клиентах документация хранится в архиве в бумажном виде и у каждого исполнителя в различных форматах. Обработать информацию и отследить правильность заполнения документов сложно. Поэтому было принято решение разработать систему — ведение договоров с клиентами с целью уменьшения времени обработки договоров клиентов для Комитета земельных ресурсов.

Разработанная система может использовать одну из следующих операционных систем: Windows XP, Windows Vista, Windows 7. На клиентских компьютерах должен быть установлен пакет программ Microsoft Office или OpenOffice. В качестве СУБД используется SQL-сервер Firebird 2.1. Firebird обеспечивает безопасность доступа пользователей к серверу с помощью идентификатора пользователя и зашифрованного пароля. Как и любой другой сервер баз данных, Firebird использует соответствующие средства защиты физического, сетевого доступа и файловой системы. Дополнительным средством защиты Firebird является его запуск как сервиса операционной системы, а не как приложения, что не позволяет осуществить его удалённую перезагрузку без административных прав доступа к системе. Для обмена данными между серверной и клиентскими частями автоматизированной системы используется протокол TCP/IP порт 3050 и 3051. Это позволяет, при необходимости, конфигурировать средства Firewall, для разрешения или запрета доступа компьютеров в локальной сети к серверу Firebird. [2]

Доступ к базе данных Firebird клиентское приложение получает при помощи специального пользовательского идентификатора и зашифрованного пароля. Шифрование пароля осуществляется при помощи алгоритма хеширования DES (Data Encryption Standart, стандарт шифрования данных). Информация о данном идентификаторе пользователям системы полностью недоступна. Доступ клиентских приложений к базе данных с правами администратора не используется.

В качестве среды разработки выбрана интегрированная среда разработки приложений Borland Delphi 7 со встроенным языком программирования Object Pascal, руководство по разработке приложений в данной среде приведено в работе [1].

Для такого типа систем принято использовать совокупность двух приложений: сервер и клиент. Доступ к базе данных имеет только серверное приложение, а клиентские приложения — к основным функциям системы [3]. Таким образом, система имеет двух уровневую архитектуру с единым сервером и клиентскими приложениями,

расположенными на узлах локальной сети — компьютерах всех отделов организации.

Разработана структура базы данных, которая состоит из следующих таблиц «Клиент», «Пользователь», «Дополнительная информация о клиенте», «Категории земли», «Отчет», «Список логинов и паролей». Таблицы связаны между собой по ключевым полям: табельный номер, ИНН\КПП.

В клиентском приложении реализованы функции по заполнению и редактированию данных базы данных, поступление заявлений от клиентов о просьбе выдать им в аренду определенный земельный участок. Запись всей юридической информации об арендаторах. В процессе функционирования приложения формируются следующие формы документов: заявление, договор и дополнительные соглашения. Ведение журнала действий исполнителя и поиск по всем записям.

Для реализации описанных выше функций разработаны модули: модуль информации о клиентах; модуль дополнительной информации о клиентах; модуль информации об исполнителях; модуль информации о категориях земли; модуль формирования документов; модуль журнала действий. Каждый из модулей имеет функции хранения, просмотра, чтения и редактирования информации.

В разработанных модулях содержатся алгоритмы, которые были написаны специально для Комитета земельных ресурсов и которые учитывают специфику работы с договорами.

Пользовательский интерфейс системы имеет стандартную цветовую гамму, используемую для продуктов компаний Microsoft.

Приложение системы имеет русскоязычный интерфейс, обеспечивает удобный доступ к основным функциональным возможностям системы.

На главной форме располагается панель инструментов с кнопками управления, навигации и табличное представление данных. Манипулирование данными производится через диалоговые окна, все элементы которых подписаны.

В главном окне программы в нижней части выдаётся следующая информация:

- имя авторизовавшегося пользователя;
- системное время.

Минимально допустимое разрешение — 800x600. Допускается работа программы в режиме 640x480 (при этом рабочая область окна основного меню может несколько выходить за пределы экрана).

Главная форма программы содержит меню со следующими пунктами: «Справочники», «Печать документов», «Выход». Пункт «Справочник» имеет подпункты «Клиенты», «Исполнители», «Администрирование».

Подпункт «Клиенты» содержит информацию обо всех клиентах Комитета земельных ресурсов их юридические и контактные данные, на форме отображены таблицы «Клиент» и «Дополнительная информация».

Подпункт «Справочник исполнители», предназначен для просмотра персональной информации о пользователе. Для того чтобы вносить какие-то изменения в данных необходимы права администратора. На форме находятся таблицы «Исполнитель» и «Категория земли». При выделении исполнителя в таблице, в таблице «Категория земли» отображаются списки только выделенного пользователя

Подпункт «Администрирование» доступна только пользователю с правами администратора, и служит она для того, чтобы вносить изменения в данные всех пользователей системы. Доступные данные для редактирования:

- табельный номер работника;
- Ф. И. О;
- должность;
- контактный телефон;
- список категорий земли;
- логин.

Перечисленные формы системы содержат элементы просмотра данных, элементы навигации по данным и элементы управления «Добавить запись», «Удалить запись», «Редактировать запись», «Заккрыть форму». Пункт «Печать документов» имеет подпункты «Заявление», «Договор», «Дополнительное соглашение». Данные формы должны содержать элементы ввода данных для формирования печатных документов.

При выполнении операции сохранения документа или отчета в файл Microsoft Word должно вызываться стандартное диалоговое окно выбора файла для сохранения.

Создание и внедрение автоматизированной информационной системы в Комитет земельных ресурсов реализует следующие задачи: удобство хранения информации каждого исполнителя; автоматизация и централизация данных о клиентах; сокращение времени на формирования заявлений, договоров и дополнительных соглашений; удобство отслеживания рабочих действия исполнителя, за счет хранения информации и поиска по всем записям.

Данная система разрабатывается для составления договоров и хранения данных об арендаторах и может быть использована в организациях с большой базой арендаторов в специализации земельных ресурсов.

*Работа выполнена под руководством научного руководителя:
старший преподаватель кафедры А.Е. Несбытнов.*

Литература:

1. Архангельский А.Я., Программирование в Delphi 7, СПб.: БХВ Петербург, 2003. 1152 с.
2. Борри Х, Firebird: руководство разработчика баз данных: Пер. с англ. СПб.: БХВ Петербург, 2006. 1104 с.
3. Гвоздева И.А., Лаврентьева И.Ю. Основы проектирования автоматизированных информационных систем: учебник. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. — 320 с.

ХИМИЯ

Модели для визуализации молекул фуллеренов C_n и числа валентных связей

Салахов Мустафа Саттар оглы, доктор химических наук, профессор;
Багманов Балакиши Тагы оглы, кандидат химических наук, доцент
Институт полимерных материалов НАНА (г. Баку)

Аббасов Зияфет Сабир оглы, доктор химических наук
Школа № 3 (г. Баку, Бинагадинский р-н)

Джафарова Наиля Анверовна, магистр
Бакинский государственный университет

Фуллерены — одни из последних модификаций углерода, имеющие замкнутое строение и являющиеся весьма перспективными соединениями, обладающие сверхтвердыми, ферромагнитными, жидкокристаллическими, полупроводниковыми и др. ценными свойствами наноматериалов, обусловленных неклассическим атомным строением [1].

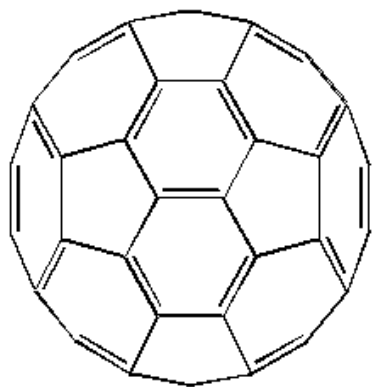


Рис. 1. Модель молекулы фуллерена C_{60} .

В настоящее время предложена модельная оценка энергии образования молекул в ряду полиаддуктов фуллеренов неклассического строения, позволяющая количественно сравнивать искажения каркаса в этих соединениях [2].

C_{60} фуллерен состоит из 12 пентагонов и 20 гексагонов. Теоретически возможно 12500 вариантов расположения двойных и ординарных связей. Но наиболее стабильный изомер (рис. 1) имеет структуру усеченного икосаэдра, в которой отсутствуют двойные связи в пентагонах, получивший название «Бакминстерфуллерен» в честь известного архитектора по имени R. Buckminster Fuller, создавшего сооружение, куполообразный каркас, который сконструирован из пентагонов и гексагонов [3].

Исходя из очень сложного и длинного названия молекулы фуллерена C_{60} по химической номенклатуре (гептриаконтацкло- [29.29.0.0^{2,14}.0^{3,12}.0^{4,59}.0^{5,10}.0^{6,58}.0^{7,55}.0^{8,53}.0^{9,21}.0^{11,20}.0^{13,18}.0^{15,30}.0^{16,28}.0^{17,25}.0^{19,24}.0^{22,52}.0^{23,50}.0^{26,49}.0^{27,47}.0^{29,45}.0^{32,44}.0^{33,60}.0^{34,57}.0^{35,43}.0^{36,56}.0^{37,41}.0^{38,54}.0^{39,51}.0^{40,48}.0^{42,46}] — гексаконта — 1, 3, 5 (10), 6, 8, 11, 13 (18), 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 29 (45), 30, 32 (44), 33, 35 (43), 36, 38 (54), 39 (51), 40 (48), 41, 46, 49, 52, 55, 57, 59-триаконтаен), такие каркасные соединения углерода C_{60} и выше получили тривиальное название «фуллерены» и обозначаются C_n , где $n=60, 70, 80$ и т.д. с четными значениями индексов. В углеродном каркасе атомы углерода С характеризуются sp^2 -гибридизацией и валентная связь C_4 реализуется за счет p — связей между углеродными атомами. Эмпирически установлено, что наиболее стабильными являются те фуллерены, в которых пентагоны не касаются друг друга и окружены пятью гексагонами. В отличие от бензола, гексагоны в фуллеренах имеют два типа связей: со значениями длин связей 1,386 Å и 1,434 Å, из которых короткие связи относятся к граням соседствующих шестиугольников, а длинные расположены между соседствующими пяти- и шестигранниками (рисунок 2).

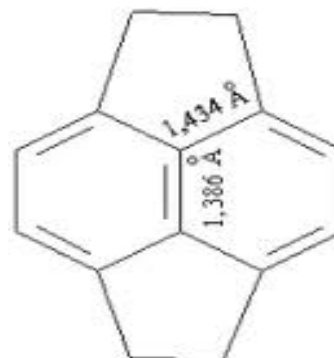


Рис. 2.

Таким образом, фуллерен C_{60} имеет большое число эквивалентных реакционных центров и в связи с этим — сложных изомерных составов продуктов реакции с их участием (реакции гидрирования и галогенирования). Показано, что в каркасе C_{70} наиболее реакционно способной является связь между атомами углерода пентагонов и гексагонов, а затем связи между гексагонами, играющие большую роль в реакциях региоспецифического присоединения по π -связям [4]. Поэтому полученные полигидро- и полигалогенфуллерены C_{70} имеют только четное количество присоединенных водородов и галогенов.

Все эти особенности фуллереновых кластеров выдвигают задачу определения количества одинарных и двойных связей в продуктах присоединительных реакций в составляющих их изомерах.

Наиболее достаточным при этом является метод расчета числа связей в фуллеренах C_{60} , C_{70} , C_{80} , C_{90} , C_{100} и в продуктах их присоединительных реакций.

Как отмечалось ранее, построение графической формулы сложных химических соединений требует достаточно большого времени и создает определенные трудности [5]. А поскольку молекулы фуллеренов имеют сферическое строение и включают в себя большое число атомов, то подсчет числа связей усложняется, даже, если использовать трехмерные химические модели. Следовательно, было бы более удобно вычислять число связей в таких больших и сложных молекулах, как фуллерены, математическим путем.

Из формулы (1), предложенной нами [6] для расчета химических связей соединений без применения графических формул возможно вывести математическую формулу для вычисления числа связей в молекуле фуллерена:

$$A = \frac{a_1 e_1 + a_2 e_2 + \dots + a_n e_n}{2} \quad (1)$$

где, A — общее число химических связей,
 $a_1 a_2$ — количество атомов различных элементов,
 $e_1 e_2$ — число валентных электронов, затраченных этими элементами для образования химической связи.

Поскольку молекула фуллерена состоит только из атомов углерода, и на образование химической связи затрачивается 4 валентных электрона, то исходя из вышеуказанного, преобразуем формулу (1) в формулу (2), согласно которой можно рассчитать число связей в фуллеренах C_n :

$$A_{\text{общ}} = \frac{ae}{2} \quad (2)$$

Рассмотрим подсчет числа химических связей в молекулах фуллеренов C_{60} и C_{70} . Количество атомов углерода, входящего в состав молекулы равно 60 и 70 соответственно и каждый атом углерода в обеих молекулах потратил на образование химической связи 4 валентных электрона. Отсюда, общее число связей в C_{60} и C_{70} будет равны $A_{(C_{60})}$ и $A_{(C_{70})}$.

$$A_{(C_{60})} = \frac{60 \cdot 4}{2} = 120$$

$$A_{(C_{70})} = \frac{70 \cdot 4}{2} = 140$$

Таким образом, становится возможным за короткое время и с большой точностью подсчитать число связей без использования графических формул.

Как известно, в молекулах фуллеренов большинство реакций идет по двойным связям, следовательно, подсчет числа двойных связей составляет основной интерес.

Исследования, проведенные нами по данному вопросу дали ожидаемый результат. Путем математических подсчетов была предложена формула, удовлетворяющая подсчет числа двойных связей в молекулах фуллеренов.

Для этого в начале мы вывели формулу для расчета числа одинарных связей в фуллеренах:

$$A_{(\sigma)} = \frac{5n_1 + 6n_2}{2} \quad (3)$$

где n_1 — число пентагонов фуллерена, а n_2 — число гексагонов, входящих в молекулу фуллерена, где числа 5 и 6 указывают на количество сторон в пентагоне и гексагоне соответственно.

Применим эту формулу для молекулы фуллерена C_{70} : известно, что количество пентагонов в фуллеренах, вне зависимости от числа атомов, входящих в молекулу равно 12, а гексагонов равно 25. Отсюда,

$$\begin{aligned} A_{(C_{70\sigma})} &= \frac{5 \cdot 12 + 6 \cdot 25}{2} = \\ &= \frac{60 + 150}{2} = \frac{210}{2} = 105 \end{aligned}$$

Следовательно, количество одинарных связей в молекуле C_{70} равно 105. Отсюда можно вывести, что разность общего числа связей в фуллерене C_{70} и числа одинарных связей дает число двойных связей.

$$\begin{aligned} A_{(\pi)} &= A_{\text{общ}} - A_{(\sigma)} = \frac{ae}{2} - \frac{5n_1 + 6n_2}{2} = \\ &= \frac{ae - (5n_1 + 6n_2)}{2} \end{aligned}$$

Тогда общая формула для расчета количества двойных связей в молекуле фуллерена примет следующий вид:

$$A_{(\pi)} = \frac{ae - (5n_1 + 6n_2)}{2} \quad (4)$$

Таким образом, зная количество общего числа связей и числа одинарных связей в молекуле, можно с легкостью вычислить число двойных связей. Например, число общих связей в молекуле C_{70} равно 140, а число одинарных связей — 105. Тогда, согласно формуле (4) вычислим:

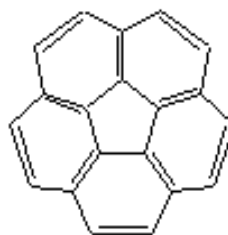
$$A_{(C_{70\pi})} = A_{\text{общ}} - A_{(\sigma)} = 140 - 105 = 35$$

Экспериментальная часть:

Построение моделей молекул фуллеренов выполняется с помощью цветного картона, из которого вырезаются равносторонние пятиугольники (пентагоны) и шестиугольники (гексагоны), имеющие одинаковую длину сторон. Для легкой визуализации моделей пятиугольники и шестиугольники вырезают из картона двух разных цветов. Количество пятиугольников у всех моделей молекул фуллеренов одинаково и равно 12, а количество шестиугольников различается в зависимости от количества атомов, входящих в молекулу фуллерена, модель которой строится. Таким образом, у молекулы, имеющей количество атомов равным 60 количество шестиугольников равно 20; 70 соответственно 25, 80—30; 90—35 и 100—40.

Построение начинается с пятиугольника, который соединяют клейкой лентой по сторонам с пятью шестиугольниками, в результате чего получается фигура на рис.

3. Далее, к каждому из пяти свободных углов, образованных двумя шестиугольниками, присоединяют пятиугольники и дальше оставшиеся шестиугольники. Таким образом, каждый пентагон в построенной модели молекулы не зависимо от числа атомов, входящих в нее, окружен пятью гексагонами, как это указано на рис. 3. Остальные шестиугольники располагаются между ними. Именно поэтому с модели молекул, имеющих более 60 атомов, представляют собой вытянутую форму (рис. 4).



[5]радиален

Рис. 3.

Рис. 4. Модели молекул фуллеренов C_{60} , C_{70} , C_{80} , C_{90} и C_{100}

Литература:

1. П. А. Трошин, Р.Н. Любовская «Успехи химии» 77, № 10, (2008)
2. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук Словохотова Ю.Л. «Атомное строение и особенности кристаллохимии новых производных фуллеренов» 2008.
3. Гусев А.И. «Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии». — М.: Физматлит, 2007. — 416 с.
4. П. А. Трошин, Р.Н. Любовская «Обзорный журнал по химии» т. 77, № 10, 2008 год, стр. 97.
5. Салахов М.С., Багманов Б.Т., Аббасов З.С. «Математическое выражение количества связей в химических соединениях» Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук № 8 август 2010 том 1.
6. Салахов М.С., Аббасов В.М., Багманов Б.Т., Аббасов З.С. «Математическое выражение числа связей в химических соединениях», «Химия в школе», 2 (22) 2008, с 70—75.

Результаты совершенствования технологии получения трибутилфосфата

Шарипова Альбина Рафиковна, студент;
Медников Евгений Викторович, доцент
Волгоградский государственный технический университет

Трибутилфосфат (ТБФ) является важным продуктом промышленности. Он нашел широкое применение в качестве экстрагента для разделения редкоземельных элементов, извлечение металлов из отработанного ядерного горючего. Также трибутилфосфат нашел применение в качестве пластификатора полимеров, растворителя нитратов и ацетатов.

С целью совершенствования технологии производства выполнен анализ производства и намечены некоторые пути его совершенствования. Рекомендовано трибутилфосфат получать взаимодействием нормального бутанола с хлорокисью фосфора, применяя пятикратный избыток бутанола по отношению к хлорокиси фосфора, при давлении 500–600 мм рт. ст. и одновременной отдувкой выделяющегося хлористого водорода инертным газом. Процесс идет при температуре 5–10°C с последующим выдерживанием реакционной массы при 35–40°C. Предлагаемый способ получения трибутилфосфата позволит повысить выход целевого продукта до 85,5 %, степень превращения хлорокиси фосфора 100 %, селективность по трибутилфосфату 88,4 %.

Для улучшения экологических показателей производства трибутилфосфата предполагается уменьшить количество сточных вод за счет отдувки хлористого водорода из реакционной массы. Новый способ позволяет снизить содержание влаги в бутаноле, потому что предусматривается установить перед реактором адсорбер для дополнительной осушки бутилового спирта и уменьшение расхода бутанола снижает долю побочных процессов.

Отходящий из системы инертный газ, содержащий хлористый водород, бутиловый спирт и другие примеси, поступает в систему абсорбции для очистки хлористого

водорода от органических примесей. В качестве абсорбента используют трибутилфосфат, очищенный от примесей хлористый водород подают на водяную абсорбцию для получения товарной соляной кислоты. Абсорбент, содержащий до 40 % бутилового спирта, направляют на стадию нейтрализации, куда также поступает реакционная масса из дозревателя. После нейтрализации сырец направляют на стадию выделения трибутилфосфата и регенерации бутилового спирта. Таким образом, предлагаемый метод позволяет снизить содержание хлористого водорода до 2,5–3,8 % против 5–6 % по известному и 13–14 % на действующем производстве тем самым увеличить выход трибутилфосфата за счет уменьшения побочных реакций, в первую очередь образования хлористого бутила, а также уменьшить расход щелочи, идущий на нейтрализацию сырца. Предлагаемый способ обеспечивает выпуск соляной кислоты, практически свободной и имеющий надежный сбыт, в то время как соляная кислота, которая получается по известному способу загрязнена примесями фосфорной кислоты, хлористого бутила и бутилового спирта и практически не имеет сбыта.

В качестве реакторной схемы предлагается каскад реакторов смешения, число реакторов 4, объем каждого составляет 6,3 м³, который позволяет приблизить процесс к режиму вытеснения, достичь высокое значение степени конверсии, регулировать скорость.

