



МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 51+53+004

ББК 22+32.81

А43

Рецензенты:

- кандидат физико-математических наук, Зеленская Татьяна Евгеньевна, Югорский государственный университет (г. Ханты-Мансийск).

- кандидат технических наук Яков Аркадьевич Полонский, эксперт высшей квалификации Единой Системы Оценки Соответствия, доцент ВФ ФГБОУ «Национальный исследовательский университет (МЭИ)», г. Волгоград.

А43 «Физико-математические науки и информационные технологии: теория и практика»: материалы международной заочной научно-практической конференции. (26 ноября 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. — 154 с.

ISBN 978-5-4379-0174-8

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Физико-математические науки и информационные технологии: теория и практика» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных физико-математических наук и информационных технологий.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области физико-математических наук и информационных технологий и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития данного направления науки.

ББК 22+32.81

ISBN 978-5-4379-0174-8

© НП «СибАК», 2012 г.

Оглавление	
Секция 1. Математика	8
1.1. Теория вероятностей и математическая статистика	8
УПРОЩЕНИЕ КРИТЕРИЯ АКАИКЕ ДЛЯ ГИСТОГРАММЫ Бардасов Сергей Александрович	8
Секция 2. Информационные технологии	14
2.1. Системный анализ, управление и обработка информации	14
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ NFC КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ БАНКОВСКИХ УСЛУГ Ишкова Светлана Васильевна	14
УПРАВЛЕНИЕ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ Маркин Василий Евгеньевич Воробьев Алексей Юрьевич	19
ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО СЛОВАРЯ Мункуева Санжидма Дармаевна Дугаров Дмитрий Владимирович	24
ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ АКТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ Рубан Иван Анатольевич	28
РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКОЙ АСУ ДЛЯ ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ Таранов Юрий Александрович	35
РАБОТА СО СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ДАНЫМИ Топчий Антон Владимирович	42

2.2. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами	49
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ЗОНАХ КАМЕРЫ ПЕЧИ КРЕКЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	49
Грыжов Владимир Константинович Корольков Владимир Гаврилович Грыжов Евгений Владимирович	
2.3. Управление в социальных и экономических системах	57
СВОДНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВОСТОЧНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОКРУГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	57
Жукова Дарья Леонидовна Сергеева Юлия Сергеевна Плачев Евгений Александрович	
2.4. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	62
КОМПЛЕКС ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИНЫ	62
Ажиханов Нурлан Тобаханович Айткулов Алпамыс Уразауханович Бисембаева Карлыгаш Танбаевна Темиров Багдат Махмутович	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТВИ НАМАГНИЧИВАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЯХ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ MATLAB	67
Вахнина Вера Васильевна Черненко Алексей Николаевич Кретов Дмитрий Алексеевич Кузнецов Виталий Александрович	

ОБНАРУЖЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ КОНФЛИКТОВ ОТНОШЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ О ПАРСОЧЕТАНИЯХ С ИСЧЕЗАЮЩИМИ ДУГАМИ Данильченко Анна Александровна	76
2.5. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	85
КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ Маркин Василий Евгеньевич	85
ПРИМЕНЕНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ИМИТОЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ Осипов Дмитрий Леонидович Бурмистров Владимир Александрович Гавришев Алексей Андреевич	90
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ И «ГАММИРОВАНИЯ» ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА Куржеевский Игорь Владимирович Бродовская Виолетта Владимировна Филимонова Анастасия Викторовна	95
МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА СРЕДСТВ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ Хализев Вячеслав Николаевич Кузьмин Денис Игоревич	102
Секция 3. Секция «Физические науки»	108
3.1. Механика деформируемого твердого тела	108
ЗАДАЧА ГИДРОУПРУГОСТИ ДЛЯ ТРУБЫ КОЛЬЦЕВОГО ПРОФИЛЯ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ Кондратов Дмитрий Вячеславович Калинина Анна Владимировна Плаксина Ирина Владимировна	108