Вышеперечисленные решения позволяют снизить энергозатраты на 10 %, уменьшить расход сырья, уменьшить количество побочных продуктов. А также понизится себестоимость товара, а следовательно улучшатся экономические показатели производства трибутилфосфата

Литература:

1. АС 1033496 СССР, С 07 F 9/11. Способ получения трибутилфосфата / Е.В. Богач, Р.В. Жук, Л.И. Кутянин
2. Пурдела Д. Химия органических соединений фосфора / Д. Пурдела, Р. Вылчану. — М.: Химия, 1972. — 752 с.

Новый эффективный способ производства фреона-22

Шишкин Евгений Вениаминович, доцент;
Дудкин Алексей Михайлович, магистрант;
Дудкина Мария Сергеевна, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Фреон R22 — инертный в химическом отношении, негорючий, не взрывоопасный, сжиженный под давлением газ [1]. Из-за этих свойств он нашел применение не только как хладагент, но и в качестве пропеллента в аэрозольных баллончиках для распыления инсектицидов и косметических средств, в качестве наполнителя огнетушителей и вспенивающего агента в производстве полиуретановых полимеров, а также в качестве полупродукта для получения фторомономеров (тетрафторэтилена, гексафторпропилена) и других фторорганических продуктов.

В России в 2012 году производство фреона R22 составило 20–23 тыс. тонн, при этом в качестве полупродукта ежегодно используется 13 тыс. тонн, а для производства и сервисного обслуживания холодильной и климатической техники около 10 тыс. тонн.

Одним из способов получения фреона-22 является жидкофазное фторирование хлороформа жидким фтористым водородом в присутствии катализатора — пятихлористой сурьмы. Процесс синтеза проводится при температуре 60–90°C и давлении 5,5–8,5 атм. Выход дифторхлорметана составляет 80 %.

Недостатком данного способа является то, что при увеличении подачи жидкого фтористого водорода более 3,8 моль/ч на 1 моль катализатора $SbCl_5$, образуется комплекс фтористого водорода с катализатором пятихлористой сурьмой, который практически нерастворим в хлороформе [2], в результате чего реакция останавливается.

Данный недостаток устраняется, если жидкофазное фторирование хлороформа проводить в присутствии того же катализатора, но при подаче фтористого водорода в газообразном состоянии [2]. Использование газообразного фтористого водорода позволяет полностью исключить образование нерастворимого комплекса фтористого водорода с катализатором при расходе фтористого водорода более 3,8 моль/ч на 1 моль катализатора $SbCl_5$.

Вместе с тем, применение газообразного фтористого водорода требует установки специального коррозионно-стойкого испарителя фтористого водорода на стадии подготовки сырья [3], а также установки в реакторе синтеза распределительного устройства сложной конструкции [4], что заметно усложняет технологический процесс.

Для устранения вышеперечисленных недостатков, нами предлагается проводить процесс без предварительного испарения фтористого водорода. Для этого перед подачей исходных реагентов, смесь фтористого водорода и хлороформа необходимо пропустить через смеситель — гомогенизатор, чтобы получить тонкодисперсную

эмульсию фтористого водорода в хлороформе. Капли дисперсной фазы данной эмульсии имеют размер менее 10^{-4} мм [5]. При этом размер капель фтористого водорода получается приблизительно одного порядка с размером капель, получаемых при подаче газообразного фтористого водорода в реакционный объем [2].

Гомогенизаторы — это устройства, в которых диспергирование жидкости достигается пропусканием её через малые отверстия под высоким давлением [5]. Нами разработана конструкция гомогенизатора, который состоит из корпуса, внутри которого перпендикулярно потоку среды размещены пластины с отверстиями. На рисунке 1 представлена схема гомогенизатора.

Для получения тонкодисперсной эмульсии жидкую смесь фтористого водорода и хлороформа подают во входной патрубок 1 под давлением от 25 до 40 кгс/см². Капли дисперсной фазы, проходя через отверстия в перфорированных пластинах 3, вытягиваются в цилиндры, которые, разрываясь, образуют цепочку капель с постепенно уменьшающимися размерами согласно теории П.А. Ребиндера [6]. Степень диспергирования капель дисперсионной фазы повышается в результате чередования зон сжатия (пластины) и зон разряжения (пространство между пластинами), вызывающего кавитационные явления, способствующие диспергированию. Для уменьшения разброса образующихся капель эмульсии по эквивалентному диаметру и снижению числа больших по размеру капель, предварительно приготовленная эмульсия, пропущенная через перфорированные пластины 3, поступает в сквозные каналы переменного сечения твердого пористого материала, из которого выполнена пластина 7. В качестве твердого пористого материала можно использовать металлокерамику или полимерные прессованные порошки, образующие сквозные каналы переменного сечения [7]. Размер отверстий пластины из твердого пористого материала может колебаться в широких пределах от нескольких микрон до миллиметра.

Большие капли за счет резкого изменения размера пор между спекшимися зернами твердого пористого материала 7 рвутся и увеличивают число капель тонкодисперсной фракции, снижая тем самым разброс капель по фракционному составу в пользу тонкодисперсных капель. Это повышает устойчивость и качество тонкодисперсной эмульсии узкого фракционного состава.

Установленная пластина 7, из пористого материала, позволяет значительно повысить степень диспергирования и стабильность эмульсии за счет создания тонкодисперсных капель узкого фракционного состава.

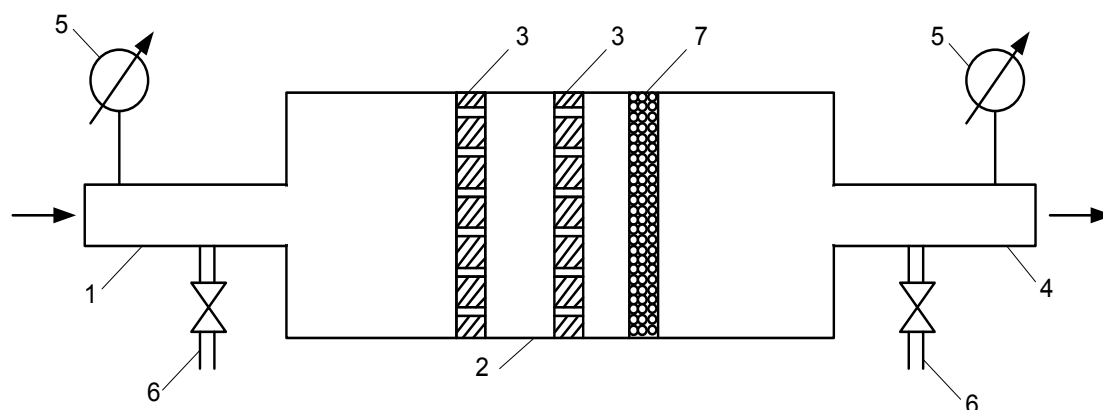


Рис. 1. Устройство для приготовления тонкодисперсных эмульсий: 1 – входной патрубок; 2 – цилиндрическая часть корпуса; 3 – металлические пластины с отверстиями; 4 – выходной патрубок; 5 – манометры; 6 – устройства для отбора проб; 7 – пластина, выполненная из твердого пористого материала

Для использования гомогенизатора необходимо установить плунжерный насос на линии подачи смеси фтористого водорода и хлороформа, который сможет обеспечить давление от 25 до 40 кгс/см².

Реактор синтеза фреона-22 – это вертикальный цилиндрический аппарат объемом 3,2 м³, снабженный рубашкой и устройством для ввода тонкодисперсной эмульсии в реакционный объем. Устройство ввода представляет собой заваренную с одной стороны трубу диаметром 150 мм. По длине трубы, которая погружена в реакционную массу, расположены в шахматном порядке 16 отверстий различных диаметров: 4 отверстия с диаметром 7,5 мм; 4 отверстия с диаметром 7 мм; 4 отверстия с диаметром 6,2 мм и 4 отверстия с диаметром 5,2 мм. Данная

конструкция обеспечивает равномерное распределение полученной тонкодисперсной эмульсии в реакционном объеме.

Таким образом, использование гомогенизатора позволяет равномерно распределить фтористый водород в хлороформе без затрат на его предварительное испарение, а также избежать образования комплекса фтористого водорода с катализатором пятихлористой сурьмой и получить такие же высокие технологические показатели, как при использовании газообразного фтористого водорода. Применение гомогенизатора позволит увеличить подачу фтористого водорода в 1,8 раза, что приведет к повышению производительности реактора. Выход фреона-22 составит 95 %, конверсия по фтористому водороду 98 %.

Литература:

1. Промышленные фторорганические продукты: Справочник / Под ред. Б.Н. Максимов, В.Г. Барабанов, И.Л. Серушкин и др. – Л.: Химия, 1990. – 464 с.
2. Шишкин Е.В. Совершенствование технологии получения фреона-22/ Е.В. Шишкин, А.М. Дудкин, М.С. Дудкина // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, Курск, № 2, 2013.
3. Устройство для распределения жидкости: пат. 218029 Россия: МПК В01D1/22 А.Н. Голубев, Ю.А. Голубев, Н.С. Верещагина, В.Г. Царьков, С.Г. Коновалов, В.А. Царев, В.В. Крешетов, Ю.Н. Смирнов, С.А. Дедов, Н.Н. Махов: Патентообладатель: ОАО Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П. Константинова. – № 2000127047/12; заявл. 27.10.2000; опубл. 10.05.2002.
4. Реактор синтеза хладонов: пат. 2023502 Россия: МПК С07С 19/24/ А.Н. Голубев, Н.С. Верещагина, Френдак В.М., Коновалов С.Г., Царьков В.Г.: Патентообладатель: Кирово-Чепецкий химический комбинат. – № 5067441/26; заявл. 18.09.92; опубл. 30.11.94.
5. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 336 с.
6. Устройство для приготовления жидких смесей: пат. 1260014 СССР: МПК В01F5/06 В.М. Иванов, Б.Н. Сметанников, Ю.И. Кулаков, Э.К. Вардомский, И.Г. Плисан, Ю.М. Шнайдерман, Н.В. Голубь: Патентообладатель: Институт горючих ископаемых. – № 3345216/23–26; заявл. 08.10.81; опубл. 30.09.86, бюл. № 36.
7. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Химиздат, 2007, с. 491–493; ГОСТ 26802–86

Исследование влияния технологических параметров на качество трихлорэтилена, получаемого методом жидкофазного дегидрохлорирования 1,1,2,2-тетрахлорэтана известковым «молоком»

Шишкин Евгений Вениаминович, доцент;
Дудкина Мария Сергеевна, магистрант;
Дудкин Алексей Михайлович, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Трихлорэтилен — эффективный растворитель для множества органических веществ. Основное производство трихлорэтилена сконцентрировано в России, Румынии и Китае. Производство трихлорэтилена в России в 2012 году составило 15 тыс. тонн. При этом на внутреннее потребление приходится — 34 %, остальное отправляется на экспорт.

Основными потребителями трихлорэтилена на внутреннем рынке являются предприятия-производители капролактама и предприятия машиностроения [1].

Трихлорэтилен получают методом жидкофазного дегидрохлорирования 1,1,2,2-тетрахлорэтана известковым «молоком». Одним из преимуществ этого метода является то, что синтез трихлорэтилена совмещен с процессом его выделения, заключающимся в азеотропной отгонке трихлорэтилена с водяным паром. Однако, образующиеся в процессе синтеза хлорорганические примеси так же отгоняются в виде азеотропных смесей с водой. Это влечет за собой необходимость в дальнейшем проводить энергозатратный процесс двухступенчатой ректификации [2] для очистки трихлорэтилена. С целью упрощения технологической схемы на стадии выделения трихлорэтилена, нами проведено исследование, направленное на поиск возможности снижения количества хлорорганических примесей, отгоняемых в процессе синтеза совместно с трихлорэтиленом.

В соответствии с химической схемой дегидрохлорирования тетрачлорэтана известковым «молоком» [2] в реакционной массе, помимо трихлорэтилена, присутствуют: гексахлорэтан, перхлорэтилен и непрорегировавший тетрачлорэтан. Температура кипения азеотропной смеси трихлорэтилен-вода составляет 72,9°C. Ближайшими по температуре кипения являются азеотропные смеси перхлорэтилен-вода (88°C) и тетрачлорэтан-вода (94°C). Температура кипения азеотропной смеси гексахлорэтана с водой намного выше температур кипения других азеотропных смесей и составляет 99°C, что снижает вероятность его отгонки из реакционной массы, если синтез трихлорэтилена вести при температуре ниже 99°C. С другой стороны, если температура синтеза трихлорэтилена ниже чем 88°C, то все хлорорганические примеси должны оставаться в реакционной массе, чему так же способствует наличие в отработанном известковом «молоке» твердого гидроксида кальция, который выступает как адсорбент и позволяет удержать в реакционной массе хлорорганические примеси [3]. В соответствии с

ГОСТ 9976—954, количество допускаемых примесей хлорорганических веществ в товарном трихлорэтилене первого сорта не должно превышать 1,5 % масс. Очевидно, что этими примесями могут быть перхлорэтилен и тетрачлорэтан, если процесс синтеза и отгонки трихлорэтилена вести в интервале температур 72—95°C.

Целью исследования является установление зависимости количества хлорорганических примесей (перхлорэтилена и тетрачлорэтана) в составе трихлорэтилена, отгоняемого на стадии синтеза, от температуры и давления.

Моделирование процесса отгонки трихлорэтилена, перхлорэтилена и тетрачлорэтана из реакционной массы в интервале температур от 72 до 95°C, при давлении от 0,8 до 1,1 атм проводили с помощью программного комплекса HYSYS.

Процесс моделирования состоит из следующих этапов:

1. Создание списка компонентов, состоящего из тетрачлорэтана, трихлорэтилена, перхлорэтилена и воды.
2. Создание пакета свойств. В процессе моделирования был использован пакет свойств UNIQUAC.
3. Создание материальных потоков и введение состава исходного материального потока, который соответствует материальному балансу производства трихлорэтилена мощностью 15 тыс. тонн в год: трихлорэтилен — 1870 кг/ч, перхлорэтилен — 38 кг/ч, тетрачлорэтан — 35 кг/ч, вода — 1000 кг/ч.
4. Задание параметров потока: температура — 72—95°C, давление — 0,8—1,1 атм.
5. Выбор типа аппарата и соединение его с материальными потоками. В процессе моделирования был использован трехфазный сепаратор.
6. Проведение расчетного исследования, которое заключалось в построении графических зависимостей количества отгоняемых тетрачлорэтана и перхлорэтилена от температуры при заданном давлении.

На рисунке 1 представлены графические зависимости количества отгоняемых перхлорэтилена и тетрачлорэтана из реакционной массы от температуры проведения процесса при атмосферном давлении.

На рисунке 2 представлены графические зависимости количества отгоняемых из реакционной массы перхлорэтилена и тетрачлорэтана от давления при температуре 80°C.

По графическим зависимостям (рис. 1 и рис. 2) можно определить процентное содержание примесей в составе

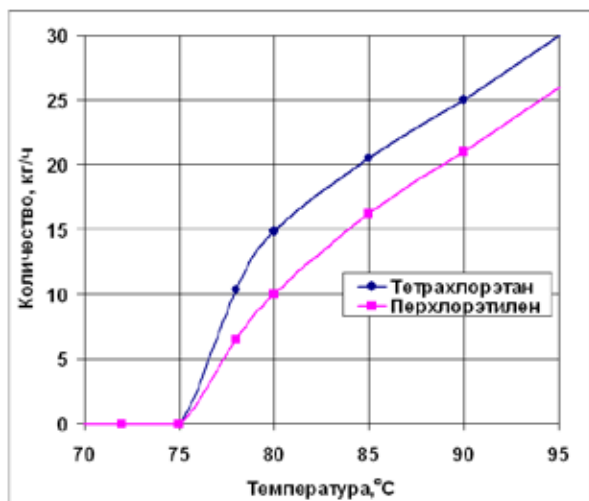


Рис. 1. Зависимости количества отгоняемых хлорорганических примесей (перхлорэтилена и тетрахлорэтана) от температуры проведения процесса (72–95°C) при атмосферном давлении

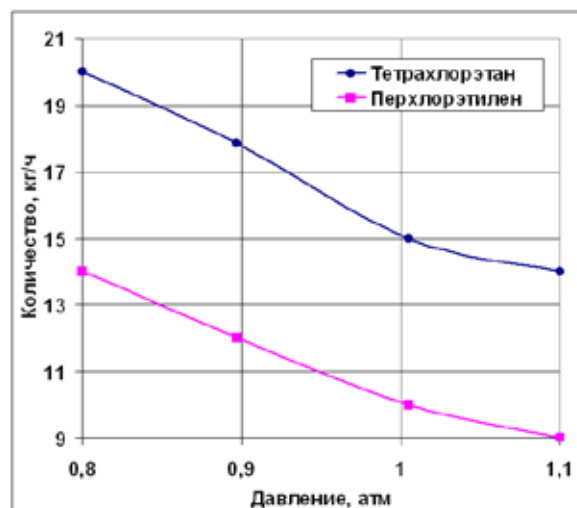


Рис. 2. Зависимости количества отгоняемых хлорорганических примесей (перхлорэтилена и тетрахлорэтана) от давления (0,8–1,1 атм) при 80°C

трихлорэтилена. Так, например, при атмосферном давлении при температуре 80°C (рис. 1) количество отгоняемого тетрахлорэтана составляет 15 кг/ч, количество перхлорэтилена – 10 кг/ч. Так как количество отгоняемого при всех температурах и давлениях трихлорэтилена равно 1800 кг/ч, то суммарное количество хлорорганических примесей равно 25 кг/ч составляет 1,4 %.

Рассчитанные таким образом значения процентного содержания хлорорганических примесей в составе трихлорэтилена в зависимости от температуры и давления представлены в таблице 1.

Анализ результатов расчетного исследования, представленных в таблице позволяет сделать следующие выводы:

Повышение температуры проведения процесса при всех исследуемых давлениях способствует повышению количества отгоняемых хлорорганических примесей.

Повышение давления способствует снижению хлорорганических примесей. Повышение давления выше ат-

мосферного приводит к незначительному уменьшению количества тетрахлорэтана и перхлорэтилена, отгоняемых из реакционной массы.

Суммарное количество отгоняемых побочных продуктов (перхлорэтилена и тетрахлорэтана) не превышает 1,5 %, если отгонку трихлорэтилена проводить при атмосферном давлении в интервале температур 72–80°C.

Таким образом, наиболее эффективными параметрами процесса синтеза трихлорэтилена методом жидкофазного дегидрохлорирования 1,1,2-тетрахлорэтана известковым «молоком» является температура в интервале 72–80°C и атмосферное давление. Соблюдение этих параметров приводит к уменьшению количества отгоняемых из реакционной массы тетрахлорэтана и перхлорэтилена до 1,5 %. Это позволяет упростить технологическую схему производства трихлорэтилена за счет исключения стадии двухступенчатой ректификации и получить готовый продукт первого сорта с чистотой трихлорэтилена не менее 98,5 %.

Таблица 1. Процентное содержание хлорорганических примесей в составе трихлорэтилена в зависимости от температуры и давления

Температура, °C	72	75	78	80	85	90	95
Давление, 0,8 атм							
Содержание хлорорганических примесей, масс. %	1,3	1,6	1,72	1,9	2,4	3,1	3,6
0,9 атм							
Содержание хлорорганических примесей, масс. %	0	1,27	1,55	1,66	2,16	2,8	3,4
1 атм							
Содержание хлорорганических примесей, масс. %	0	0	1	1,4	2	2,5	3,2
1,1 атм							
Содержание хлорорганических примесей, масс. %	0	0	0	1,3	1,72	2,3	2,8

Литература:

1. Промышленные хлорорганические продукты. Справочник / Под ред. Л.А. Ошина. — М.: Химия, 1978. — 656 с.
2. Совершенствование технологии производства трихлорэтилена методом жидкофазного дегидрохлорирования 1,1,2,2-тетрахлорэтана / Е.В. Шишкин, М.С. Дудкина // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, Курск, 2012. — 123–124.
3. Ускач Я.Л. Совершенствование технологии получения трихлорэтилена / Я.Л. Ускач, С.Б. Зотов, Ю.В. Попов // Известия ВолгГТУ, Волгоград, 2009. — 93–96 с.

БИОЛОГИЯ

Механизмы регуляции функционального состояния почек

Бурлака Наталия Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
ГП УкрНИИ медицины транспорта (г. Одесса, Украина)

В статье стоит задача выяснить оптимальную белковую нагрузку и способ определения наличия почечного функционального резерва. А также разработка стандартизированной методики для использования в дальнейших физиологических и патофизиологических исследованиях, учитывая влияние белка на функциональное состояние нефрона при использовании малобелковых диет у нефрологических больных.

Ключевые слова и фразы: белковая нагрузка, диурез, экскреция, почки, почечный функциональный резерв, почечная недостаточность.

Вступление

На данный момент можно считать установленным, что малобелковая диета уменьшает проявление уремии и интоксикации. Большинство специалистов признают, что данная диета тормозит прогресс хронической почечной недостаточности по сравнению с больными, которые соблюдают диету без ограничения белка. Не выявлено негативного влияния малобелковой диеты на лабораторные показатели (стабильность концентрации общего белка, альбумина сыворотки, гемоглобина, количества лимфоцитов у крови, азотистого баланса, массы тела, мышечной массы).

В то же время малобелковая диета с соевым изолятом оказалась эффективнее, чем стандартная в отношении замедления прогресса хронической почечной недостаточности [4, 7]. Введение в лечебную практику препаратов незаменимых аминокислот и их кетоаналогов расширило возможности длительного безопасного применения малобелковой диеты (МБД).

Умеренное ограничение белка (до 1 г/кг в течение суток) можно рекомендовать уже в начальной стадии хронической почечной недостаточности при повышении уровня креатинина до 2 мг % со скоростью клубочковой фильтрации около 50 мл/хв [5, 8, 9].

Однако эффективность диет с разным содержанием белка, а также их длительное применение изучены недостаточно. В частности есть предостережение, что малобелковая диета при хронической почечной недостаточности (ХПН) у больного в дальнейшем может вызывать негативные проявления: ухудшить перенесение методов активного лечения уремии (гемодиализа, трансплантации почек) [5].

На наш взгляд, главной причиной неоднозначного отношения к МБД является то, что механизмы влияния белка на течение почечных заболеваний изучены недостаточно.

Материалы и методы исследований

Нами были проведены исследования функции почек и функционального резерва почек (ФРП) у здоровых добровольцев после нагрузки мясным белком.

У людей функция почек и почечный функциональный резерв изучались после нагрузки мясным белком. Доброволец — женщина съедала вареное мясо из расчета 1,5 г белка на 1 кг массы тела (300–500 г). Исследовали также функцию почек после водной нагрузки — питья воды в количестве 0,5 от массы тела однократно и сбор мочи за 1 час.

Для выяснения данного вопроса мы провели исследование в эксперименте на крысах при нагрузке белковым препаратом PROTEIN Latvia sport nutrition, который получен с применением технологии фирмы HALECO (Германия). В его состав входят следующие ингредиенты: белки — 90 %, углеводы — 4 %, жиры — 0, аминокислоты, соевый изолят или молочно-яичный протеин, витаминно-минеральный комплекс, вкусовой наполнитель.

На первом этапе эксперимент проводился на 3-х группах животных: 1-я — интактные, 2-я — животные с белковой нагрузкой и 3-я — нагрузка раствором NaCl + KCl (70 ммоль/л). Третья группа животных была исследована в связи с тем, что такое же количество данных солей содержались в белке, который вводился.

При нагрузке белком (1 г белка на 3 мл воды): 1-й группе вводили воду, 2 — й раствор белка; 3-й — раствор

солей, через 1 час после введения собиралась моча и проводилась водная нагрузка 5 мл/100г м.т. всем 3-м экспериментальным группам. В следующие 2 часа собиралась моча за каждый час отдельно.

Результаты исследований и их обсуждения

При изучении почечного функционального резерва у здоровых лиц с помощью нагрузки мясным белком наблюдался рост клубочковой фильтрации (КФ). Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) в среднем составляла $15,7 \pm 2,2$ %, что свидетельствует о сохранении и физиологически достаточном ФРП, при чем наблюдалось повышение скорости клубочковой фильтрации от $120 \pm 8,4$ до $150 \pm 9,3$ мл/мин, то есть СКФ растет в среднем на $\% = +26,6 \pm 7,5$. При этом росла достоверно и экскреция белка с мочой: базальная составляла $12,2 \pm 1,6$ мг/л, а при стимуляции белком — $32,1 \pm 4,9$ мг/л.

Известно, что у здоровых людей нагрузка белком вызывает повышение КФ от 10–20 % до 60 % и больше [1, 2, 3, 6]. Прирост клубочковой фильтрации связывают с включением в работу нефронов, которые не функционировали раньше («молчаливые»). При этом, отсутствие повышения КФ в ответ на белковую нагрузку является непрямым свидетельством того, что все имеющиеся нефроны уже в восходящем состоянии выполняет максимальную функциональную нагрузку и, следовательно, резерва фильтрации нет.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что выявление резервов фильтрации методом острой пероральной нагрузки белком является реально осуществимым, доступным в клинической практике тестом, хотя и требует некоторых условий, в частности со стороны пищеварительного тракта, которые бы позволяли употребление такого количества мяса.

В дальнейшем возник вопрос относительно того, ФРП присущ исключительно людям, или, возможно, такая реакция почек возникает и у животных. Изучения почечного функционального резерва в условиях белковой нагрузки проводили в несколько этапов с целью выяснения и подбора оптимальной дозы белка для изучения данного показателя.

Животные второй группы, которые поддавались белковой нагрузке, в первый час мочи не дали, на 2-й и 3-й час в них количество мочи было значительно меньше, чем в интактных и тех, которым вводили солевой раствор (табл. 1).

Экскреция NO_2 на втором часу была приблизительно в 2 раза меньше по сравнению с исходящей, а на 3-й час резко растет, и превышала NO_2 в 3-й группы в 16 раз ($p < 0,001$), а по сравнению с исходящим уровнем почти в 26 раз ($p < 0,001$). Аналогичная ситуация с динамикой NO_3 : на 2-й час она меньше выражена, чем у контрольных групп, а на 3-й растет, а у контрольных животных падает (табл.1). Показатель экскреции креатинина ($E_{\text{кр}}$) на 2-й

час у крыс после белковой нагрузки незначительно был выше, чем у двух других групп. На 3-й час у всех животных наблюдалось повышение $E_{\text{кр}}$.

Немного увеличивается экскреция белка у животных 2-й и 3-й группы на 3-й час исследования, достоверно изменялась экскреция K^+ и Na^+ .

Установлено также, что экскреция калия у «белковых» крыс на 2-й час в 3 раза превышает таковую у животных, которым вводился раствор солей ($p = 0,05$) и в 6 раз в интактных ($p < 0,01$). На третий час экскреция калия у второй и первой групп снижается, а в третьей растет (табл.1).

Экскреция натрия у «белковых» крыс в 3,2 раза выше таковой в 3-й группы («солевые») и 4,3 раза — чем в 1-й группы (интактные) ($p < 0,05$). На третий час в 1-й и 3-й группе экскреция натрия несколько повышается, а в 2-й группе снижается, однако достоверных расхождений не выявлено.

Во вторую серию экспериментов включили 2 группы животных: 1-я — после белковой нагрузки и 2-я — после введения животным солей натрия и калия. Через 2 часа после введения проводилась водная нагрузка. Моча собиралась совместно за первые 2 часа и за 3-й и 4-й час. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Схема эксперимента позволила выучить взаимосвязь между содержанием в моче ионов NO_2^- , NO_3^- и Na^+ , K^+ , Cr^- , а также диурезом.

Схема эксперимента позволила выучить взаимосвязь между содержанием в моче ионов NO_2^- , NO_3^- и Na^+ , K^+ , Cr^- , а также диурезом.

Результаты исследований показали, что наблюдается позитивная тесная корреляция между выделением данных ионов и диурезом у животных обеих групп на 3–4 час после нагрузки. Для «белковых» крыс — коэффициент корреляции равняется 0,97, а для «солевых» — он равняется 0,88. В течение первых двух часов такая же ситуация характерна для белковых животных. В этой же группе животных наблюдалось увеличение количества ионов NH_3^+ при росте выделения ионов NO_2^- , NO_3^- , коэффициент корреляции равняется 0,79.

У интактных животных для данных показателей корреляции не наблюдалось.

Вывод

Таким образом, предложенная белковая нагрузка и способ определения почечного функционального резерва у крыс дают возможность выявить наличие ПФР и является достаточно стандартизированной и удобной методикой для использования в дальнейших физиологических и патофизиологических исследованиях.

Что касается использования малобелковых диет у нефрологических больных, то при этом следует учитывать влияние белка на функциональное состояние нефрона.

Таблица 1. Функция почек у крыс на протяжении 3-х часов после нагрузки белковым препаратом Protein и раствором солей KCl+NaCl (70 ммоль/л) ($M \pm m$)

Показатели	Группы	1-й час	2-й час	3-й час
Диурез, мл	1) интактные n=5	2,840±0,462	5,460±0,629	4,960±0,504
	2) «белковые» n=5	0±0	2,310±0,570 $p_{1-2} < 0,05$	1,333±0,267 $p_{1-2} < 0,01$ $p_{2-3} < 0,05$
	3) «солевые» n=5	1,266±0,618	3,300±1,194	2,190±0,385 $p_{1-3} < 0,05$
Экскреция NO_2^- , мкмоль	1) интактные n=5	0,552±0,119	1,588±0,262	0,676±0,087
	2) «белковые» n=5	0±0	0,743±0,140	18,850±3,081 $p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$
	3) «солевые» n=5	1,242±0,400	1,250±0,794	1,144±0,835
Экскреция NO_3^- , мкмоль	1) интактные n=5	1,217±0,241	2,677±0,143	2,288±0,256
	2) «белковые» n=5	0±0	1,042±0,274 $p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,05$	3,820±3,581
	3) «солевые» n=5	4,562±1,787	3,013±0,051	2,164±0,265
Экскреция Cr, мкмоль	1) интактные n=5	0,0098±0,0010	0,0096±0,0003	0,0122±0,0030
	2) «белковые» n=5	0±0	0,0101±0,0010	0,0551±0,0460
	3) «солевые» n=5	0,0061±0,0010 $p_{1-3} < 0,05$	0,0056±0,0016 $p_{1-3} < 0,05$	0,0085±0,0010
Экскреция білку, мкмоль	1) интактные n=5	1,239±0,1940	1,247±0,2430	1,029±0,1181
	2) «белковые» n=5	0±0	1,5250±0,4460	2,0358±0,5690
	3) «солевые» n=5	0,766±0,2778	0,976±0,1880	2,571±0,9350
Экскреция K^+ , мкмоль	1) интактные n=5	0,193±0,0079	0,180±0,0202	0,164±0,0362
	2) «белковые» n=5	0±0	1,102±0,310 $p_{1-2} < 0,01$ $p_{2-3} = 0,05$	0,453±0,030 $p_{1-2} < 0,01$
	3) «солевые» n=5	0,4256±0,155	0,409±0,128	0,777±0,211 $p_{1-3} < 0,05$
Экскреция Na^+ , мкмоль	1) интактные n=5	0,0218±0,0110	0,0320±0,0106	0,0358±0,0140
	2) «белковые» n=5	0±0	0,1380±0,0510 $p_{1-2} < 0,05$	0,0463±0,0200
	3) «солевые», n=5	0,0132±0,0080	0,0430±0,0161	0,2412±0,1970

Примечание:

p_{1-2} — степень достоверности отличий показателей, которые изучаются, между первой и второй группами животных;
 p_{1-3} — степень достоверности отличий показателей, которые изучаются, между первой и третьей группами животных;
 p_{2-3} — степень достоверности отличий показателей, которые изучаются, между второй и третьей группами животных;
n — количество подопытных животных.

Таблица 2. **Функция почек у крыс на протяжении 4-х часов у двух групп (после белковой нагрузки препаратом Protein и раствором солей KCl+NaCl (70 ммоль/л) (M±m)**

Показатели	Группы	1–2-й час	3–4-й час
Диурез, мл/100 г/мин	«белковые», n=8	0,0024±0,00040	0,0150±0,00229
	«солевые», n=8	0,0060±0,00088	0,0296±0,00098 p<0,0001
Экскреция NO ₂ ⁻ , мкмоль	«белковые», n=8	1,3925±0,1513	2,2643±0,2450
	«солевые», n=8	0,6343±0,083	2,2440±0,586 p<0,01
Экскреция NO ₃ ⁻ , мкмоль	«белковые», n=8	0,9486±0,0531	1,4570±0,2570
	«солевые», n=8	0,7093±0,0836	1,4920±0,1560 p<0,05
Экскреция Сг, мкмоль	«белковые», n=8	0,0060±0,0006	0,0211±0,0130
	«солевые», n=8	0,00490±0,0007	0,00866±0,0005
Экскреция белка, мг	«белковые», n=8	1,076±0,113	2,027±0,167
	«солевые», n=8	1,134±0,161	3,247±0,823
Экскреция, K ⁺ , мкмоль	«белковые», n=8	0,7605±0,0939	0,5920±0,0590
	«солевые», n=8	0,4349±0,0836	0,6210±0,0584 p<0,05
Экскреция Na ⁺ , мкмоль	«белковые», n=8	0,125±0,0171	0,159±0,0370
	«солевые», n=8	0,435±0,0836	0,107±0,0320 p<0,01
Экскреция ТА, мкмоль	«белковые», n=8	0,1268±0,047	0,3760±0,071
	«солевые», n=8	0,234±0,0437	0,484±0,0423
Экскреция NH ₃ , мкмоль	«белковые», n=8	0,0227±0,0047	0,0544±0,0220
	«солевые», n=8	0,1198±0,0390	0,0598±0,0140 p<0,05

Примечание: p – степень достоверности отличий показателей, которые изучаются у опытных групп животных между 1–2 и 3–4 часами исследования;

n – количество подопытных животных.

Литература:

1. Григорьева Н.Д., Кучер А.Г., Спиридонов В.Н., Васильев А.Н. Динамика концентрации общего белка и альбумина сыворотки крови у больных, находящихся на хроническом гемодиализе при длительном приеме соевого изолята «Supro 760» // Нефрология. 1999. Т. 3, № 1. С. 83–87.
2. Кучер А.Г., Есаян А.М., Шишкина Л.И. Влияние нагрузок растительным и животным белком на функциональное состояние почек у здоровых людей // Нефрология. 1997. Т.1, № 2. С. 79–84.
3. Кучер А.Г., Есаян А.М., Никогосян Ю.А., Ермаков Ю.А., Каюков И.Г. Воздействие однократных нагрузок умеренными дозами соевого и мясного белка на деятельность почек у здоровых добровольцев // Нефрология. 1998. Т.2, № 2. С. 52–56.
4. Кучер А.Г., Иванина Т.А., Евтеева Е.А., Григорьева Н.Д. Значение концентрации сывороточного преальбумина (транстретина) как показателя состояния питания у гемодиализных больных // Нефрология. 2001. Т. 5, № 4. С. 9–16.
5. Лифшиц Н.Л., Николаев А.Ю. Применение диеты с различным содержанием белка в сочетании с кетоаналогами незаменимых АК при лечении ХПН. Современное состояние проблемы // Терапевтический архив. 1999. № 1. С. 74–78.
6. Мухин Н.А., Дедов И.И., Шестакова М.В. Функциональные почечные резервы у больных сахарным диабетом // Терапевтический архив. 1990. № 2. С. 107–110.

7. Рябов С.И., Кучер А.Г., Григорьев Н.Д., Каюков И.Г. Влияние различных режимов малобелковой диеты на прогрессирование хронической почечной недостаточности и показатели состояния питания на додиализном этапе // Терапевтический архив. 2001. № 6. С. 10–15.
8. Brenner В.М. Hemodynamically mediated glomerular injury and the progressive nature of kidney disease // *Kidney Intern.* 1983. Vol. 23, № 4. P. 647–655.
9. Burtin M., Laouari D. Vascular endothelial cells synthesize nitric oxide from L-arginine // *American Journal of Physiology.* 1994. Vol. 266, № 5, Pt5. P. F 746 – F 755.

Население мелких млекопитающих приречного соснового бора по р. Бии и его ближайших окрестностей

Макаров Александр Владимирович, аспирант
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

В данной работе приводятся сведения по населению мелких млекопитающих в двух разных, по степени антропогенной нагрузки, районах приречного соснового бора: окрестности г. Бийска и окрестности с. Усятское. Показано, что состав доминирующих видов этих двух районов достаточно сильно различается. В окрестностях г. Бийска, как в лесных, так и в открытых биотопах доминируют представители широколиственно-лесного и степного фаунистических комплексов, в то время как, лесные виды микромаммалий занимают подчиненное положение. В окрестностях с. Усятское, в лесных экосистемах преобладают представители таежного фаунистического комплекса, а в открытых, состав основных доминантов по фаунистической принадлежности имеет смешанный вид.

Ключевые слова: *мелкие млекопитающие, численность, доминант, субдоминант, антропогенная нагрузка, рекреация, окрестности г. Бийска, окрестности с. Усятское.*

Мелкие млекопитающие являются удобным модельным объектом для проведения многих зоологических исследований. Как мониторинговые виды, они широко распространены в разных местообитаниях, вносят весомый вклад в обмен веществ в экосистемах, обладают высокой чувствительностью к негативным воздействиям и быстро реагируют на изменение окружающей среды. Помимо этого, они занимают важное место в трофических цепях, являясь важнейшим пищевым объектом для многих пушных зверей и пернатых хищников, в конечном итоге способствуя сохранению биологического разнообразия экосистем. Будучи важным компонентом любого природного сообщества, мелкие млекопитающие способствуют поддержанию и распространению природно-очаговых инфекций. Особенно это актуально в лесной зоне, где широко распространено такое опасное заболевание, как клещевой энцефалит. Как известно, многие виды грызунов и насекомоядных являются основными прокормителями личиночных стадий переносчика этого заболевания — иксодового клеща, поэтому информация об их распространении имеет не только научный, но и практический интерес.

Материал и методика

Материалом для настоящего сообщения послужили результаты исследований, проведенных с 2009 по 2012 гг.,

в приречном сосновом бору по р. Бии и его ближайших окрестностях. Отлов мелких млекопитающих проводился на территории двух участков: в сосновом бору, находящемся непосредственно на границе с селитебными ландшафтами города Бийска, и на расстоянии 30 км к востоку от города в окрестностях с. Усятское. В окрестностях г. Бийска работы велись с 2009 по 2011 гг., преимущественно с мая по ноябрь, на территории пяти граничащих друг с другом биотопов (для данной работы взяты результаты учетов только за июль и август).

Сосновый бор. Основная лесообразующая порода — сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), местами встречаются береза повислая (*Betula pendula* Roth) и осина обыкновенная (*Populus tremula* L.). Подлесок представлен черемухой (*Prunus padus* L.), калиной обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) и рябиной сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.). Вследствие высокой антропогенной нагрузки, главным фактором которой, выступает рекреация и рубка леса, травяно-кустарниковый ярус здесь невысокий и разреженный, почва, не прикрытая травяным пологом, сухая. Подстилка, состоящая из хвои и листьев, неглубокая, а местами полностью отсутствует.

Березовый лес. Располагается на южной опушке соснового бора, на границе с суходольными лугами и пастбищами. Основная лесообразующая порода представлена березой повислой, единично встречаются осина и сосна обыкновенная. В подлеске произрастают рябина сибир-

ская и калина обыкновенная. Травостой развит лучше, чем в предыдущем биотопе, местами достаточно густой и высокий (до 60–70 см), а кое-где и разрежен. Почва завалена полусгнившими стволами березы, подстилка более глубокая, чем в сосновом бору, состоит из опавшей листвы и отмершей травы. Рекреационная нагрузка данного биотопа выражена в меньшей степени, представлена она сбором грибов и ягод, главным образом во вторую половину лета и осенью.

Разнотравный луг. Расположен на опушке березового леса. Древесный ярус представлен одиночно стоящими березами. На окраине лугового участка развит березовый и осиновый подрост. Характерен хорошо развитый травянистый ярус, местами достаточно высокий и густой с преобладанием разнотравья. Подстилка рыхлая, представлена в основном опавшей листвой и частично сухой травой. Антропогенная нагрузка не отличается от таковой в березовом лесу, представлена она в основном рекреационной составляющей, выраженной во второй половине лета и осенью.

Пастбища, перемежающиеся с березовыми колками. Занимают обширные пространства к югу от соснового бора, местами разрежены сельскохозяйственными полями и сенокосами. В колках древесный ярус представлен березой повислой. Вследствие интенсивного выпаса, травянистый покров, представленный разнотравно-злаковыми ассоциациями, низкорослый и разреженный (не превышает 10–15 см). Почва сухая и местами полностью оголена. На открытых местах подстилка полностью отсутствует, а в колках состоит из листового опада.

Агроценоз (поле гречихи). В колке расположенной рядом, древесный ярус представлен только березой повислой, а древесные кустарники и кустарники отсутствуют. Как видно из названия, основной травянистой культурой является гречиха съедобная (*Fagopirum esculentum* Moench.). По краю поля развит высокий и сомкнутый травостой, носящий разнотравно-злаковый характер. Рекреационная нагрузка в течение летнего периода близка к нулю.

На участке боровой ленты, расположенной в отдалении от города, работы велись в 2012 году, с 20 июля по 31 августа, при этом были выделены три биотопа.

Сосновый бор. Древесный ярус полностью состоит из сосны обыкновенной. Характерен хорошо развитый подлесок, состоящий из черемухи обыкновенной, рябины сибирской, клена (*Acer* sp.) и др. Травяной покров достаточно густой и разнообразный по видовому составу, состоит из разнотравья, зарослей брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и костяники (*Rubus saxatilis* L.), злаковых растений. Подстилка рыхлая и глубокая, состоящая в основном из хвои.