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ГИДРОУПРУГОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ ТРУБЫ ПРИ СВОБОДНОМ ОПИРАНИИ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИИ Кондратова Юлия Николаевна Могилевич Лев Ильич Кондратов Дмитрий Вячеславович	114
3.2. Механика жидкости, газа и плазмы	120
ТРАНСЗВУКОВОЕ ОБТЕКАНИЕ ПРОФИЛЯ КРЫЛА ВОЕING 737 ПРИ МАЛЫХ УГЛАХ АТАКИ Кузьмин Александр Григорьевич Рябинин Анатолий Николаевич	120
3.3. Оптика	125
ОСОБЕННОСТИ КОГЕРЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ Галёб Камаль Ибрагим Салех Потлов Антон Юрьевич Абдулкарим Саиф Назар Проскурин Сергей Геннадьевич	125
3.4. Приборы и методы экспериментальной физики	130
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ Андреев Дмитрий Александрович Даньшина Валентина Владимировна	130
3.5. Теплофизика и теоретическая теплотехника	138
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА РАСПЫЛА НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ДВУХ ВИДОВ ТОПЛИВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ Аскарова Алия Сандыбаевна Болегенова Салтанат Алихановна Березовская Ирина Эдуардовна Максимов Валерий Юрьевич Оспанова Шынар Сабитовна	138

**3.6. Химическая физика, в том числе физика
горения и взрыва 146**

СПИН-ЗАПРЕЩЕННЫЕ НЕАДИАБАТИЧЕСКИЕ
ПЕРЕХОДЫ С УЧАСТИЕМ АКТИВНОГО ЦЕНТРА
ФЕРРЕДОКСИНА 146

Лыхин Александр Олегович

Кузубов Александр Александрович

Елисеева Наталья Сергеевна

СЕКЦИЯ 1.

МАТЕМАТИКА

1.1. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

УПРОЩЕНИЕ КРИТЕРИЯ АКАИКЕ ДЛЯ ГИСТОГРАММЫ

Бардасов Сергей Александрович

канд. физ.-мат. наук, доцент ТюмГУ, г. Тюмень

E-mail: sbard@mail.ru

Одной из основных идей в статистике является понятие функции плотности распределения (плотности вероятности) $f(x)$. В связи с этим важной является проблема ее оценки. Для этого широко используется гистограмма. При ее построении необходимо определить число интервалов (групп), на которые будет разбита выборочная совокупность.

Согласно информационному критерию Акаике число групп m должно быть таким, чтобы минимизировать выражение:

$$-\frac{2 \ln(L(m))}{n} + \frac{2m}{n}, \quad (1)$$

где: n — объем выборки,

$(L(m))$ — функция правдоподобия. Использование коэффициента 2 в формуле (1) является общепринятым (так сложилось исторически).

Функция правдоподобия для гистограммы имеет вид:

$$L(m) = \left(\frac{n_1}{nh_1} \right)^{n_1} \times \left(\frac{n_2}{nh_2} \right)^{n_2} \times \dots \times \left(\frac{n_m}{nh_m} \right)^{n_m},$$

где: n_i — количество выборочных значений переменной в i — ой группе;

h_i — длина i — го интервала гистограммы. При определении функции правдоподобия полагаем, что не должно быть пустых групп и групповых интервалов, равных нулю.

В случае равных интервалов, имеем:

$$\begin{aligned} L(m) &= \left(\frac{n_1}{nh} \right)^{n_1} \times \left(\frac{n_2}{nh} \right)^{n_2} \times \dots \times \left(\frac{n_m}{nh} \right)^{n_m} = \frac{n_1^{n_1} \times n_2^{n_2} \times \dots \times n_m^{n_m}}{n^n h^n} = \\ &= \frac{n_1^{n_1} \times n_2^{n_2} \times \dots \times n_m^{n_m} \times m^n}{n^n \Lambda^n}, \quad h = \frac{\Lambda}{m}, \end{aligned}$$

где: Λ — размах вариации.