Березовый лес. Травостой представлен в основном березой повислой, с небольшой примесью осины. В данном биотопе хорошо развит травяно-кустарниковый ярус, основу которого составляет карагана кустарниковая (*Caragana frutex* L.), образующая густые и высокие за-

росли затеняющие почву. Почва при этом захлаплена полусгнившими остатками деревьев и кустарников. Подстилка благодаря густоте древесно-кустарникового яруса, распределена равномерно и достигает значительной толщины.

Разнотравный луг. По своим микроклиматическим условиям он сходен с луговым участком в окрестностях г. Бийска. Вследствие отсутствия рекреационной нагрузки, травяной покров здесь более высокий и сомкнутый, что создает более благоприятные условия для обитания мелких млекопитающих.

Мелких млекопитающих отлавливали стандартным методом ловчих канавок, длиной 50 м, в которых через каждые 10 м размещались конуса [1; 2]. Для предотвращения возможного поедания зверьками друг друга, а также их порчи, каждый конус на четверть высоты заливался 4 % раствором формальдегида. В качестве конусов нами использовались пластиковые 5-ти литровые бутылки с отрезанным доньшком.

За единицу учета были приняты уловы зверьков в пересчете на 100 конусо-суток. Оценка обилия зверьков дана по шкале балльных оценок численности, предложенной А.П. Кузякиным [3]: редкие виды – 0,1–0,9; обычные виды – 1–9; многочисленные виды – 10–99. Степень доминирования оценивалась по следующей шкале: доминанты – 10 % и более, субдоминанты – 5–10 %, второстепенные виды – менее 5 %. Фоновыми считались виды, доля которых в населении мелких млекопитающих по обилию составляла не менее 1 особи на 100 к/с [4].

Результаты и их обсуждение

Всего за период исследований было отработано 3067 конусо-суток и отловлено 1886 экземпляров мелких млекопитающих. Выявлено наличие 18 видов, из них 6 видов насекомоядных и 12 видов грызунов (табл. 1).

В обоих исследуемых районах боровой ленте среди мелких млекопитающих преобладают грызуны. Так, в окрестностях г. Бийска на их долю приходилось 84,8 %, причем по годам заметна тенденция уменьшения участия в сообществах грызунов и увеличения насекомоядных, что мы связываем с увеличением влажности в 2010 и 2011 годах. В окрестностях с. Усятское, доля насекомоядных в сообществах заметно выше – 35,4 % против 15,2 % в бору у Бийска (табл. 2). Это может связано с тем, что обследованные биотопы в данном районе отличаются более густым и сомкнутым травостоем, отлично затеняющим почву и создающим влажный микроклимат, а также более мощной и рыхлой почвенной подстилкой, что создает благоприятные условия для обитания бурозубок.

С максимальным обилием мелкие млекопитающие населяют участок боровой ленте расположенный у с. Усятское, там же отмечено наибольшее видовое разнообразие и число фоновых видов (табл. 3). Во всех трех биотопах эти показатели несравненно выше, чем в их аналогах, расположенных в черте г. Бийска. В последних, популяции

Таблица 1. Видовой состав мелких млекопитающих Бийского приречного соснового бора и его ближайших окрестностей

Вид	Количество животных	
	Окрестности г. Бийска	Окрестности с. Усятское
Обыкновенная бурозубка (<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758)	+	++
Тундряная бурозубка (<i>S. tundrensis</i> Merriam, 1900)	+	++
Средняя бурозубка (<i>S. caecutiens</i> Laxmann, 1788)	+	+++
Равнозубая бурозубка (<i>S. isodon</i> Turov, 1924)	-	+
Малая бурозубка (<i>S. minutus</i> Linnaeus, 1766)	+	++
Сибирская белозубка (<i>Crocidura sibirica</i> Dukelsky, 1930)	+	+
Степная мышовка (<i>Sicista subtilis</i> Pallas, 1733)	+	+
Лесная мышовка (<i>S. betulina</i> Pallas, 1775)	+	+
Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1778)	+++	+
Восточноазиатская мышь (<i>A. peninsulae</i> Thomas, 1907)	-	+
Малая лесная мышь (<i>A. uralensis</i> Pallas, 1811)	+	+
Мышь-малютка (<i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771)	+++	++
Красная полевка (<i>Clethrionomys rutilus</i> Pallas, 1779)	+	+
Красно-серая полевка (<i>C. rufocanus</i> Sundevall, 1846)	+	+++
Обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778)	++	++
Узкочерепная полевка (<i>M. gregalis</i> Pallas, 1778)	+++	+++
Темная полевка (<i>M. agrestis</i> Linnaeus, 1758)	+	+++
Полевка-экономка (<i>M. oeconomus</i> Pallas, 1778)	+	+
Видов	16	18

Примечание: +++ доминант; ++ субдоминант; + второстепенный вид.

явно испытывают негативный пресс со стороны антропогенной нагрузки и в первую очередь рекреации, о чем свидетельствует их более низкая численность. Среди биотопов, расположенных в окрестностях г. Бийска, наиболее оптимальные условия для мелких млекопитающих сложились на агроценозе, где наблюдается максимальное относительное обилие зверьков (100,2 особей на 100 к/с), а также в березовом лесу и разнотравном лугу, отличающихся высоким видовым и фоновым разнообразием. На агроценозе, высокий и сомкнутый покров гречихи обес-

печивает зверьков обилием корма, а также надежно защищает их от многочисленных пернатых хищников, кроме того данный биотоп практически не посещается людьми в течение всего летнего периода. В березовом лесу и на лугу более низкий показатель численности, вероятно, является следствием скудных кормовых возможностей биотопов, а также возросшей степени беспокойства со стороны человека, однако разнообразие растительных ассоциаций и обилие насекомых привлекает сюда большее число видов, многие из которых формируют здесь фон со-

Таблица 2. Соотношение основных групп мелких млекопитающих в исследуемых районах, %

Район	Год	Грызуны	Насекомоядные
Окрестности г. Бийска	2009	89,8	10,2
	2010	87,7	12,3
	2011	75,7	24,3
	2009–2011	84,8	15,2
Окрестности с. Усятское	2012	64,6	35,4

Таблица 3. Относительное обилие, видовое разнообразие и число фоновых видов мелких млекопитающих в сосновом бору по р. Бии и его ближайших окрестностях

Биотоп	Показатель численности (ос. на 100 к/с)	Видовое разнообразие	Число фоновых видов
Окрестности г. Бийска (2009–2011 гг.)			
Сосновый бор	23,8	11–13	3–9
Березовый лес	42,3	12–14	10–11
Разнотравный луг	51,9	12–15	7–14
Пастбища	49,2	9–12	6–9
Агроценоз	100,2	10–11	7–9
Окрестности с. Усятское (2012 г.)			
Сосновый бор	89,8	17	14
Березовый лес	74,2	15	14
Разнотравный луг	115,6	17	13

общества. В этом отношении наименее оптимальным местообитанием для многих видов грызунов и насекомоядных является сосновый бор, где вследствие высокой рекреационной нагрузки, растительный покров отличается высокой степенью стоптанности и разреженности, а почвенная подстилка образует лишь тонкий слой, а кое-где и вовсе отсутствует. По суммарному обилию зверьков, данный биотоп в два раза уступает расположенным по соседству – березовому лесу и разнотравному лугу (табл. 3).

Сравнительный анализ сообществ мелких млекопитающих в местообитаниях подверженных рекреационной нагрузке и на территориях, где воздействие со стороны человека минимально, свидетельствует о довольно высоком различии, как в суммарной численности и видовом разнообразии, так и в распределении доминирующих видов.

На участке соснового бора, находящемся непосредственно в черте г. Бийска, группу доминантов, в среднем за три года, составляют узкочерепная (14,2 %), темная (13,3 %) и обыкновенная полевки (10,8 %) (табл. 4). Содоминируют им обыкновенная бурозубка и мышь-малютка (по 9,2 %), средняя бурозубка (8,3 %), малая бурозубка и красная полевка (по 7,5 %), а также тундрная бурозубка (5,0 %). Показатель численности первых трех видов, составляющих основу данного сообщества, соответствует рангу обычных в 2009 и 2010 годах и редких в 2011 году. В окрестностях с. Усятское группа доминантов заметно меняется, лидируют многочисленные здесь средняя бурозубка (18,0 особей на 100 к/с) и красно-серая полевка

(17,6), а также темная полевка (14,6). Кроме того, в качестве обычных видов отмечены обыкновенная бурозубка (8,3) и мышь-малютка (5,4), являющиеся здесь субдоминантами.

Таким образом, степень различия микротериофаун этих двух сообществ довольно высока. В антропогенно нарушенном участке соснового бора лидируют в основном степные и лесостепные виды – узкочерепная и обыкновенная полевки, численное преобладание которых обеспечивается высокой плодовитостью и массовым расселением из суходольных лугов и пастбищ расположенных южнее. Типичные лесные виды, вследствие неблагоприятных экологических условий местообитания (разреженный травяной покров, сухость почвы, тонкий слой почвенной подстилки), а также в силу своей более низкой репродуктивной стратегии, не могут составить достойную конкуренцию летним расселяющимся видам, поэтому их численность здесь невысока. Участок соснового бора в окрестностях с. Усятское отличается более благоприятными микроклиматическими условиями: сомкнутость крон и густой травостой обеспечивают необходимую влажность почвы, а также мощность и рыхлость почвенной подстилки. Благодаря этому, здесь численно преобладают представители типичной лесной фауны (средняя бурозубка, красно-серая и темная полевки), а узкочерепная и обыкновенная полевки хоть и проникают сюда, но занимают второстепенное положение. Помимо различий, между этими двумя территориями соснового бора

Таблица 4. Численность и соотношение видов мелких млекопитающих в сосновом бору (июль – август)

Вид	Окрестности г. Бийска				Окрестности с. Усятское	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009–2011 гг.	2012 г.	
	к/с	к/с	к/с	%	к/с	%
Узкочерепная полевка	7,4	1,1	0,7	14,2	1,5	1,6
Темная полевка	4,2	4,0	0,7	13,3	14,6	16,3
Обыкновенная полевка	6,9	-	-	10,8	4,4	4,9
Обыкновенная бурозубка	2,1	1,1	3,6	9,2	8,3	9,2
Мышь-малютка	3,2	2,3	0,7	9,2	5,4	6,0
Средняя бурозубка	2,6	1,1	2,1	8,3	18,0	20,1
Малая бурозубка	-	0,6	5,7	7,5	2,9	3,3
Красная полевка	2,6	2,3	-	7,5	2,0	2,2
Тундряная бурозубка	2,6	-	0,7	5,0	4,4	4,9
Малая лесная мышь	1,1	0,6	0,7	3,3	1,5	1,6
Лесная мышовка	0,5	0,6	0,7	2,5	3,9	4,3
Полевая мышь	0,5	1,1	-	2,5	0,5	0,5
Красно-серая полевка	-	1,1	0,7	2,5	17,6	19,6
Степная мышовка	0,5	-	0,7	1,7	-	-
Полевка-экономка	-	1,1	-	1,7	1,5	1,6
Сибирская белозубка	0,5	-	-	0,8	0,5	0,5
Равнозубая бурозубка	-	-	-	-	0,5	0,5
Восточноазиатская мышь	-	-	-	-	2,4	2,7
Всего особей	66	30	24	120	184	
Численность на 100 к/с	34,9	17,1	17,1	23,8	89,8	

есть и общие черты, к числу которых можно отнести наличие в числе доминантов темной полевки, а также сравнительно высокое обилие таких видов, как обыкновенная бурозубка и мышь-малютка (табл. 4).

В березовом лесу у г. Бийска, картина распределения доминирующих видов аналогична таковой в сосновом бору. Однако, в связи с небольшой площадью и расположением на границе с луго-полевыми ландшафтами, степень доминирования видов, предпочитающих открытые местообитания, здесь выше. Первым лидером по обилию выступает мышь-малютка (16,2 %), во все годы исследований становившаяся обычным видом (5,1–8,1); немного уступает ей полевая мышь (14,0 %), обычная в первые два года работ (1,0–7,0) и многочисленная в 2011 году (11,0). Третьим доминантом в условиях березового леса является узкочерепная полевка (11,3 %), как и первый вид, она всегда была обычна (2,7–7,2). Уступают лидерам в суммарном обилии такие лесные виды, как обыкновенная (9,5 %) и малая бурозубки (9,0 %), а также темная (8,1 %) и красная полевки (5,9 %). Наряду с ними, доминантный вид соснового бора – обыкновенная полевка, здесь занимает всего лишь содоминирующее положение (7,7 %). В березовом лесу у с. Усятское соотношение доминирующих видов существенно различается. Лидируют по обилию здесь обыкновенная (14,5 %) и средняя бурозубки (13,2 %), причем первая является многочисленной (10,7), а вторая обычна (9,8). Помимо первых двух лидеров, ядро сообщества составляют также узкочерепная

полевка (8,8), малая бурозубка и темная полевка (по 7,8) и красно-серая полевка (7,3). Группу субдоминантов составляют мышь-малютка (5,4) и тундряная бурозубка (3,9).

Вероятно, резкое различие в распределении доминирующих видов связано в первую очередь с экологическими условиями местообитаний. Березовый лес в окрестностях с. Усятское отличается необычным развитием кустарникового яруса, который образует сплошной полог, отлично затеняющий почву и создающий влажный микроклимат с обилием насекомых. Естественно, такие условия наиболее благоприятны для обитания бурозубок и лесных видов полевок, которые получили здесь широкое распространение. Виды, характерные для открытых биотопов избегают подобных мест. Мышь-малютка, будучи первым доминантом березняка в окрестностях г. Бийска, сократила свое обилие здесь вдвое (с 16,2 до 7,2 %), а обилие второго доминанта – полевой мыши сократилось с 14,0 % до 2,0 %, что соответствует показателю второстепенного вида. Исключение составляет узкочерепная полевка, которая сохранила свое доминирующее положение в сообществе, за счет высокой численности на опушке березового леса на границе с с/х полями. Также необходимо отметить, низкое обилие в данном районе обыкновенной и красной полевок, занимающих в сообществе второстепенное положение, в то время как, в черте г. Бийска они были субдоминантами. Если в случае с обыкновенной полевкой это можно объяснить причинами, описанными

Таблица 5. Численность и соотношение видов мелких млекопитающих в березовом лесу (июль – август)

Вид	Окрестности г. Бийска				Окрестности с. Усятское	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009–2011 гг.	2012 г.	
	к/с	к/с	к/с	%	к/с	%
Мышь-малютка	5,1	8,1	7,6	16,2	5,4	7,2
Полевая мышь	1,0	7,0	11,0	14,0	1,5	2,0
Узкочерепная полевка	7,2	2,7	4,1	11,3	8,8	11,8
Обыкновенная бурозубка	3,6	3,2	5,5	9,5	10,7	14,5
Малая бурозубка	1,0	2,7	9,0	9,0	7,8	10,5
Темная полевка	5,1	3,8	0,7	8,1	7,8	10,5
Обыкновенная полевка	6,2	1,1	2,1	7,7	3,4	4,6
Красная полевка	3,1	2,2	2,1	5,9	1,5	2,0
Тундряная бурозубка	0,5	0,5	5,5	4,5	3,9	5,3
Лесная мышовка	2,1	0,5	2,1	3,6	1,5	2,0
Малая лесная мышь	0,5	3,2	0,7	3,6	1,0	1,3
Полевка-экономка	1,5	1,6	0,7	3,1	2,4	3,3
Красно-серая полевка	-	1,6	2,1	2,7	7,3	9,9
Средняя бурозубка	-	-	1,4	0,9	9,8	13,2
Степная мышовка	-	-	-	-	1,5	2,0
Всего особей	72	71	79	222	152	
Численность на 100 к/с	36,9	38,4	54,5	42,3	74,2	

выше, то второстепенное положение красной полевки, с одной стороны, объясняется низкой ее численностью в 2012 году, а с другой, возможной конкуренцией со стороны более крупной красно-серой полевки.

На разнотравном лугу в окрестностях г. Бийска лидируют те же виды, что и в березняке, только обилие их здесь выше. На долю мыши-малютки приходится 21,0 %, по показателю численности она была обычна в 2009 году и многочисленна в 2010 и 2011 годах. Второе и третье места занимают узкочерепная полевка (19,1 %) и полевая мышь (15,6 %) (табл. 6). Первая была многочисленна в 2009 и 2011 годах, но при этом был резкий спад ее численности в 2010 году, произошедший вероятно, по причине затопления весенних и летних стадий (пастбища и с/х поля) тальми снеговыми водами в ранневесенний период. В это время зверьки были вынуждены концентрироваться на небольших свободных от воды возвышенностях, где в отсутствие высокого травянистого покрова, они быстро становились добычей для многочисленных пернатых хищников [5]. В отличие от узкочерепной полевки, полевая мышь была обычна в 2009 и 2011 годах, но многочисленна в 2010 году. С одной стороны, значительный рост ее численности в этом году объясняется общим подъемом популяционного населения после явного спада в первый год работ, а с другой, именно чрезвычайная подвижность зверьков [6], стала причиной отсутствия высокой смертности в популяции ранней весной, что ставит полевую мышь в менее зависимое положение от неблагоприятных климатических факторов. Помимо лидеров, в число субдоминантов данного сообщества входят обыкновенная бурозубка (8,4 %), обык-

новенная полевка (6,9 %) и темная полевка (5,3 %), которые по показателю численности всегда были обычны. На участке разнотравного луга у с. Усятское наиболее многочисленным видом является узкочерепная полевка (28,8), компанию ей в группе доминантов составляют также многочисленные – обыкновенная полевка (17,1) и темная полевка (12,2). Обычными видами в данном биотопе являются субдоминанты, среди которых числится мышь-малютка (9,8), а также малая (9,3), тундряная и средняя бурозубки (по 8,3). В отличие от аналогичного биотопа с более выраженной рекреационной нагрузкой, обыкновенная бурозубка здесь малочисленна и второстепенна (5,4 особей на 100 к/с; 4,6 %). Особенностью лугового сообщества в окрестностях с. Усятское является тот факт, что доминант здешних лесных биотопов – красно-серая полевка, занимает всего лишь второстепенное положение (3,8 %) (табл. 6).

Как видно из табл. 6, состав лугового сообщества мелких млекопитающих в западной и восточной частях боровой ленты достаточно сильно различается. Сходство этих двух биотопов можно отметить только на примере узкочерепной полевки, которая в равной степени доминирует как у г. Бийска, так и в отдалении от него. Мышь-малютка и полевая мышь, будучи доминантами пригородного лугового участка, в окрестностях с. Усятское сокращают свое обилие (мышь-малютка становится субдоминантом, а полевая мышь – второстепенным видом). Обратное явление наблюдается на примере обыкновенной и темной полевки, являясь субдоминантами лугового участка у г. Бийска, к востоку от него, они начинают занимать лидирующее положение в сообществе, совместно с узкоче-

Таблица 6. Численность и соотношение видов мелких млекопитающих на участке разнотравного луга (июль – август)

Вид	Окрестности г. Бийска				Окрестности с. Усятское	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009–2011 гг.	2012 г.	
	к/с	к/с	к/с	%	к/с	%
Мышь-малютка	3,6	11,4	21,6	21,0	9,8	8,4
Узкочерепная полевка	12,3	3,8	15,2	19,1	28,8	24,9
Полевая мышь	2,6	14,0	8,0	15,6	2,0	1,7
Обыкновенная бурозубка	6,7	1,6	4,8	8,4	5,4	4,6
Обыкновенная полевка	6,7	2,7	-	6,9	17,1	14,8
Темная полевка	-	6,5	1,6	5,3	12,2	10,5
Малая бурозубка	0,5	2,7	4,0	4,2	9,3	8,0
Средняя бурозубка	0,5	1,1	4,8	3,4	8,3	7,2
Полевка-экономка	1,5	1,6	2,4	3,4	4,4	3,8
Тундряная бурозубка	-	1,6	4,0	3,1	8,3	7,2
Лесная мышовка	0,5	1,6	3,2	3,1	0,5	0,4
Красная полевка	1,0	1,6	0,8	2,3	1,0	0,8
Степная мышовка	0,5	1,1	1,6	1,9	2,0	1,7
Малая лесная мышь	-	2,2	-	1,5	1,5	1,3
Красно-серая полевка	0,5	0,5	-	0,8	4,4	3,8
Равнозубая бурозубка	-	-	-	-	0,5	0,4
Сибирская белозубка	-	-	-	-	0,5	0,4
Всего особей	72	100	90	262	237	
Численность на 100 к/с	36,9	54,1	72,0	51,9	115,6	

репной полевкой составляя ядро териокомплекса. Как было замечено ранее, биотопы в окрестностях с. Усятское отличаются сравнительно высокой численностью бурозубок, эта закономерность нашла свое отражение и на разнотравном лугу, где в число субдоминантов попали тундряная, средняя и малая бурозубки.

Изучение населения мелких млекопитающих пастбищ и с/х полей проводилось только в окрестностях г. Бийска (табл. 7, 8). На пастбищах, лидирующую группу в целом за три года составили: узкочерепная полевка (31,5%), мышь-малютка (23,6%) и обыкновенная полевка (14,3%). Динамика численности первых двух видов имеет сходный вид: они многочисленны в 2009 году (11,6–27,1); затем в 2010 году, по причине крайне негативных весенних условий последовал спад (4,3–6,2) и снова подъем в 2011 году, когда численность мыши-малютки возросла в 5,6 раза (от 4,3 до 24,0 особей на 100 к/с), а численность узкочерепной полевки в 2 раза (от 6,2 до 12,5 особей на 100 к/с). В противовес первым двум видам, обыкновенная полевка была многочисленна только в 2009 году (16,8), после которого в популяции, по всей видимости, возникла эпизоотия, выкосившая большую часть зверьков во всех обследованных биотопах, располагающихся в черте г. Бийска (табл. 7). Уступают лидерам в суммарном обилии полевая мышь (8,4%) и тундряная бурозубка (6,9%). В данном случае следует обратить внимание на *Arodemus agragi*, невысокий процент участия которой, вызывает удивление, особенно учитывая, что в вышеописанных

пригородных биотопах, она всегда была одним из лидеров териокомплексов. Данный факт, возможно, объясняется ее приуроченностью к увлажненным высокотравным стадиям [7; 8], в то время как, влагообеспеченность пастбищ, вследствие высокой инсоляции и разреженности растительного покрова, не в полной мере удовлетворяет потребности вида в сочной и зеленой пище.

В окрестностях г. Бийска, агроценоз (поле гречихи) по своим кормовым и защитным качествам одно из самых оптимальных мест для мелких млекопитающих, суммарная численность которых в благоприятные годы была выше 100 особей на 100 к/с. Доминирующую группу составляют мышь-малютка (35,4%), полевая мышь (24,9%) и узкочерепная полевка (21,1%), а их суммарная доля в сообществе гречишного поля составила 81,4%. Данные виды во все годы работ были многочисленными, максимальные показатели которых, однако, в разные годы имели различные величины. Так, наибольшая численность мыши-малютки наблюдалась в 2011 году (59,2), а полевой мыши и узкочерепной полевки – в 2009 году (28,2–33,8). Исключение составляет динамика численности последней, популяция которой, весной 2010 года, из-за затопления основных стадий талой снеговой водой, понесла огромные потери, в результате чего численность узкочерепной полевки во второй половине лета соответствовала статусу обычного вида (3,2). Однако затем, благоприятные условия перезимовки и отсутствие стрессующих факторов весной следующего года, создали предпосылки для

Таблица 7. Численность и соотношение видов мелких млекопитающих на пастбищах (июль – август)

Вид	Окрестности г. Бийска			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009–2011 гг.
	к/с	к/с	к/с	%
Узкочерепная полевка	27,1	6,2	12,5	31,5
Мышь-малютка	11,6	4,3	24,0	23,6
Обыкновенная полевка	16,8	0,6	2,1	14,3
Полевая мышь	3,2	6,8	1,0	8,4
Тундряная бурозубка	3,9	0,6	7,3	6,9
Степная мышовка	2,6	1,2	2,1	3,9
Темная полевка	3,2	0,6	2,1	3,9
Малая лесная мышь	0,6	1,8	-	2,0
Обыкновенная бурозубка	0,6	0,6	1,0	1,5
Малая бурозубка	1,3	-	1,0	1,5
Красная полевка	-	1,2	-	1,0
Лесная мышовка	0,6	-	-	0,5
Красно-серая полевка	-	0,6	-	0,5
Полевка-экономка	0,6	-	-	0,5
Всего особей	112	40	51	203
Численность на 100 к/с	72,3	24,7	53,1	49,2

Таблица 8. Численность и соотношение видов мелких млекопитающих на агроценозе (июль – август)

Вид	Окрестности г. Бийска			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009–2011 гг.
	к/с	к/с	к/с	%
Мышь-малютка	20,0	35,7	59,2	35,4
Полевая мышь	28,2	24,9	20,0	24,9
Узкочерепная полевка	33,8	3,2	28,0	21,1
Тундряная бурозубка	1,0	6,5	9,6	5,1
Обыкновенная полевка	8,7	1,6	0,8	4,2
Степная мышовка	2,1	2,7	2,4	2,4
Малая бурозубка	-	2,2	3,2	1,6
Красная полевка	1,0	2,7	0,8	1,6
Темная полевка	3,1	0,5	-	1,4
Обыкновенная бурозубка	1,0	-	2,4	1,0
Полевка-экономка	1,5	-	0,8	0,8
Малая лесная мышь	0,5	1,1	-	0,6
Всего особей	197	150	159	506
Численность на 100 к/с	101,0	81,1	127,2	100,2

увеличения численности данной полевки к июлю-августу до 28,0 особей на 100 к/с (табл. 8). Обособленность данного биотопа от других ландшафтов и однообразие основного корма явились главными причинами низкого обилия других видов, среди которых только тундряная бурозубка достигает здесь численности, позволившей ей стать субдоминантом (5,1 %). Основной доминирующий вид сельскохозяйственных земель Северной Евразии – обыкновенная полевка [9; 10], на агроценозе в окрестностях г. Бийска малочисленна, а ее положение в сообществе второстепенно (4,2 %).

Таким образом, такие показатели как обилие зверьков, видовое разнообразие, фоновый состав и набор доминирующих видов в биотопах, находятся в прямой зависимости от уровня рекреационной нагрузки и экологических условий местообитания. Все эти показатели максимальны в восточной части боровой ленты в окрестностях с. Усятское, в то время как, в черте г. Бийска они соответственно имеют меньшие значения. В группе биотопов подверженных воздействию человека, как уже было сказано выше, наибольшее суммарное обилие зверьков отмечено на агроценозе (100,2), но при этом, там наблюдается

Таблица 9. Соотношение доминирующих видов мелких млекопитающих в различных районах приречного соснового бора по р. Бии, %

Район	Закрытые биотопы (сосновый бор, березовый лес)	Открытые биотопы (луг, пастбища, агроценоз)
Окрестности г. Бийска	Мышь-малютка (13,7) Узкочерепная полевка (12,3) Полевая мышь (9,9) Темная полевка (9,9) Обыкновенная бурозубка (9,4) Обыкновенная полевка (8,8) Малая бурозубка (8,5) Красная полевка (6,4)	Мышь-малютка (29,0) Узкочерепная полевка (22,8) Полевая мышь (19,0) Обыкновенная полевка (7,0)
Окрестности с. Усятское	Средняя бурозубка (17,0) Красно-серая полевка (15,2) Темная полевка (13,7) Обыкновенная бурозубка (11,6) Малая бурозубка (6,5) Мышь-малютка (6,5) Узкочерепная полевка (6,3) Тундряная бурозубка (5,1)	Узкочерепная полевка (24,9) Обыкновенная полевка (14,8) Темная полевка (10,5) Мышь-малютка (8,4) Малая бурозубка (8,0) Тундряная бурозубка (7,2) Средняя бурозубка (7,2)

Примечание: *В окрестностях с. Усятское группа открытых биотопов представлена только разнотравным лугом.

бедное видовое разнообразие (от 10 до 11) и как следствие, низкое число фоновых видов (от 7 до 9). Противоположная ситуация наблюдается в биотопах переходного типа — в березовом лесу и на разнотравном лугу. При суммарной численности микромаммалий, в 2 раза уступающей таковой на агроценозе (42,3–51,9), эти биотопы отличаются самым высоким видовым разнообразием (от 12 до 15 видов), среди которых 10–11 видов составляют фон в березняке и 7–14 на лугу. При увеличении рекреационной нагрузки, приводящей к деградации травяного покрова, наиболее сильно уменьшаются такие показатели, как общая численность зверьков и количество фоновых видов, что мы и наблюдали в сосновом бору (табл. 3). На основании этого можно заключить, что антропогенная нагрузка и рекреация в частности, является фактором больше влияющим на суммарную численность животных и на количество видов составляющих фон сообщества, чем на видовое разнообразие. Последнее при этом больше зависит от продуктивности и разнообразия растительных ассоциаций, а также от окрестных ландшафтов.

Анализ видового разнообразия и биотопического распределения мелких млекопитающих в антропогенно нарушенных местообитаниях, и на территориях, где воздействие человека на популяции минимально, свидетельствует о довольно высоком различии рассматриваемых районов. В черте г. Бийска, сообщества мелких млекопитающих из лесных биотопов, и местообитаний открытого типа, по составу доминирующих видов имеют высокую степень сходства. В обоих типах лидируют в основном виды широколиственно-лесного (мышь-малютка и полевая мышь) и степного (узкочерепная по-

левка) фаунистических комплексов [11], а содоминирует им обыкновенная полевка. Основное отличие между ними состоит в том, что в лесных биотопах, за счет добавления в число доминантов и субдоминантов представителей таежного комплекса (темная и красная полевки), а также видов одинаково свойственных нескольким комплексам (обыкновенная и малая бурозубки) [12], процент доминирования основных лидеров меньше. В окрестностях с. Усятское складывается иная картина распределения доминантов. Основу населения в закрытых лесных биотопах составляют представители таежного фаунистического комплекса (средняя бурозубка, красно-серая и темная полевки), а также обыкновенная бурозубка. В то время как, на разнотравном лугу, доминирующая группа по фаунистической принадлежности имеет более разнообразный вид. Здесь численно преобладает характерный представитель степей — узкочерепная полевка, немного уступают ей обыкновенная полевка (широколиственно-лесной вид) и темная полевка (таежный вид) (табл. 9).

Отсутствие различий между открытыми и закрытыми биотопами, располагающихся в окрестностях г. Бийска, с одной стороны, объясняется близким взаиморасположением обследованных биотопов, а с другой своеобразными экологическими условиями обитания в последних. Повышенная рекреационная нагрузка, и как следствие, стрессовый и разреженный растительный покров, сухость почвы, а также незначительный слой почвенной подстилки создают неблагоприятные микроклиматические условия для лесных видов микромаммалий. В то же время, виды свойственные открытым ландшафтам, за счет более высокой плодовитости и экологической пластичности, ко

второй половине лета достигают высокой численности и массово заселяют близлежащие лесные биотопы, вытесняя, таким образом, здешних представителей.

Подытоживая вышеуказанное, можно констатировать, что основное ядро населения мелких млекопитающих пригородных лесных и лесостепных экосистем, составляют мышь-малютка, узкочерепная полевка, полевая мышь и обыкновенная полевка. Первые два вида в большинстве случаев занимали лидирующее положение в сообществах. Из них, мышь-малютка численно преобладала в березовом лесу, на разнотравном лугу и на агроценозе; узкочерепная полевка в сосновом бору и на пастбищах. Для полевой мыши наиболее благоприятными биотопами оказались: агроценоз, березовый лес и разнотравный луг, наименее подходят для нее пастбища и сосновый бор. Противоположная биотопическая при-

уроченность наблюдалась у обыкновенной полевки, которая преобладала в сосновом бору и на пастбищах, а в остальных местообитаниях занимала содоминирующую позицию. Лесные виды мелких млекопитающих (бурозубки, полевки рода *Clethrionomys*) во всех сообществах были в подчиненном положении, и только темная полевка составляла конкуренцию лидерам в сосновом бору. На участке боровой ленты расположенной к востоку от города, выделить общие доминирующие виды трудно, состав доминирующих видов меняется там, в зависимости от экологических условий местообитания. Если в лесных биотопах преобладают представители таежного фаунистического комплекса (средняя и обыкновенная бурозубки, красно-серая и темная полевки), то на разнотравном лугу лидирующая группа кардинально меняется в пользу узкочерепной и обыкновенной полевок.

Литература:

1. Попов В.А. Методика и результаты учета мелких лесных млекопитающих в Татарской АССР // Труды об-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те. — 1945. — Т. 57. — Вып. 1—2.
2. Наумов Н.П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и мед. зоологии. — 1955. — Т. 9.
3. Кузякин А.П. Зоогеография СССР // Учен. зап. Моск. пед. ин-та им. Н.К. Крупской. — 1962. — Т. 109. — С. 3—182.
4. Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Факторная зоогеография. — Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского гос. ун-та. — 2006. — 169 с.
5. Макаров А.В. Характеристика населения мелких млекопитающих в антропогенных ландшафтах окрестностей Бийска (Алтайский край) // Молодой ученый. — 2011. — Т. 1. — № 3. — С. 110—119.
6. Карасева Е.В., Тошигин Ю.В. Грызуны России. — Москва: Изд-во РАН. — 1993. — 166 с.
7. Виноградов Б.С., Громов И.М. Грызуны фауны СССР. — М.-Л.: Изд-во АН СССР. — 1952. — 297 с.
8. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий (Зайцеобразные и грызуны). — Спб. — 1995. — 522 с.
9. Максимов А.А. Сельскохозяйственное преобразование ландшафта и экология вредных грызунов. — М.-Л.: «Наука». — 1964. — 239 с.
10. Неронов В.М., Хляп Л.А., Тупикова Н.В., Варшавский А.А. Изучение формирования сообществ грызунов на пахотных землях Северной Евразии // Экология. — 2001. — № 5. — С. 355—362.
11. Кучерук В.В. Степной фаунистический комплекс млекопитающих и его место в фауне Палеарктики // География населения наземных животных и методы его изучения. — М.: Изд-во АН СССР. — 1959. — С. 45—87.
12. Кулик И.Л. Сравнительный анализ фаунистических комплексов млекопитающих (Mammalia) лесной части Северной Евразии // Териология. — 1974. — Т. 2. — С. 151—161.

Таксономический анализ отдела папоротникообразные (*Pteridophyta*) Кавказского экорегиона по известным флористическим сводкам

Цыбулина Маргарита Владимировна, студент
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

Отдел Папоротникообразные (*Pteridophyta*) относится к древнейшей таксономической группе растений, известной с девонского периода. Расцвета они достигли в конце палеозойской начале мезозойской эры,

когда были представлены большим разнообразием жизненных форм и видов и распространены на всех континентах земного шара. Наибольшую роль в сложении растительного покрова Земли играли крупные древовидные

Таблица 1. Соотношение количества семейств, родов и видов по известным флористическим сводкам

Автор	Семейство	Род	Вид
А. А. Гроссгейм (Кавказ)	6	24	61
Конспект флоры Кавказа (Кавказ)	13	29	71
И. С. Косенко (Северо-Западный Кавказ)	5	22	42
А. С. Зернов (Северо-Западный Кавказ)	18	27	50
А. И. Галушко (Северный Кавказ)	8	23	43

папоротники, входившие в состав каменноугольных лесов. В настоящее время папоротникообразные в биосфере насчитывают более 10 тысяч видов и около 300 родов.

На сегодняшний день приобретает особую актуальность проблема изучения и охраны биоразнообразия в связи с растущим антропогенным воздействием на природные и полуприродные экосистемы Кавказа, в частности лесные, водные и петрофитные, которые являются основными местообитаниями для папоротникообразных флоры региона. Поэтому, важность и необходимость проведения изучения папоротникообразных естественной флоры Кавказа не вызывают сомнений, поскольку полученные результаты позволят решить не только чисто научные вопросы в таксономии, географии и экологии растений, но и значительно улучшить эффективность хранения генофонда папоротников в регионе.

Для изучения данного вопроса было составлено и обработано 5 баз данных по следующим определителям А.А. Гроссгейм «Определитель растений Кавказа» (1949), И.С. Косенко «Определитель высших растений Северо-Западного Кавказа и предкавказья» (1970), А.И. Галушко «Определитель флоры Северного Кавказа» том 1 (1978), А.С. Зернов «Определитель флоры Северо-Западного Кавказа» (2006) и А.Л. Тахтаджян «Конспект флоры Кавказа» том 1 (2003).

В базе данных составленной по определителю растений Кавказа А.А. Гроссгейма мы можем выделить шесть семейств отдела *Pteridospermae* (Папоротникообразные) класса *Filicales* (Папоротники) всего в них описывается 61 вид. Самое многочисленное семейство *Polypodiaceae* R. Br. (Папоротниковые) в которое входит 18 родов и 52 вида [Гроссгейм, 1949, с. 26–34]. Следующая база данных составлена по определителю растений Северо-Западного Кавказа И.С. Косенко в ней выделяется пять семейств отдела *Polypodiophyta* (Папоротникообразные) класса *Polypodiatae* (Папоротниковидные), где описывается 42 вида. В этом определителе в семействе *Polypodiaceae* R. Br. (Многоножковые) большее количество родов 17, а видов 37 [Косенко, 1970, с. 14–21]. В базе данных составленной по определителю растений Северного Кавказа А.И. Галушко выделяются восемь семейств, в которых отмечается 43 вида типа *Polypodiophyta*. Наибольшее количество видов 22 и 8 родов в семействе *Aspidiaceae* Mett. ex Frank (Аспидиевые) [Галушко, 1978, с. 29–39]. В базе

данных, составленной по данным определителя растений Северо-Западного Кавказа А.С. Зернова, выделяются восемнадцать семейств, а в них 50 видов. В данной флористической сводке автор использует сильную раздробленность семейств для описания видов растений, поэтому выделение наиболее многочисленных семейств по родам и видам не будет объективным [Зернов, 2006, с. 67–79]. В базе данных составленной по определителю растений Кавказа А.Л. Тахтаджяна *phylum Polypodiophyta* (Папоротниковидные), *classis Polypodiopsida* (Папоротниковидные) насчитывается тринадцать семейств, в которых описан 71 вид. Семейство *Dryopteridaceae* R.-C. Ching (Щитовниковые) насчитывает 8 родов и 28 видов [Тахтаджян, 2003, с. 152–173]. Сравнивая данные флористов по региону, констатируем большие разногласия в таксономии родов видов и семейств (таблица 1).

По результатам анализа исследуемых флористических сводок изучения папоротникообразных природной флоры Кавказа установлено, что в целом для территории региона приводится 13 семейств, в которых выделяется 29 родов и всего насчитывается 73 вида растений этой группы.

В частности, семейство *Adiantaceae* Newm. насчитывает 2 вида из 1 рода (*Adiantum capillus-veneris* L., *A. raddianum* C. Presl) семейство *Aspleniaceae* Newm. представлена 3 родами и 10 видами (*Asplenium adiantum-nigrum* L., *A. daghestanicum* Christ, *A. hermanni-christii* Fomin, *A. ruta-muraria* L., *A. septentrionale* (L.) Hoffm., *A. trichomanes* L., *A. viride* Hudson, *A. woronowii* H. Christ, *Ceterach officinarum* Willd., *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman) семейство *Blechnaceae* (C.Presl) Copel. представлена 1 родом и 1 видом (*Blechnum spicant* (L.) Roth) семейство и *Dryopteridaceae* R.-C. Ching насчитывает 8 родов в которые входят 30 видов (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *A. fulix-femina* (L.) Roth, *Cyrtomium falcatum* (L.f.) C.Presl, *Cystopteris dickieana* R. Sim, *C. fragilis* (L.) Bernh., *C. montana* (Lam.) Desv., *C. regia* (L.) Desv., *C. sudetica* A.Br. et Milde, *Dryopteris affinis* (Lowe) Fraser-Jenkins, *D. alexeenkoana* Fomin, *D. atrata* (Wall.) R.-C. Ching, *D. carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *D. dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *D. expansa* (C.Presl) Fraser-Jenkins et Jerny, *D. filix-mas* (L.) Schott s.l., *D. liliana* Golits., *D. oreades* Fomin, *D. raddeana* (Fomin) Fomin, *D. remota* (A.Br. ex Doll) Druce, *D. villarii* (Bell.) Woyнар ex Schinz et Thell., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *G. robertianum* (Hoffm.) Newman, *Matteuccia struthiopteris* (L.)

Tod., *Onoclea sensibilis* L., *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *P. braunii* (Spenn.) Fee, *P. kadyrovii* A. Askerov et A. Bobr., *P. lonchitis* (L.) Roth, *P. setiferum* (Forssk.) Moore ex Woynar, *P. woronowii* Fomin) семейство *Hymenophyllaceae* Link включает себя 1 род и 1 вид (*Hymenophyllum tunbridgense* (L.) Smith) семейство *Marsileaceae* Mirb. представлена 2 видами из 1 рода (*Marsilea quadrifolia* L., *M. strigosa* Willd.) семейство *Ophioglossum* L. насчитывает 6 видов из 2 родов (*Botrychium lunaria* (L.) Sw., *B. matricariifolium* A. Br. ex W.D. J. Koch, *B. multifidum* (S. G. Gmel.) Rupr., *B. virginianum* (L.) Sw., *Ophioglossum lusitanicum* L., *O. vulgatum* L.) семейство *Osmundaceae* Bercht. et J. Presl включает в себя 1 род 1 вид (*Osmunda regalis* L.) семейство *Polypodiaceae* Bercht. et J. Presl насчитывает 3 вида из 1 рода (*Polypodium australe* Fee, *Polypodium interjectum* Shivas, *Polypodium vulgare* L.) семейство *Pteridaceae* Reichenb. представлена 6 родами и 9 видами (*Anogramma leptophylla* (L.) Link, *Cheilanthes persica* (Bory) Mett., *Cheilanthes pteridioides* C. Chr., *Cryptogramma crispera* (L.) R. Br. ex Hooker, *Notholaena marantae* (L.) Desv., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Pteridium tauricum* V. Krecz. ex Grossh., *Pteris cretica* L., *Pteris vittata* L.) семейство *Salviniaceae* T. Lestib. включает 1 род и 1 вид (*Salvinia natans* (L.) All.) семей-

ство *Thelypteridaceae* Pic.Serm. в которой насчитывается 3 рода и 3 вида (*Oreopteris limbosperma* (All.) Holub, *Phegopteris connectilis* (Michaux)Watt, *Thelypteris palustris* Schott) семейство *Woodsiaceae* (Diels) Herter представлен 1 род из 4 видов (*Woodsia alpina* (Bolt.) S.F. Gray, *Woodsia fragilis* (Trev.) Moore, *Woodsia glabella* R.Br., *Woodsia ilvensis* (L.) R.Br.). Ведущими по числу видов являются семейства *Dryopteridaceae* (30 видов), *Aspleniaceae* (10 видов) и *Pteridaceae* (9 видов).