Натуральный логарифм функции правдоподобия равен:

$$\ln(L(m)) = \sum_{i=1}^m n_i \ln \left(\frac{mn_i}{n} \right) - n \ln(\Lambda) \quad (2)$$

Не принимая в расчет величины, независящие от числа групп m , подставим (2) в (1), поменяем знак и разделим на 2. Получим, что в случае равных интервалов, оптимальное число групп m^* равно:

$$m^* = \arg \max_m \left(\sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{n} \ln \left(\frac{mn_i}{n} \right) \right) - \frac{m}{n} \right). \quad (3)$$

Приступим к упрощению критерия (3). Рассмотрим слагаемые:

$$\frac{n_i}{n} \ln \left(\frac{m n_i}{n} \right) = \ln \left(\left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\frac{n_i}{n}} \right).$$

Очевидно, что при большом объеме выборки n , значения $\left(\frac{m n_i}{n}\right)^{\frac{n_i}{n}}$ мало отличаются от 1. Оставляя первое слагаемое в разложении логарифма в ряд Тейлора, получим:

$$\ln \left(\left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\frac{n_i}{n}} \right) \approx \left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\frac{n_i}{n}} - 1.$$

Известны следующие неравенства [1, с. 24]

$$\begin{aligned} x^\alpha - \alpha x + \alpha - 1 &\geq 0, & \alpha > 1, \alpha < 0, \\ x^\alpha - \alpha x + \alpha - 1 &\leq 0, & 0 < \alpha < 1, \end{aligned} \quad (4)$$

справедливые при $x > 0$. Равенства имеет место только при $x = 1$. В предельных случаях $\alpha = 0$ и $\alpha = 1$ при всех $x > 0$:

$$x^\alpha - \alpha x + \alpha - 1 \equiv 0.$$

С ростом объема выборки и числа интервалов гистограммы отношение $\frac{n_i}{n}$ стремится к нулю. Проведем следующую замену:

$$\left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\left(\frac{n_i}{n} \right)} \approx \frac{m n_i}{n} \times \frac{n_i}{n} + 1 - \frac{n_i}{n}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\left(\frac{n_i}{n} \right)} - 1 &\approx \frac{m n_i}{n} \times \frac{n_i}{n} + 1 - \frac{n_i}{n} - 1 = m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 - \frac{n_i}{n}, \\ \sum_{i=1}^m \left(\ln \left(\frac{m n_i}{n} \right)^{\left(\frac{n_i}{n} \right)} \right) - \frac{m}{n} &\approx \sum_{i=1}^m \left(m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 - \frac{n_i}{n} \right) - \frac{m}{n}. \end{aligned}$$

Отбрасывая независимое от числа групп слагаемое $\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{n} = 1$, получим следующий критерий:

$$m^* = \arg \max_m \left(m \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 - \frac{m}{n} \right). \quad (5)$$

Пусть истинная функция плотности распределения имеет вид (линейное распределение):

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \in (-\infty; 0), \\ 2x, & x \in [0; 1], \\ 0, & x \in (0; \infty). \end{cases} \quad (6)$$

Применим критерий (5) к функции плотности вероятностей (6). Разделим отрезок $[0; 1]$ на m частей, тогда

$$\frac{n_i}{n} = \int_{(i-1)/m}^{i/m} 2x \, dx = \frac{2i-1}{m^2}, \quad (i = 1, \dots, m).$$

В этом случае сумма квадратов относительных частот может быть легко вычислена:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 &= \sum_{i=1}^m \left(\frac{2i-1}{m^2} \right)^2 = \frac{1}{m^4} \sum_{i=1}^m (2i-1)^2 = \\ &= \frac{1}{m^4} \times \frac{4m^3 - m}{3} = \frac{1}{m} \left(\frac{4}{3} - \frac{1}{3m^2} \right). \end{aligned}$$

Тогда

$$m \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 - \frac{m}{n} = \frac{4}{3} - \frac{1}{3m^2} - \frac{m}{n}$$

Найдем производную последнего выражения по m и приравняем ее к нулю

$$\frac{2}{3m^3} - \frac{1}{n} = 0.$$

Следовательно, согласно критерию (5) оптимальное число интервалов равно

$$m^* = 3\sqrt{\frac{2n}{3}}. \quad (7)$$

В работе [3, с. 605] Д. Скотт для оценки длины интервала гистограммы минимизировал интегральную среднеквадратическую ошибку

$$IMSE = \int E[\varphi(x) - f(x)]^2 dx = \int Var[\varphi(x)] dx + \int Bias^2[\varphi(x)] dx,$$

где: $Var[\varphi(x)]$ — точечная дисперсия,

$Bias[\varphi(x)]$ — точечное смещение,

$E(\cdot)$ — символ математического ожидания.