В результате проделанной работы был получен окончательный список папоротникообразных Кавказского региона, что позволило систематизировать данный отдел и произвести описание видов по следующим критериям:

- биология вида;
- экология вида;
- география вида;
- ценотическая приуроченность вида;
- значение вида в природе и хозяйственной деятельности;
- охрана и воссоздание.

Для удобства был разработан унифицированный лист содержащий в себе всю вышеперечисленную информацию, что намного облегчает работу необходимыми данными (таблица 2).

Таблица 2. Шаблон унифицированного листа по сбору видового материала

Таксономия	
№	
Семейство:	
Род:	
Вид:	
Описан из ...	
Биология	
Жизненная форма:	
Сезон вегетации:	
Высота растения:	
Тип подземных побегов, корневища:	
Тип корневой системы:	
Тип стебля:	
Тип спороношения, месяц:	
Оплодотворение:	
Тип размножение:	
Способ распространения спор:	
Особенности морфологии:	
Хромосомное число:	
Экология	
Термоморфа:	
Гелиоморфа:	
Гидроморфа:	
Эдафоморфа	
кислотность почвы:	
засоленность почвы:	
содержание в почве карбонатов:	
содержание в почве азота:	

содержание в почве гумуса: аэрация почвы:	
География	
Ареал Мир: Россия: Кавказ: Западный Кавказ: Флористический элемент:	
Ценотоп	
Тип поясности: Ценотип: Синтаксономическая приуроченность: Роль вида в фитоценозе: Стратегия вида: Активность: Место в сукцессионных звенья: Консортивные связи:	
Значение	
Хозяйственное значение вида: Ландшафтное значение вида: Индикационное значение вида:	
Антропогенный фактор	
Фактор негативного влияния: Фактор положительного влияния: Отношение к урбанизации: Синантропность вида, инвазийность: Распространение вида в антропогенных экосистемах:	
Охрана и восстановление	
Охрана вида: Восстановление вида природное: антропогенное: Дополнительные сведения:	
Источники информации	

Литература:

1. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Ростов н/Д., 1978. Т. 1. 320 с.
2. Гроссгейм А.А. Определитель растений Кавказа. М., 1949. 747 с.
3. Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа. М., 2006. 664 с.
4. Конспект флоры Кавказа / отв. ред. А.Л. Тахтаджян. Т. 1 / под. ред. Ю.Л. Меницкого, Т.Н. Поповой. Спб., 2006. 204 с.
5. Косенко И.С. Определитель высших растений северо-западного Кавказа и Предкавказья. М., 1970. 613 с.

ЭКОЛОГИЯ

Биомониторинг озер Ильменского государственного заповедника

Кострюкова Анастасия Михайловна, кандидат химических наук, доцент;

Крупнова Татьяна Георгиевна, кандидат химических наук, доцент;

Машкова Ирина Вячеславовна, кандидат биологических наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

В настоящей работе представлены результаты исследования видового состава планктонного сообщества озер, расположенного на территории Ильменского государственного заповедника. Антропогенно-нарушенные участки акватории не оказывают влияния на экосистему озера. Результаты исследования показали, что озера можно рассматривать как эталонные при изучении других озерных систем южноуральского региона, испытывающих техногенную нагрузку.

Ключевые слова: фитопланктон, сапробность Ильменский государственный заповедник.

Одной из важных региональных экологических проблем является состояние водных экосистем. Многие водоемы Уральского региона (а их более 3,5 тысяч) испытывают усиленную антропогенную нагрузку, в связи с чем подвержены процессу эвтрофикации. Мониторинг и классификация водных объектов с целью постепенного улучшения качества воды и их экологического состояния требуют разработки методов оценки состояния водоемов.

В данной работе были исследованы озера, находящиеся на территории Ильменского государственного заповедника [1]. Они не испытывают существенной антропогенной нагрузки. Данные о качестве воды в озерах могут быть использованы в дальнейшем для сравнения и оценки уровня загрязненности озер, расположенных в тех же географических условиях, но имеющих рыбохозяйственное и хозяйственно-бытовое значение, а также подверженных загрязнению бытовыми и производственными стоками.

Биоиндикация — это оценка состояния среды с помощью живых объектов. В качестве одного из объектов биомониторинга используют фитопланктон. Он является важнейшим компонентом водных систем, активно участвует в формировании качества воды и является чутким показателем состояния водных экосистем и водоема в целом.

Оценка загрязненности природных вод по гидробиологическим показателям является одной из наиболее адекватных, так как в ее основе лежит многообразие реакций водных организмов на воздействие загрязняющих веществ. В частности нами была использована оценка по показательным организмам (сапробиологический анализ) по системе Сладечека. Главная трудность приме-

нения данного метода биоиндикации состоит в недостаточной разработанности таксономии водной флоры, так как списки видов — индикаторов, разработанные для Западной Европы, в климатических условиях Южного Урала должны применяться с поправками.

Биоразнообразие микроорганизмов разных экологических групп водного биоценоза является важным условием устойчивости существования экосистемы водоема и интенсивности протекающих в нем процессов самоочищения. На изменения, происходящие в водоеме, в том числе антропогенное загрязнение, биоценоз чутко реагирует изменением интенсивности и характера своего метаболизма, изменением видового состава. Поэтому метод биоиндикации успешно используется для изучения состояния водных экосистем.

Исследование проводилось на озерах: Савелькуль, Бараус, Ильменское, Аргаяш (рис. 1 и 2).

Исследования проводили в июне-июле 2012 г. во время учебной практики на территории научной базы Ильменского государственного заповедника УрО РАН. Для проведения исследований были выбраны станции в прибрежной зоне водоемов.

При отборе проб использовали батометр в соответствии с общепринятыми для альгологических исследований методами. Сгущение осуществляли осадочным способом. Использовали световые микроскопы с увеличением в 600 и 1000 раз. Виды, разновидности и формы водорослей идентифицировали по отечественным и зарубежным определителям [2].

Рассчитывали индексы сапробности по формуле (1) и определяли зону сапробности для водоема (таблица 1).

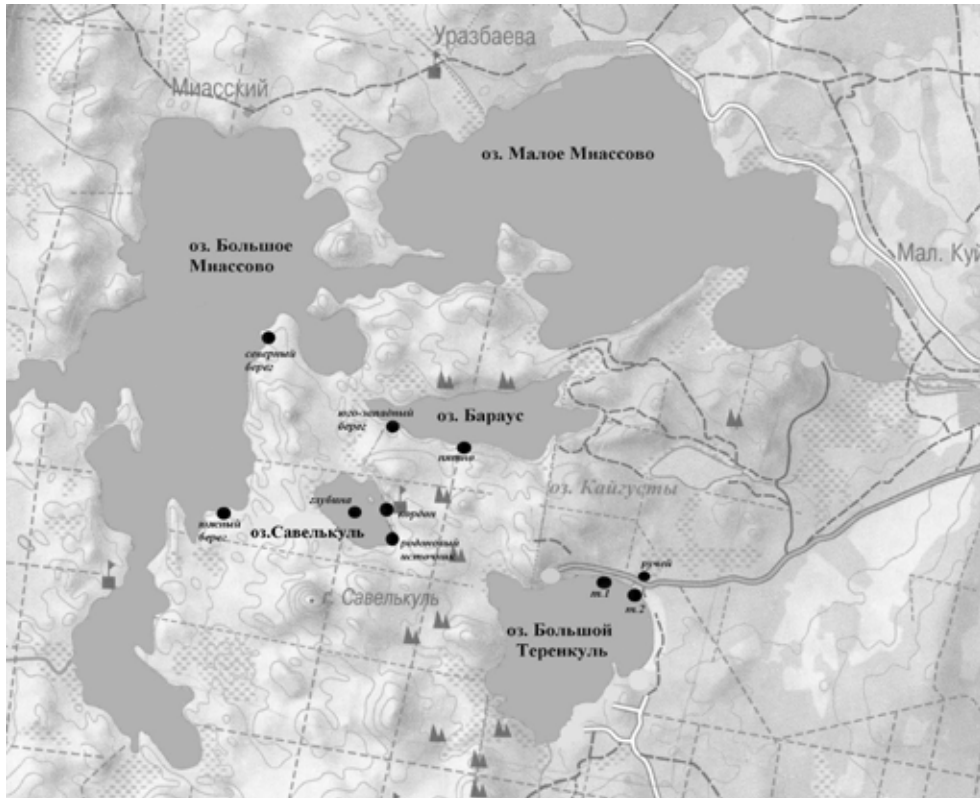


Рис. 1. Карта-схема озер Баргауз и Савелькуль

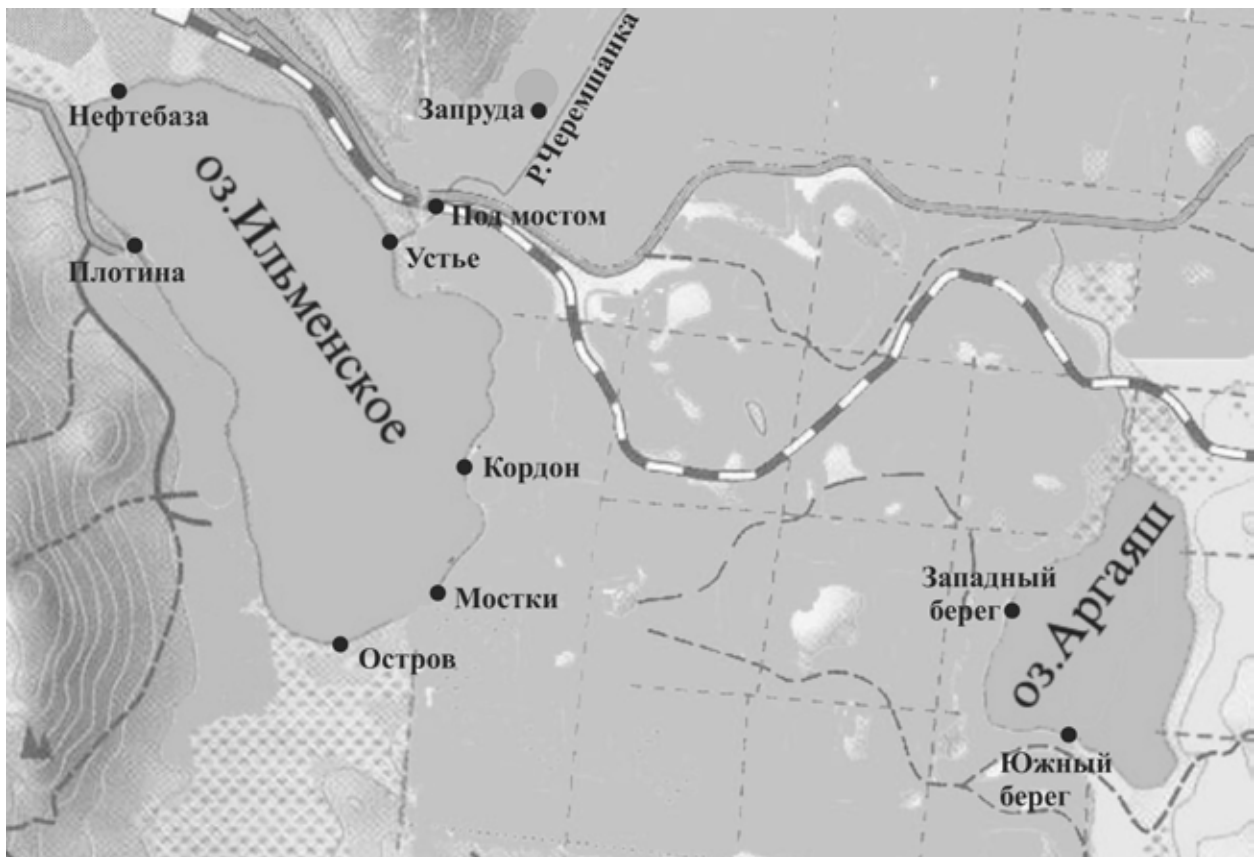


Рис. 2. Карта-схема озер Ильменского и Аргаяш

Таблица 1. Зоны сапробности

Значение индекса сапробности	Зоны сапробности	Степень загрязненности воды
0–0,50	ксеносапробная	очень чистая
0,51–1,50	олигосапробная	чистая
1,51–2,50	β-мезосапробной	умеренно загрязненная
2,51–3,50	α-мезосапробной	загрязненная
3,51–4,00	полисапробной	грязная

Таблица 2. Доминирующие виды фитопланктона

Название водоема	Доминирующие виды
Озеро Бараус	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Озеро Савелькуль	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Gloeotrichia echinulata</i>
Озеро Аргаяш	<i>Volvox sp.</i> , <i>Gloeotrichia echinulata</i>
Озеро Ильменское	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Asterionella formosa</i> , <i>Fragillaria crotonensis</i> , <i>Gloeotrichia echinulata</i> , <i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Anabaena lemmermanii</i> , <i>Anabaena hassalii</i> , <i>Volvox aureus</i>

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i}, \quad (1)$$

где S – индекс сапробности; S_i – индикаторная значимость вида i ; h_i – относительная численность вида; N – число видов-индикаторов.

Наиболее часто встречающиеся виды микроводорослей представлены в таблице 2.

Озеро Бараус расположено на территории заповедника и не испытывает антропогенную нагрузку, но принадлежит к β-мезосапробной зоне. Здесь наблюдалось частичное заболачивание прибрежных зон, поэтому можно предположить развитие процессов эвтрофикации водоема.

Озеро Савелькуль также расположено на территории заповедника и не испытывает антропогенную нагрузку. Для данного водоема индексы сапробности не превышают значения 1,50, что характеризует его как олигосапробный.

Озеро Аргаяш находится на заповедной территории, не испытывает антропогенного влияние, относится к β-мезосапробной зоне.

Озеро Ильменское расположено на южной границе Ильменского государственного заповедника и находится на административной территории г. Миасса. Заповедной является только небольшая часть юго-восточного побережья. На западном берегу озера расположены две базы отдыха, на северном – жилой поселок и нефтебаза.

По результатам сапробиологического анализ воды выяснили, что в целом класс качества воды озера Ильменское по степени сапробности оценивается как мезосапробное (индекс сапробности – 1,48), т.е. удовлетворительно чистая.

В целом, вода в исследуемых озерах достаточно чистая, относится к олиго и β-мезосапробным зонам, что обуславливается, главным образом, процессами самоочищения водоемов. На примере исследованных озер можно проследить естественные процессы при минимальном воздействии на человека.

Литература:

1. Буторина Л.А. Ильменский заповедник. – Челябинск: Уральское книжное издательство, 1991. – 159 с.
2. Сладечек В. Определитель фитопланктона. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 40 с.
3. Ходоровская Н.И. Физико-химические и гидробиологические методы исследования экологического состояния водоемов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 70 с.

Тяжелые металлы в почвах антропогенных ландшафтов Волгограда

Околелова Алла Ароновна, доктор биологических наук, профессор;
 Баева Елена Владимировна, старший преподаватель;
 Касьянова Алевтина Сергеевна, ассистент;
 Калининна Марина Александровна, студент;
 Тарасов Алексей Петрович, студент
 Волгоградский государственный технический университет

В крупных промышленных городах почвы испытывают хронический стресс, одной из причин которого является постоянное прогрессирующее поступление поллютантов. Пылегазовые выбросы химических предприятий и автомобильного транспорта создают мощные техногенные потоки тяжелых металлов, которые осаждаются на почвенный покров, вызывая негативные изменения его экологического состояния.

Для проведения сравнительной оценки антропогенной нагрузки нами были выбраны объекты, расположенные в различных по виду и интенсивности антропогенной эксплуатации ландшафтах: агроценозы (УНПЦ «Горная поляна», пашня и целина), в черте Волгограда – ботанический памятник природы «Григорова балка», окрестности ВолГАУ (аграрный университет), метеостанции, ВолГУ (университет), Соленого пруда, санитарно защитные зоны промышленного предприятия «ОРТЕХ». В почвах Григоровой балки нами ранее было изучено содержание тяжелых металлов [5]. В остальных объектах подобные исследования проводились впервые.

Тяжелые металлы определяли атомно-адсорбционным методом, на приборе «СПЕКТ-5–3» – Pb, Cd, Zn, Co, а концентрацию Hg – на приборе «Юлия-МК». Для оценки антропогенной нагрузки нами были определены валовые формы тяжелых металлов в гумусовых горизонтах исследуемых почв (табл. 1). Диапазон изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в исследуемых почвах и нормативы указаны в таблице 2.

Интенсивное поступление на почвенный покров тяжёлых металлов наблюдается не только на территории санитарно-защитных зон промышленных предприятий, но и в районах жилой застройки. Основная причина заключается в комплексном воздействии на почву и ландшафты стационарных (промышленные предприятия, бытовые отходы) и подвижных (транспорт) источников загрязнения.

Ртуть. Кларк ртути в почве не установлен, но по оценке В.В. Добровольского его значение составляет 0,12 [4]. Пределы колебаний в незагрязненных почвах ртути – 0,01–0,7 мг/кг [7].

Таблица 1. Валовое содержание химических элементов в почвах, мг/кг

Объект, тип почвы	Hg	Cd	Pb	Zn	Co
Григорова балка, лугово-каштановая, супесчаная	0,005	0,06	2,50	10,1	1,53
Григорова балка, лугово-каштановая, легкосуглинистая	0,006	0,06	2,93	12,8	1,73
УНПЦ «Горная поляна, светло-каштановая тяжелосуглинистая, пашня	0,027	0,09	7,1	19,0	2,85
УНПЦ «Горная поляна, светло-каштановая легкосуглинистая, целина	0,013	0,21	10,2	49,4	5,54
УНПЦ «Горная поляна, солонец тяжелосуглинистый	0,045	0,08	10,3	89,8	3,73
ВолГАУ, светло-каштановая легкосуглинистая	0,10	0,15	26,9	53,2	-
«ОРТЕХ», светло-каштановая легкосуглинистая	0,10	0,10	7,95	45,7	-
Метеостанция, светло-каштановая легкосуглинистая	0,10	0,10	12,0	83,6	-
ВолГУ, светло-каштановая легкосуглинистая	0,10	0,10	7,20	30,5	-
Соленый пруд, солончак гидроморфный тяжелосуглинистый	0,010	0,13	9,66	37,0	3,60

Таблица 2. Нормативы тяжелых металлов в почве, мг/кг [2]

Элемент	Max	Min	Кларк	Фон ¹	ПДК	ОДК
Hg	0,1	0,005	0,10	0,15	2,1	-
Cd	0,2	0,06	Нет	0,16	0,5	2
Pb	26,9	2,50	10	16	32	130
Zn	89,8	10,1	50	54	55	220
Co	5,54	1,53	8	12	-	-

Примечание: 1 – Письмо Минприроды РФ № 04–25, Роскомзема № 61–5678 от 27.12.93

В исследуемых почвах доля ртути невысока и составляет 0,005–0,10 мг/кг, наибольшая ее аккумуляция отмечена в светло-каштановых почвах урболандшафтов, наименьшая – в лугово-каштановой почве (табл. 1). Фоновые, кларковые значения и ПДК для ртути не превышены (табл. 2).

Кадмий. В черноземах России в поверхностном слое почвы его доля составляет 0,32 [5]. В исследуемом почвенном покрове его концентрация изменяется незначительно. Наименьшая его концентрация отмечена в лугово-каштановых почвах (0,06 мг/кг), наибольшая – в светло-каштановой целинной почве Горной поляны, равная 0,21 мг/кг, что превышает фон (табл. 2).

Свинец. В 1962 г.А. П. Виноградов предложил кларк свинца, равный 10 мг/кг [5]. Фоновое содержание свинца в почвах европейской части России составляет 15–50 мг/кг. Предельная концентрация для свинца изменяются от 30 до 35 мг/кг для почв России [5].

В почвах исследованных объектов доля свинца не превышает ПДК, ОДК, но отмечено превышение кларка на целине и в солонце Горной поляны, в почвах Метеостанции. Значительно превышает кларк и фон (26,9 мг/кг) доля свинца в светло-каштановой почве окрестностей ВолГАУ (табл. 1, 2). Минимальное содержание Pb – в лугово-каштановой супесчаной почве Григоровой балки (2,5 мг/кг).

Кобальт. Природное содержание кобальта в поверхностном почвенном слое изменяется в широких пределах: от 1 до 40 мг/кг [5]. Фоновое содержание кобальта в почвах Волгоградской области составляет 0,40–4,0 мг/кг [3].

В почвах исследуемых объектов фоновые, кларковые значения и ПДК для кобальта не превышены (табл. 1, 2). Наибольшее его содержание отмечено в светло-каштановой почве на целине (5,54 мг/кг), наименьшее – в лугово-каштановой супесчаной почве (1,53 мг/кг). Для кобальта значения ПДК и ОДК не определены, его концентрация не превышает ни кларка, ни фона.

Цинк. Кларк цинка по А.П. Виноградов составляет 10 мг/кг [4], для почв России – 85. Пределы колебаний в незагрязненных почвах цинка 10–300 мг/кг [7].

Фоновое содержание цинка в почвах Волгоградской области варьирует от 25 до 65 мг/кг [2]. Его концентрация в почвах колеблется в широком интервале, соответственно в лугово-каштановой супесчаной (10,1) и в солонце (89,8 мг/кг), что значительно выше кларка, фона и ПДК. Превышение кларка и фона (табл. 2) отмечено в светло-каштановой почве ВолГАУ (53,2 мг/кг) и метеостанции (83,6).

Ранее нами [8] был проведен мониторинг (2006–2009 гг.) концентрации валовых форм тяжелых металлов в лугово-каштановой почве Григоровой балки. Среднее содержание Hg составило 0,01, Cd – 0,13, Co – 1,64, Pb – 7,27, Zn – 11,65 мг/кг. В 2012 заметно снижение содержания всех исследуемых элементов в почве памятника природы.

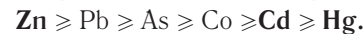
Наименьшее накопление всех исследуемых элементов в ряду изучаемых почв выявлено в почвах ботанического

памятника природы. В лугово-каштановой супесчаной их аккумуляция менее выражена, чем в лугово-каштановой легкосуглинистой за счет более легкого гранулометрического состава и меньшей сорбционной емкости.

Д.С. Орлов с соавторами [7] установил, что среднее содержание элементов в почве убывает в ряду:



Для почв Волгограда данная зависимость была впервые установлена нами ранее [7]. По полученным результатам был определен селективный ряд:



В исследуемых почвах эта зависимость сохраняется. Приоритетные места принадлежат Zn и Pb, среднее положение занимает Co, самые низкие концентрации наблюдаются у Cd и Hg. Селективность ионного обмена можно описать следующей последовательностью:



Установленную нами последовательность можно объяснить химическими свойствами элементов. Zn, Cd и Hg – элементы подгруппы цинка, полные аналоги. Соединения свинца амфотерны, что может свидетельствовать об их устойчивости при изменении окислительно-восстановительных условий [1].

Сорбция кадмия в щелочной среде снижается. Этим можно объяснить его меньшее содержание в почве по сравнению с цинком. Соединения кобальта растворимы, что объясняет его более высокую подвижность и меньшее содержание по сравнению с другими элементами левой части селективного ряда [1].

Выводы

1. Селективность ионного обмена описывается следующей последовательностью: $\text{Zn} \geq \text{Pb} \geq \text{Co} \geq \text{Cd} \geq \text{Hg}$ и обусловлена химическими свойствами элементов.

2. Концентрация кобальта и ртути ниже установленных для них нормативов. Наибольшее накопление кадмия в светло-каштановой целинной почве Горной поляны, равное 0,21 мг/кг, превышает фон. Отмечено превышение кларка свинца на целине и в солонце Горной поляны, в почвах метеостанции. Значительно больше кларка и фона (26,9 мг/кг) доля свинца в почве ВолГАУ. Аккумуляция цинка в почвах колеблется в широком интервале, наименьшая в лугово-каштановой супесчаной (10,1) и максимальная – в солонце (89,8 мг/кг). Эта величина значительно выше кларка, фона и ПДК. Превышение кларка и фона цинка отмечено в почве ВолГАУ (53,2 мг/кг) и метеостанции (83,6).

3. Наименьшее накопление всех исследуемых элементов в ряду изучаемых почв выявлено в почвах памятника природы. В лугово-каштановой супесчаной их аккумуляция менее выражена, чем в лугово-каштановой легкосуглинистой за счет более легкого гранулометрического состава и меньшей сорбционной емкости.

4. В 2012 заметно снижение содержания всех исследуемых элементов в почве памятника природы по сравнению с данными за период с 2006 по 2009 годы.

Литература:

1. Ахметов К.С. Неорганическая химия. М.: Высшая школа. 1969. — 640 с.
2. ГН 2.1.7.2041—06. Предельно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
3. Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н. Почвы Волгоградской области. Волгоград. Нижнее-Волжск. Кн. Изд-во. 1970. с. 320
4. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М. ACADEMIA. 2003. — 398с.
5. Мажайский Ю.А., Тобратов С.А., Дубенок Н.Н., Пожогин Ю.П. Агроэкология техногенно загрязненных ландшафтов. Смоленск. 2003. — 384 с.
6. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Калинин Е.Д. Валовые и подвижные формы тяжелых металлов в почвах Волгограда. Экология урбанизированных территорий. 2013. № 4. С. 45—48.
7. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. — М.: Изд-во МГУ: Высшая школа, 2005. — 558 с.
8. Спиридонова И.В., Околелова А.А., Кокорина Н.Г., Иванова А.С. Динамика изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах Волгограда. Плодородие. 2010. № 4. С. 42—43.

Нефтепродукты в почвах Волгограда

Околелова Алла Ароновна, доктор биологических наук, профессор,
Баева Елена Владимировна, старший преподаватель,
Мерзлякова Анна Сергеевна, аспирант,
Суркова Яна Валерьевна, студент
Волгоградский государственный технический университет

Объектом изучения послужил почвенный покров территории и окрестностей ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», которое расположено в южной части города. Почвенная толща площадки претерпела значительные изменения и представляет собой перемешано-насыпные культурные отложения тяжелого гранулометрического состава с трансформированным профилем, в некоторых местах с антропогенными включениями. Почвы окрестностей светло-каштановые.

Отбор почвенных проб проводили и их подготовку почвы к анализу проводили в соответствии с ГОСТом 17.4.4.02—84. С учетом интенсивности антропогенной нагрузки объекты были распределены по категориям: фон; жилой массив (объекты, расположенные на удалении 1—2 км от предприятия); санитарно-защитная зона (СЗЗ, объекты, расположенные на расстоянии 1 км по периметру от промзоны); промышленная зона.

За фон приняли окрестности дачного массива, расположенного на расстоянии 2 км от предприятия с наименьшей концентрацией нефтепродуктов за все годы исследования. Нефтепродукты в почве определяли по методике ПНД Ф 15.1.2:22—98 [8] на приборе АН-2 с экстракцией четыреххлористым углеродом [5].

При оценке степени загрязнения почв нефтепродуктами в качестве допустимого уровня используют величину, равную 1,0 г/кг, хотя ее обоснование отсутствует [6, 9, 10, 11]. По «Методике определения ущерба ...» [4] содержание нефти в почве в пределах 1 г/кг оценивают как

допустимое, 1—2 г/кг — низкое, 2—3 — среднее, 3—5 — высокое и более 5 — очень высокое.

В настоящее время введен показатель «допустимое ориентировочное содержание нефти и нефтепродуктов в почве (ДОСНП)». В соответствии с Приказом МПР России от 12.09.02. № 574 «Об утверждении Временных рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов ДОСНП после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ» рассматривают возможность установления региональных нормативов [7].

Естественные объективные причины значительно усложняют проблемунормирования нефти и нефтепродуктов в почвах: ее полифункциональность и гетерогенность, разнообразие химических форм связи поллютантов, способность живых организмов к адаптации, почв — к самовосстановлению и самоочищению. Вопрос нормирования нефтепродуктов в почве до настоящего времени остается открытым.

Органические соединения в почве представлены широким спектром неспецифических и специфических веществ. Под фоном предлагаем понимать наличие в любой незагрязненной почве неспецифических органических соединений и специфических — гумуса.

Ежегодный контроль почвы на территории предприятия проводили с 1994 по 2000 гды (табл. 1). Анализ фондовых данных позволил выявить, что концентрация нефтепродуктов выше норматива не только на территории предприятия, но и в санитарно-защитной зоне, и в жилом массиве [1, 2].

Таблица 1. Динамика изменения содержания нефтепродуктов в почве, мг/кг

Место отбора	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Промзона	1799	1020	935	1100	670	450	565
СЗЗ	677	270	175	305	190	230	210
Жилой массив	200	120	400	385	180	160	165

Из анализа таблицы 1 прослеживается закономерное снижение концентрации нефтепродуктов (НП) за семь лет, практически трехкратное их превышение в почвах промзоны по сравнению с почвами СЗЗ и жилого массива. Превышение установленного норматива выявлено повсеместно.

По данным М.И. Дергачевой с соавторами [3] полная трансформация почвенного покрова наблюдается в местах отсыпки минерального грунта под строительство объектов инфраструктуры. Локальная трансформация сопровождается химическим загрязнением, механическими нарушениями.

Нами за 4 года наблюдения с 2009 по 2012 годы выявлены следующие закономерности [5]. В почвах промзоны доля НП по сравнению с 1994–2000 годами существенно уменьшилась. Превышение концентрации нефтепродуктов выше установленного норматива (1 г/кг) выявлено на всех объектах (табл. 2).

Из анализа представленных данных отчетливо прослеживается снижение НП во всех зонах с 2009 к 2012 гг. Закономерность накопления НП сохраняется во все годы – минимум в фоновом участке, затем последовательное нарастание в жилом массиве, СЗЗ, промзоне. По имеющимся категориям их концентрация в почве оценивается как «очень высока» [4].

Фон. В почве дачного участка значение НП в почвах снижается практически вдвое – со 188 в 2009 году до 79 мг/кг – в 2012 году.

Жилой массив. В почвах жилого массива весной 2009 г. максимальное содержание НП около станции водоочистки (711 мг/кг), минимальные – у школы № 71 (333). Весной все показатели снижаются. 2010 г. Весной минимальные концентрации НП в почвах поселка Керамический (90 мг/кг), наибольшие – у школы № 71 (217), летом максимальны величины в почвах станции водоочистки (269 мг/кг), наименьшие (100) – у школы № 71. Меньше всего НП весной 2011 г. у школы № 71 (85 мг/кг), больше – у поселка Керамический (106), летом во всех объектах доля НП возрастает в 1,5–2 раза. Максимальная концентрация НП весной 2012 г. у поселка Керамический (205 мг/кг), минимальная – у школы № 71 (102). Летом у поселка Керамический их доля понижается до 76, у школы № 71 возрастает до 140 мг/кг [5].

Санитарно-защитная зона (СЗЗ). Весной 2009 г. минимальные значения НП в почве у стеллы «Волгоград» (308), максимальные – у причалов (693) и нефте-

базы (681), ДК «Царицын» (679). Летом все значения меньше, особенно резко снижение в почвах окрестностей очистных сооружений – с 438 до 93 мг/кг, а у ДК «Царицын» возрастают с 679 до 1185 мг/кг. Меньшая концентрация НП в течении 2010 года у нефтебазы, весной – 91, летом – 82 г/кг, максимальна весной – в окрестностях очистных сооружений (957), летом – у ДК «Царицын» (947 мг/кг. У стеллы «Волгоград» наименьшая доля НП весной 2011 года (69 мг/кг) и у причалов (53). Летом этого года отмечено значительное накопление НП, особенно у стеллы «Волгоград» – до 1222. Максимальная доля в оба сезона 2012 года у ДК «Царицын» – от 692 до 1190 мг/кг, минимальная весной – у нефтебазы (51 г/кг), летом – в окрестностях очистных сооружений равно 85 мг/кг [5].

По данным за 2011 г. и 2012 гг. доля НП в почвах СЗЗ (391 и 299) несколько превысила таковую в почвах промзоны (259 и 217 г/кг).

Промышленная зона. В таких объектах промзоны, как трубопроводы, реагентное хозяйство, резервуарный парк товарной продукции, площадка очистных сооружений концентрация НП за сезон 2009 года увеличивается. В резервуарных парках маслблока максимальна – летом – 5595 мг/кг. В остальных объектах доля НП к осени снижается [5].

В большей части почв объектов промзоны с весны к осени 2010 г. отмечено накопление НП: факельное хозяйство, установка селективной очистки, водоблоки, реагентное хозяйство, резервуарные парки маслблока и товарной продукции. Максимальное их содержание за год в почвах факельного хозяйства (640 мг/кг), минимальное (247) – у площадки очистных сооружений [5].

Изучение динамики варьирования накопления НП в почвах промзоны за 2011 г. выявило следующее [5]. Весной самые маленькие величины НП у резервуарного парка маслблока (95) и трубопроводов (89 мг/кг), наибольшие – у установки селективной очистки масел весной (537) и летом (596 г/кг). Летом наименьшая концентрация НП у резервуарных парков товарной продукции (130) и топливного блока (132), осенью – у трубопроводов (95) и резервуарного парка товарной продукции (106).

В промзоне в 2012 году наименьшая доля НП у парка товарной продукции, максимальная – у факельного хозяйства и установки селективной очистки масел [5].

За весь период наблюдений прослеживается накопление НП в зоне жилого массива у станции водоочистки,

Таблица 2. Динамика изменения концентрации нефтепродуктов в почвах, мг/кг

Зона	2009	2010	2011	2012
Рекреация, фон	188	160	75	79
Жилой массив	349	170	130	131
СЗЗ	445	278	391	299
Промзона	671	415	259	217

наименьшее их концентрация – у школы № 71. В СЗЗ минимальное их содержание у стеллы «Волгоград», максимальное – у ДК «Царицын» [5].

За период с 2009 по 2012 годы снижается практически в два раза в фоновом участке, соответственно со 188 до 79 мг/кг. В почвах жилого массива за исследуемый период доля НП снижается в 2,65 раза, в почвах СЗЗ – в 1,49 раза, в почвах промзоны – в 3,09.

Выводы

1. При оценке токсикации почв поллютантами органического происхождения в зоне деятельности нефтехимических предприятий наиболее информативным показателем является содержание нефтепродуктов.

2. Доля нефтепродуктов превышает установленный норматив в 1 г/кг повсеместно. Отчетливо прослеживается снижение НП во всех зонах с 2009 к 2012 гг.

3. Концентрация нефтепродуктов закономерно снижается в ряду почв: промышленная зона → санитарно-защитная зона → жилой массив → фон.

4. За период с 2009 по 2012 годы снижается практически в два раза в фоновом участке, соответственно со 188 до 79 мг/кг. В почвах жилого массива за исследуемый период доля НП снижается в 2,65 раза, в почвах СЗЗ – в 1,49 раза, в почвах промзоны – в 3,09.

5. За период с 2009 по 2012 годы снижается практически в два раза в фоновом участке, соответственно со 188 до 79 мг/кг. В почвах жилого массива за исследуемый период доля НП снижается в 2,65 раза, в почвах СЗЗ – в 1,49 раза, в почвах промзоны – в 3,09.

Литература:

1. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2010 году. Волгоград.: Изд. Панорама. 2011. – 304 с.
2. Лобачева Г.К., Фоменко А.П., Трофименко В.И., Гучанова И.Ж., Сухова О.В., Гучанова А.И. Экологически чистые технологии и влияние на природную среду. Стрежень. 2010. С. 73–80.
3. Дергачева М.И. Учение о гумусе почв: взгляд в прошлое и настоящее / Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Матер. IV всерос. науч. конф. с междунар. участием (1–5 сентября 2010). – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010, т. 3. – с. 63–65.
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995.
5. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Мерзлякова А.С. Оценка состояния почвенного покрова в зоне влияния нефтехимических предприятий. Проблемы региональной экологии. 2012. № 5. С. 59061.
6. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду. СПб.: Изд. СПбГУ, 2006. – 260 с.
7. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Постановление Госкомсанэпиднадзора России, 27.12.1994, № 13, ГН 2.1.7.020–94.
8. ПНД Ф 15.1.2:22–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М. 2005.
9. Порядок определения ущерба от загрязнения земель химическими веществами. – М., 1993. – 7 с.
10. Протасов В.Ф. Экология и охрана окружающей среды в России – М.: Финансы и статистика, 1999. – с. 508.
11. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством. // Почвоведение. 2011. № 5. С. 582–596.

Аммиачный метод переработки сточных вод горнопромышленных отходов

Шитлина Ксения Сергеевна, студент;
Шарипов Тагир Вильданович, ведущий инженер;
Кинзябулатова Гульназ Садрихановна, ведущий инженер.
Башкирский государственный университет (г. Уфа)

Существующие в настоящее время технологии по добыче и переработке медно-цинковых колчеданных месторождений Башкортостана, какими бы передовыми они не являлись, представляют собой мощные источники негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. В Зауралье экологическую обстановку определяет деятельность таких крупных центров горнодобывающей промышленности, как Учалинский горнообогатительный комбинат (ГОК), Бурибаевский ГОК. Вынос сточными водами токсичных химических элементов продолжается и после завершения эксплуатации месторождения.

Сточные воды предприятия горнопромышленного комплекса, попадая в открытые водоемы, представляют одну из наибольших опасностей в загрязнении тяжелыми металлами поверхностных и подземных вод. Снизить антропогенное влияние сточных вод на биосферу можно путем организации локальных очистных сооружений в местах образования стоков. Анализ литературных данных показал, что в настоящее время достаточно эффективных и экономичных методов утилизации сточных вод горнопромышленного комплекса не существует. Исходя из этого, кардинальным решением проблемы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей природной среды от загрязнений является широкое внедрение принципов малоотходных и ресурсосберегающих технологий [1, 2].

В зависимости от способа добычи руд формируются так называемые шахтные воды (при подземной добыче руды) и карьерные воды (при поверхностной отработке месторождений), объединяемые общим названием «рудничные воды». В формировании рудничных вод основное количество приходится на водопритоки подземных и грунтовых вод. Из-за удаленности рудников от промышленных объектов и крупных населенных пунктов рудничные воды в водоснабжении не используются и обычно без очистки сбрасываются в водные объекты или на грунт.

Другим видом сточных вод являются подотвальные воды, формирующиеся в местах складирования породы, изъятая при вскрышных работах на месторождениях.

При работе обогатительных фабрик остатки руды после обогащения (хвостовая пульпа) размещаются в хвостохранилищах, для которых характерен третий вид сточных вод за счет дренажа воды через ложа — фильтрат [2].

В отечественной и зарубежной практике наибольшее распространение получили химические, физико-химические и биологические технологии очистки сточных вод [3].

Для очистки горнопромышленных сточных вод, содержащих значительные количества сульфатов железа,

серной кислоты, методы очистки как ионный обмен, электрохимические и биохимические способы, не находят широкого практического применения.

Основным химическим методом очистки сернокислотных горнопромышленных сточных вод является реагентный метод, основанный на осаждении примесей, в том числе ионов тяжелых металлов разнообразными реагентами в виде малорастворимых в воде соединений. Очевидно, что главной задачей данного метода заключается в подборе реагента, способного образовать нерастворимое соединение с ионами металлов и сульфат-ионами, большое значение при этом имеет произведение растворимости образующихся соединений [4]. На территории России и стран СНГ наиболее распространенным способом обработки сточных вод, содержащих свободную серную кислоту является их нейтрализация с последующим отстаиванием в прудах-шламохранилищах. Для нейтрализации кислых вод могут быть использованы: гидроксид натрия, гидроксид калия, карбонат натрия, карбонат кальция, карбонат магния, доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Наиболее доступным реагентом является гидроксид кальция (известковое молоко) с содержанием активной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5–10 %. При этом ионы тяжелых металлов и магний частично выпадают в осадок в виде гидроксидов, а сульфат-ионы связываются в виде $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Нейтрализацию проводят различными путями: смешением кислотных и щелочных стоков, введением реагентов и перемешиванием в реакторах, пропусканием кислых сточных вод через нейтрализующие материалы.

В том случае, когда требуется достичь более высокой степени очистки сточных вод от тяжелых металлов, их выделяя в виде сульфидов. Это связано с тем, что растворимость сульфидов тяжелых металлов значительно меньше растворимости любых других труднорастворимых соединений. Осаждение сульфидов происходит при более низком значении pH, чем гидроксидов и карбонатов. Обычно в виде сульфидов выделяют медь, кобальт, никель, железо, цинк, кадмий, свинец, а в качестве осадителя в основном используют сульфид натрия, реже — сульфид аммония [5].

Преимуществами реагентных методов очистки являются надежность при сложном составе сточных вод; возможность их применения при больших объемах сточных вод с высокими концентрациями примесей; незначительная чувствительность к присутствию органических загрязнителей.