В работе [2, с. 605] Д. Скотт для оценки длины интервала гистограммы минимизировал интегральную среднеквадратическую ошибку

$$IMSE = \int E[\varphi(x) - f(x)]^2 dx = \int Var[\varphi(x)] dx + \int Bias^2[\varphi(x)] dx,$$

где: $E(\cdot)$ — символ математического ожидания,

$\varphi(x)$ — оценка истинной функции плотности вероятности $f(x)$,

$Var[\varphi(x)]$ — точечная дисперсия,

$Bias[\varphi(x)]$ — точечное смещение. Согласно формуле

Скотта [2, с. 607] для плотности (6) получим тот же результат:

$$m^* = \sqrt[3]{\frac{n}{6} \int_{-\infty}^{+\infty} [f'(x)]^2 dx} = \sqrt[3]{\frac{2n}{3}}.$$

Таким образом, непараметрический критерий (5), полученный упрощением критерия Акаике, по крайней мере, для функции плотности распределения (6) рекомендует число групповых интервалов, совпадающее с формулой Скотта.

Стоун [3] минимизировал выражение:

$$\int [\varphi(x) - f(x)]^2 dx - \int [f(x)]^2 dx$$

и получил, что для определения оптимальной длины интервала гистограммы необходимо минимизировать величину:

$$CV = \frac{1}{h} \left[\frac{2}{n-1} - \frac{n+1}{n-1} \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{n} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Похожее правило получил Рудемо [4], который использовал метод кросс-валидации (перекрестной оценки) и риск-функцию Кульбака-Лейблера. Формула (8) дает число групп в $\sqrt[3]{2}$ раз меньшее по сравнению с (5).

Список литературы:

1. Беккенбах Э., Беллман Р. Неравенства. М.: Мир, 1964. — 276 с.
2. Scott D.W. On optimal and data-based histograms // *Biometrika*. — 1979. — Vol. 66. — P. 605—610.
3. Stone C.J. An asymptotically histogram selection rule. *Proc. Second Berkeley Symp* (ed. J. Neyman). — 1984. — P. 513—520. Berkeley: Univ. California Press.
4. Rudemo M. Empirical choice of histograms and kernel density estimators // *Scand. J. Statist.* — 1982. — Vol. 9, P. 65—78.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ NFC КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ БАНКОВСКИХ УСЛУГ

Ишкова Светлана Васильевна

*старший преподаватель, Дальневосточный
федеральный университет, г. Арсеньев*

E-mail: ripwis@mail.ru

Сегодня информационные технологии прочно вошли практически во все сферы нашей жизни. И банковская сфера не стала исключением. Именно внедрение современных информационных технологий влияет и изменяет бизнес-процессы в банках, выводя их на принципиально иной уровень.

За последние несколько лет динамичного развития банковского сектора спектр банковских услуг активно расширялся. В соответствии со «Стратегией развития банковского сектора РФ на период до 2015 г.», принятой Правительством Российской Федерации и Банком России, основным условием реализации поставленных целей является изменение модели развития банковского бизнеса: переход от преимущественно экстенсивной модели деятельности банков к интенсивной модели [7]. Важными составляющими интенсивной модели развития являются активное использование информационных инноваций.

Одной из наиболее заметных тенденций совершенствования деятельности банков с использованием современных информационных технологий является распространение бесконтактных технологий, в частности, NFC.

Near Field Communication, NFC («коммуникация ближнего поля») — технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 сантиметров (около 4-х дюймов). Эта технология - простое расширение стандарта бесконтактных карт (ISO 14443), которая объединяет интерфейс смарткарты и считывателя в единое устройство. Исследовательская и консалтинговая компания Gartner включила ее в TOP 10 стратегических технологий 2012 г. [1].

Стоит отметить, что развитие NFC в России находится на самой ранней стадии, в то время как в развитых странах мира накоплен достаточно большой опыт практического использования этой технологии, отработки бизнес-моделей и управления потребительской мотивацией. Например, в Японии близкая к NFC бесконтактная система платежей используется с 2004 года, в Европе масштабное тестирование NFC проходило в 2006—2008 гг.

Рынок NFC в России, следуя общемировым трендам, имеет огромный потенциал, поскольку в его развитии заинтересованы как поставщики услуг (банки, мобильные операторы, платежные системы и пр.), так и конечные пользователи. В частности, за счет NFC-сервисов банки смогут сократить наличные платежи и снизить издержки [8].

Сегодня все понимают, что магнитная полоса на банковских картах устарела как технология, а чиповые (EMV) карты не прижились из-за своей дороговизны, неудобства и сомнительной безопасности. Несмотря на перспективность технологии NFC, на практике технология не очень быстро набирает популярность и чаще всего ее внедрение заканчивается лишь показательным или тестовым запуском. Это связано со стремлением лидеров рынка — мобильных операторов с одной стороны и международных платежных систем с другой контролировать платежи и тем самым нежелание сойтись в общем мнении относительно стандартов протокола и форматов передачи данных.

С одной стороны, понятие NFC довольно четко определено как технология, а с другой — несколько размывается, когда речь идет о ее конкретных применениях в бизнесе. С технологической точки зрения, NFC — это интерфейс между картой и считывающим устройством.

Принципиально в этой технологии то, что сеанс связи происходит не спонтанно, а преднамеренно, в противоположность таким каналам радиочастотной цифровой связи, как GSM, Wi-Fi

или Bluetooth. Достигается это в первую очередь малым радиусом действия NFC: вам необходимо поднести карту почти вплотную к считывателю. Ваше намерение совершить транзакцию — это существенная составляющая всех применений NFC в бизнесе.

Понятие «карта» в данном случае употреблено, разумеется, весьма условно — это может быть любое устройство, оборудованное соответствующим чипом. Еще две важных составляющих NFC, определяющих удобство новой технологии для конечного пользователя, о котором в первую очередь и заботились разработчики, и ради которых эта технология и была придумана, — это скорость транзакции и фактическое отсутствие механического износа устройств. Традиционные банковские карты не случайно выпускают сроком не более чем на три года — частый контакт поверхности карты со считывающими устройствами приводит к износу как магнитной полосы, так и самого пластика. А главное, взаимодействие карты и терминала контактным способом занимает существенно большее время, чем бесконтактное, что критически важно для многих бизнесов и, безусловно, является драйвером NFC [6].

При содействии международных платежных систем банки стран СНГ начали активно внедрять бесконтактные карты MasterCard PayPass и Visa payWave в POS-терминалах.

Как показало исследование «Рынок NFC в России и в мире», проведенное J'son & Partners Consulting совместно с компанией SMARTTEST в июне-июле 2012 г., поставки POS-терминалов класса NFC-ready в 2011 г. в мире удвоились и достигли 2,5 млн. По прогнозам, продажи POS-терминалов будут расти с в ближайшие 5 лет на уровне 49,4 %, благодаря чему в 2017 г. их будет поставлено 43,4 млн. единиц. Эти показатели соответствуют проникновению данных устройств с 8 % в 2011 г. до 53 % в 2017 г. Самые высокие показатели проникновения ожидаются в Северной Америке (86 %) и в Европе (78 %), а в других регионах — около 38 % [8].

По прогнозам аналитиков капиталоборот бесконтактных платежей и бесконтактной передачи данных в мире к 2015 году составит десятки-сотни млрд. долларов. Поэтому не удивительно, что уже сейчас каждый пытается занять свое место в этой перспективной нише (MasterCard PayPass) [2].

Одним из первых игроков платежного рынка, всерьез задумавшимся об использовании бесконтактных решений для проведения платежных транзакций, стала компания MasterCard, разработавшая в начале 2000-х годов свой продукт PayPass, базирующийся на технологии NFC.

Уже в 2005 г. MacDonald's и MasterCard демонстрировали по телевидению рекламные ролики, в которых возня клиентов и кассиров с наличными противопоставлялась мгновенным платежам с помощью карт PayPass, выполненных в форме брелоков для ключей [4].

Наибольшее распространение NFC-технологии получили не в собственно платежной сфере, а на транспорте. И именно транспортные компании стали сегодня тем локомотивом, который движет процесс создания бесконтактной инфраструктуры.