Однако реагентные методы имеют существенные недостатки: обязательное соблюдение интервала pH среды;

образование больших объемов шламов; повышенное содержание очищенной воды; зарастание реактор-смесителя и трубопроводов нерастворимыми и малорастворимыми отложениями. А главное, при реагентных методах очистки, как правило, не удается осуществлять комплексное использование компонентов горнопромышленных сточных вод, в частности сульфатной составляющей.

Известен способ получения сульфата аммония из сточных вод [6], содержащих сульфат аммония, серную кислоту и загрязненных органическими примесями, путем продувки газообразного аммиака под давлением 5–12 атм. и 10–20°C в течение 2 час.

Известен также способ получения сульфата аммония из промывных растворов травления металла, содержащих сульфат железа (II) и серную кислоту [7], путем нейтрализации известняком при pH от 5 до 9, отделения полученного гипса от воды отстаиванием, коагуляцией и фильтрованием, обработкой гипса 30–50 %-ным раствором углекислого аммония с получением осадка углекислого кальция и раствора сульфата аммония, возвратом осадка углекислого кальция на нейтрализацию промывной воды, упариванием раствора сульфата аммония, кристаллизацией и сушкой кристаллов с получением целевого продукта. Однако, недостатком данного способа получения сульфата аммония является многостадийность процесса, а также высокое содержание примеси сульфата железа в целевом продукте.

Целью настоящей работы является изучение возможности переработки сернокислотных сточных вод месторождений полиметаллических сульфидных руд Башкирского Зауралья аммиачным методом с получением азотсодержащего жидкого, а также сухого удобрения — сульфата аммония.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования взята карьерная вода у поселка Бурибай (Южный Урал), содержащая в мг/дм³: сульфаты — 8200, железо общее — 280, медь — 47, цинк — 49, марганец — 27, pH среды 3,0. А также исследована подотвальная вода отработанного месторождения железо-медно-цинковых сульфидных руд Куль-Юрт-Тау, содержащая 35,7 г/дм³ сульфата железа (III), 9,5 г/дм³ серной кислоты, а также примеси микроэлементов в мг дм³: марганца — 29, меди — 26; цинка, кобальта и никеля — по 12. Показатель pH исходной подотвальной воды 2,1. Характерной особенностью подотвальных сточных вод является присутствие железа в окисленной форме Fe (III).

Для переработки горнопромышленных сточных вод рассмотрен аммиачный метод путем их обработки аммиачной водой и карбамидом с получением сульфата аммония.

Лабораторные исследования проводились с использованием аммиака водного по ГОСТ 3760–79 в виде рас-

твора с массовой долей 10 % NH₃, карбамида по ГОСТ 2071–92.

Лабораторные исследования по переработки сточных вод проводили при комнатной температуре на лабораторной установке, состоящей из реактора, магнитной мешалки и pH-метра, путем прибавления к стокам водного раствора аммиака. Процесс нейтрализации сточных вод аммиачной водой проводили при постоянном перемешивании до достижения определенного значения pH в течение 20–30 минут, затем отделяли образовавшуюся твердую фазу фильтрованием под вакуумом с получением раствора сульфата аммония. Предварительно определяли скорость осаждения твердой фазы и скорость фильтрации суспензии.

Лабораторные опыты по переработке сточных вод карбамидом проводили при температуре 95–98°C до достижения нейтральности среды реакционной смеси с последующим отделением твердой фазы и получением раствора сульфата аммония.

Определение состава проб сточных вод на содержание ионов металлов произведено атомно-абсорбционным методом на спектрометре Shimadzu AA-6200, концентрация сульфат-ионов определено турбодиметрическим методом.

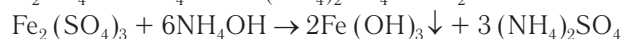
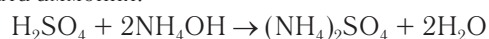
Определение массовой доли общего азота в растворе сульфата аммония проводили предварительным переводом амидного азота в аммонийную форму путем обработки серной кислотой и нагревом смеси до появления паров серной кислоты, далее отгонкой из щелочного раствора аммиака и его абсорбцией сернокислотным раствором. Количество отогнанного аммиака определяли титриметрическим методом.

Содержание железа в растворе сульфата аммония и в осадках определяли фотоколориметрическим методом.

Размер частиц осадка гидроксида железа Fe (OH)₃ исследован на анализаторе размеров частиц марки SALD — 7101 — HW (Shimadzu, Япония).

Обсуждение результатов

При обработке горнопромышленных сточных вод аммиаком протекают следующие химические реакции с образованием осадка гидроксида железа и раствора сульфата аммония:



В технологических процессах, протекающих с образованием коллоидного осадка гидроксида железа (III) Fe (OH)₃ огромное значение имеет скорость осаждения осадка и фильтрационные свойства суспензии.

Для достижения удовлетворительных показателей скорости фильтрации получаемой суспензии, на основании полученных экспериментальных данных, предложено проведение процесса нейтрализации стоков аммиаком в две стадии. На первой стадии горнопромышленные сточные воды нейтрализуют аммиаком до достижения pH реакционной смеси 4,5–5 и выделяют полученный осадок

гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ красно-бурого цвета. По полученным данным размер частиц $\text{Fe}(\text{OH})_3$ составляет от 25 до 87 мкм, причем размеры более 90 % частиц лежат в пределах 38–87 мкм. Установлено, что скорость осаждения твердой фазы составляет 0,15–0,20 м/час, а скорость фильтрации суспензии на уровне 0,1–0,2 м³/м²*ч.

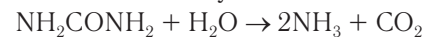
Далее фильтрат донейтрализуют аммиаком с получением раствора сульфата аммония с показателем pH среды 6,5–7. Полученный раствор сульфата аммония упаривают, выделяют кристаллы и сушат с получением сухого продукта с микроэлементами [8]. Целесообразно использование раствора сульфата аммония в качестве азотсодержащего питательного раствора, при этом исключаются такие энергоемкие технологические стадии, как упаривание раствора, сушки кристаллов, а также узлы очистки отходящих газов, классификации и дробления продукта.

При этом достигается нейтральность среды раствора азотного удобрения, а соединения микроэлементов меди, марганца, цинка, кобальта остаются в жидкой фазе в виде растворенных соединений. Это обусловлено тем, что интервал pH осаждения гидроксидов микроэлементов составляет: для цинка – 7,0–8,0; кобальта – 7,6–9,2; меди 7,3–8,5; никеля – 7,7–9,5; марганца – 8,8–10,4. Для данных микроэлементов характерно также образование водорастворимых комплексных соединений с аммиаком формулы $[\text{Me}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$.

Для обработки 1 м³ подотвальной воды Куль-Юрт-Тау расходуется 14,0–14,5 дм³ аммиачной воды, при этом образуется 830 дм³ питательного раствора или 16 кг сухого порошкообразного сульфата аммония, а также 4,8 кг сухого осадка гидроксида железа (III). При переработке 1 м³ карьерной воды Бурибай расходуется 3 дм³ аммиачной воды, образуется 930 дм³ питательного раствора или 4 кг сухого порошкообразного сульфата аммония, а также 0,6 кг сухого осадка гидроксида железа. Питательный раствор, полученный из подотвальной воды Куль-Юрт-Тау, содержит 0,34 % азота; а из карьерной воды Бурибай – 0,06 % и может быть использован для подкормки сель-

скохозяйственных культур. Присутствие микроэлементов в питательном растворе повышает агрохимическую эффективность удобрения.

Для получения сульфата аммония из сернокислотных горнопромышленных сточных вод предложено в качестве азотсодержащего реагента использовать карбамид, взятого в мольном соотношении карбамид: сульфаты, равным 1–1,5:1, нейтрализацию карьерной или подотвальной воды осуществлять при температуре 95–99°C до достижения показателя pH среды 6–7. Данная технология основана на реакции гидролиза карбамида с образованием аммиака и углекислого газа в кислой среде:



Выделяемый аммиак в свою очередь взаимодействует с серной кислотой и сульфатом железа с образованием сульфата аммония.

При снижении температуры ниже 95°C увеличивается продолжительность процесса из-за снижения скорости гидролиза карбамида. Повышение температуры выше 99°C нежелательно из-за перерасхода энергоресурсов и кипения реакционной массы. При снижении расхода карбамида менее мольного соотношения карбамид: сульфаты, чем 1:1, не достигается нейтральность среды реакционной массы из-за недостатка реагента. Увеличение расхода карбамида более мольного соотношения карбамид: сульфаты, чем 1,5:1 приводит к перерасходу реагента. Продолжительность процесса 5 часов.

При переработке 1 м³ карьерной воды Бурибай расходуется 1,5 кг карбамида, при этом образуется 3,8 кг сухого порошкообразного сульфата аммония, а также 0,5 кг осадка гидроксида железа в пересчете на сухое вещество.

Осадок гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ может быть использован в качестве пигмента [9], а также сырья для производства железа.

Таким образом, аммиачный способ переработки горнопромышленных сточных вод обеспечивает рациональное использование компонентов исходного сырья с получением азотсодержащего жидкого и порошкообразного удобрения.

Литература:

1. Илимбетов А.Ф., Абдрахманов И.А., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Обоснование стратегии комплексного освоения медно-рудных месторождений Башкортостана // Горный журнал. – 2004. – № 6. – с. 12–15.
2. Мустафин А.Г., Ковтуненко С.В., Исаева О.Ю., Сабитова З.Ш., Набиев А.Т., Пестриков С.В. Защита водных объектов от металлосодержащих сточных вод горнопромышленных предприятий. – Уфа: «Гилем» 2012. – 212 с.
3. Волков Ю.В., Соколов И.В., Смирнов А.А. Стратегия освоения сырьевых ресурсов Урала // Горная промышленность. – 2006. – № 4. – с. 57–62.
4. Серавкин И.Б., Косарев А.М., Салихов Д.М. Состояние минерально-сырьевой базы горнорудной промышленности Башкирского Зауралья в связи с проблемами экологии. – Уфа: УНЦ РАН. Институт геологии, 1994. – 36 с.
5. Зотеев В.Г., Костерова Т.К., Жуковская Е.П. Прогноз выноса тяжелых металлов из техногенных объектов атмосферными осадками // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 7. – с. 23–27.
6. Серебряков Б.Р., Кочаров В.Г., Линецкий В.А. Способ получения сульфата аммония из сточных вод. А.с. СССР № 186990, кл. С01В, опубл. в БИ № 2, 11.10.1966.

7. Рабинович Л.С., Сериков Н.Ф. Способ получения сульфата аммония. А.с. СССР № 148035, кл. 12К7, опубл. в БИ № 12, 1962.
8. Шарипов Т.В., Мустафин А.Г., Шаяхметов Д.И. Способ получения сульфата аммония. Патент РФ № 2445263, кл. С01С1/24, опубл. 20.03.2012.
9. Мустафин А.Г., Сабитова З.Ш., Ковтуненко С.В., Шарипов Т.В. Способ получения железокальциевого пигмента, патент РФ № 2451706, кл. С09С01/124, опубл. 27.05.2010.

Экологическое состояние свалки с. Белая Глина

Щербакова Елена Викторовна, магистрант
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

Воздействие человека на природную среду и негативные последствия его деятельности создали в цивилизованном обществе проблему регулирования качества среды, в которой живёт и проявляет себя человек. В решении природоохранных задач одно из ведущих мест занимает проблема складирования и утилизации отходов. Полигоны ТБО обладают широким спектром действия на природную среду. Чрезвычайно разнородные по составу отходы при контакте с геологической средой претерпевают сложные химические и биохимические изменения. В результате выделяются многочисленные соединения в жидком, твёрдом и газообразном состоянии. Наблюдается также значительное выделение тепла, газа, часто имеют место поверхностные и подземные пожары. Загрязнение территорий месторасположений объектов химическими компонентами отходов производства и потребления отрицательно влияет на геохимический фон почв, почвогрунтов, и подземных вод, на их физико-химические свойства.

На территории Краснодарского края насчитывается 374 полигона ТБО, из них 302 — несанкционированные. Одна из таких свалок находится в южной части села Белая Глина. Свалка твёрдых бытовых отходов существует с 1982 г. и находится в 1,5 км южнее села и в 1 км слева от автодороги на ст. Новопокровскую, занимает площадь 8,4 га и имеет протяженность около 1,1 км и ширину около 70 м. Полигон складирования ТБО вытянут вдоль дороги с севера на юг, с восточной стороны окаймляется лесополосой, с запада располагаются посевы с/х угодий, с южной стороны оборудован шлагбаумом и сторожкой.

Несанкционированная свалка размещена на бывших сельскохозяйственных угодьях без гидроизоляции. Снятый плодородный слой толщиной около 0,5 м используется для рекультивации земель. На свалке для размещения отходов постоянно работает бульдозер. Вывоз отходов (отходы частного сектора и жилых многоэтажных домов, школ и больниц) с территории осуществляется машинами МП ЖКХ по договору. Наиболее активно эксплуатируются северная и южная ее оконечности. Весь автотранспорт проходит санобработку.

Твёрдые бытовые отходы свалки представлены вышедшими из употребления предметами домашнего обихода (пластмассовая посуда, пластиковые бутылки, полиэтиленовые пакеты, аэрозольные упаковки и пр.), отходами строительного мусора, навозом КРС, древесными отходами. По периметру свалки сохранились следы обвалки.

Качественный и количественный состав выбросов вредных веществ в атмосферу для предприятия установлен инвентаризацией источников загрязнения атмосферы. Всего на территории Многоотраслевое предприятие жилищно-коммунального хозяйства (МП ЖКХ) села Белая Глина имеется 36 источников выбросов в атмосферу, в том числе 8 организованных, 28 неорганизованных. Газоочистных установок на предприятии нет. Проектом ПДВ план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу не предусмотрен. Первичный учет выбросов загрязняющих веществ на предприятии не ведется. Производственный лабораторный контроль источников загрязнения атмосферы не осуществляется. Специфичными для данного предприятия являются выбросы оксида углерода и диоксида азота от свалки и котельной, а также метана непосредственно от биологически разлагаемых органических веществ, накапливающихся на свалке.

Однако, в результате проведенных исследований превышений нормативов ПДК в санитарно-защитной зоне по диоксиду азота, оксиду углерода и диоксиду серы не обнаружено (табл. 1).

На территории свалки ТБО выделена геохимическая аномалия, загрязнение почв и техногенных грунтов некоторыми химическими элементами может достигать опасной категории. Так, валовые содержания химических элементов 1-го класса опасности составляют свинец 1–3,0 ПДК; цинк — 1–1,6 ПДК. По элементам 2-го класса опасности по наибольшей степени загрязнения почв и техногенных грунтов выделяются никель — 1,3–1,4 ПДК; хром — 1–2 ПДК. Из элементов 3–4-го класса опасности доминирующими элементами-загрязнителями являются фосфор — 1,3–3,3 ПДК. В результате исследований также установлено, что почвы и техногенные

Таблица 1. Результаты аналитического контроля атмосферного воздуха

№ п/п	Местоположение точки отбора	Наименование загрязняющего вещества	Концентрация загрязняющего вещества в мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Оценка в долях ПДК
1	Т1 Южная граница СЗЗ	Углерода оксид	0,50 ± 0,13	5,0	0,10
		Серы диоксид	0,1 ± 0,025	0,50	0,23
		Азота диоксид	< 0,020	0,85	0,20

Таблица 2. Результаты аналитического контроля сточных вод

№ п/п	Наименование объекта	Местоположение точки отбора проб	Наименование загрязняющего вещества	Величина сброса загрязняющего вещества, мг/дм ³ г/час	Установленный ПДС, мг/дм ³ г/час	Установленный ВСС, мг/дм ³ г/час	Оценка
1	МПЖКХ (свалка) с. Белая Глина	№ 87	рН	7,99 ± 0,45	-	-	-
2	МПЖКХ (свалка) с. Белая Глина	Хозяйственно – бытовые сточные воды из канавы, идущей в лагуну	Взвешенные вещества	1051 ± 5	-	-	-
			Сухой остаток	1851 ± 167	-	-	-
			БПК ₅	721 ± 65	-	-	-
			Сульфаты	220 ± 38	-	-	-
			Хлориды	157 ± 6	-	-	-
			Азот аммонийный.	275 ± 107	-	-	-
			Нитриты	1,3 ± 0,08	-	-	-
			Нитраты	2,1 ± 0,8	-	-	-
			Фосфаты	29,6 ± 3,0	-	-	-
			Железо общее	0,5 ± 0,1	-	-	-
Токсичность по б/т	Токсична	-	-	-			
	Нефтепродукты	15,1 ± 3,6	-	-	-		

грунты не засолены, однако выявлено превышение содержания нитратов до 1–1,7 ПДК.

Территория с неблагоприятным состоянием почв и техногенных грунтов (опасная категория) составляет 0,7 га, или 8,3 % исследуемого предприятия, что характеризует их состояние как «относительно удовлетворительное». Опасных экзогенных геологических процессов на территории свалки ТБО не выявлено.

Суммарный показатель загрязнения почв и техногенных грунтов (Zc), который рассчитывается как сумма коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей, и применяется для оценки уровня химического загрязнения почв [2, с. 8], на свалке изменяется в пределах от 1,4 до 9,2. Следовательно, согласно оценочной шкале опасности загрязнения почв и техногенных грунтов, уровень загрязнения оценивается как допустимый, т.е. наблюдается наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений.

Оценка проникновения загрязняющих элементов и веществ в зону аэрации была проведена на глубине до 10 м. Геологический разрез представлен четвертичными аллювиальными глинами и суглинками, перекрытыми почвами.

Мощность зоны аэрации составляет 1,3–4,06 м. Водомещающие грунты представлены пластичными светлоресничевыми суглинками.

Загрязнение грунтов зоны аэрации зафиксировано практически по всему разрезу, и степень загрязнения достигает допустимой и умеренно опасной категории, с ассоциацией элементов Cr, Ni, Sr, Be, и с преобладанием загрязнения нефтепродуктами, достигающих 1,3–1,5 ПДК, и фенолами (превышение до 1,2 ПДК).

Также в результате исследований установлено, что почвы и грунты зоны аэрации сильно засолены. Установлено превышение ПДК по сульфатам в 4,9 раза. Таким образом, состояние грунтов зоны аэрации оценивается как «напряженное».

Источником образования производственных сточных вод является гараж. Нормативы ПДС на сброс загрязняющих веществ, поступающих на рельеф местности со сточными водами, не установлены. Водоотведение осуществляется в септики и далее в несанкционированные земляные лагуны. Производственный экологический контроль качества сточных вод отсутствует. Основным загрязнителем производственных сточных вод являются нефтепродукты.

По результатам проведенных исследований наблюдается высокое содержание ионов аммония, взвешенных веществ, фосфатов и нефтепродуктов. Это подтверждается результатами биотестирования, которое проводилось Тихорецким отделом СИАК [1, с. 12]. Это свидетельствует о токсичности сточной воды (табл. 2).

Таким образом, в результате проведенных работ по определению загрязняющих веществ в атмосфере превышений нормативов ПДК в СЗЗ по диоксиду азота, оксиду углерода и диоксиду серы не обнаружено.

В пределах свалки ТБО в почвах и техногенных грунтах накоплен свинец, цинк, молибден, никель, серебро, фосфор и степень загрязнения почв и техногенных грунтов на свалке ТБО достигает опасной категории. Опасных экзогенных геологических процессов на территории свалки

ТБО не выявлено. Суммарный показатель загрязнения почв и техногенных грунтов (Zс) на свалке изменяется в пределах от 1,4 до 9,2, что говорит о допустимом уровне их загрязнения. Свинец, хром, никель, нефтепродукты и фенолы свободно мигрируют в окружающей среде, о чём свидетельствует их проникновение в зону аэрации.

В грунтах зоны аэрации установлены загрязнения нефтепродуктами, а также зафиксировано засоление из-за превышения ПДК по сульфатам, достигающее опасной категории. Таким образом, состояние грунтов зоны аэрации рассматривается как «напряженное».

Экологическое состояние окружающей среды на территории свалки характеризуется как «напряженное». Угрозы здоровью населения нет. Ущерб окружающей среде восполним с применением технических средств.

Литература:

1. Геоэкологическая оценка предприятия МУП ЖКХ с. Белая Глина (свалка): отчет / Научно-производственный мониторинговый геоэкологический центр «Геоэкология Кубани»; рук. Холостяков А.М.; исп. Зульматов А.С. — Краснодар, 2003. — 21 с.
2. МУ 2.1.7.730–99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест [Текст]. - Введ. 1999-04-05. — М.: Минздрав России, 1999. — 23 с.

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (51) / 2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М.Н.

Иванова Ю.В.

Лактионов К.С.

Комогорцев М.Г.

Ахметова В.В.

Брезгин В.С.

Котляров А.В.

Яхина А.С.

Ответственный редактор:

Кайнова Г.А.

Художник:

Шишков Е. А.

Верстка:

Бурьянов П.Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях,
ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»
127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6