Многие миллиарды транспортных карт во всем мире и соответствующая инфраструктура их приема — это уже серьезная основа для дальнейшего продвижения технологии, в которую разработчики заложили куда большие возможности, чем те, что использует транспорт.

Стоимость считывающих устройств благодаря «транспортному потоку» сейчас упала настолько, что их стало рентабельно использовать в розничной торговле - от платежных терминалов до торговых автоматов. Благодаря NFC платежным системам удалось создать продукты, рентабельные для небольших транзакций и интересные торговым сетям. Не случайно MasterCard PayPass и Visa payWave называют «атакой на монеты». Французская сеть супермаркетов Casino, например, приняла решение оснастить все свои кассы бесконтактными терминалами [5]. Экономия нескольких секунд на транзакции по их расчетам позволит настолько повысить пропускную способность магазинов, что вся затея в масштабах сети окупится за несколько месяцев.

В качестве примера использования бесконтактных технологий в России можно привести следующие проекты: в августе 2012 года Сбербанк начал принимать PayPass в сети супермаркетов «Перекресток» в Санкт-Петербурге, компания UCS обеспечивает прием бесконтактных карт на заправках ВР, компания МТС выпустила первые в России SIM-карты со встроенным приложением MasterCard для МТС-Банка и банка АК БАРС [3]. 8 российских банков являются эмитентами бесконтактных карт PayPass, использование которых значительно сокращает время обслуживания клиентов в сфере розничной торговли и услуг.

Необходимо отметить, что все новые модели платежных терминалов ведущих производителей поставляются либо со встроенным бесконтактным модулем, либо в комплектации contactless ready, что означает, что такой модуль может быть вставлен в терминал в любой момент.

По данным компании Gartner технология NFC сейчас приближается к самому верху кривой жизненного цикла технологии, а это означает самые высокие ожидания. Все говорит о том, что NFC как будущее платежной индустрии уже никто не ставит под сомнение. Вопрос лишь в том, насколько быстро мы к нему приблизимся.

В настоящее время в России реализуются пилотные проекты для демонстрации возможностей NFC, отработки тарификации и технологических аспектов, бизнес-моделей и пр. Основные сдерживающие факторы развития NFC в России — это низкая информированность потенциальных пользователей о возможностях данной технологии, недостаточное развитие инфраструктуры и несовершенство российского отраслевого законодательства. С другой стороны, ключевые преимущества бесконтактных платежей — быстрота и удобство совершения платежей в итоге перевесят постепенно сглаживающиеся проблемы, и рынок начнет расти ускоренными темпами [8].

Таким образом, можно в полной мере говорить о том, что бесконтактная технология NFC открывает огромные перспективы для совершенствования механизма предоставления банковских услуг.

Список литературы:

1. Банковские карты и платежные технологии: все о технологиях и перспективах безналичных расчетов [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://www.int-bank.ru/articles/557/> (дата обращения: 20.11.12).
2. Бесконтактные платежные технологии: QR-код vs NFC. Или прощайте банковские карты [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://habrahabr.ru/sandbox/49353/> (дата обращения: 24.11.12).
3. Благовещенский А. МТС запустит бесконтактные платежи в России // Российская газета: интернет-издание. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://www.rg.ru/2011/10/27/mts-site-anons.html> (дата обращения: 24.11.12).
4. Борисов М. PayPass — оплата в одно касание // Гид ритейлера: интернет-журн. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://www.retail-tech.ru/food/articles/1688/42179/> (дата обращения: 24.11.12).
5. Корнев Г. «Натуральный» магазин // Гид ритейлера: интернет-журн. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://www.retail-tech.ru/food/articles/1701/33737/> (дата обращения: 22.11.12).
6. Крупнов В. NFC: в преддверии «Большого Взрыва» // Интеллектуальный банк: интернет-журн. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://www.int-bank.ru/articles/558/> (дата обращения: 23.11.12).

7. О Стратегии развития банковского сектора Российской Федерации на период до 2015 года: Заявление Правительства РФ № 1472п-П13, Банка России № 01-001/1280 от 05.04.2011 // Вестник Банка России. — 20.04.2011. — № 21.
8. Развитие NFC в России находится на самой ранней стадии — исследование J'son & Partners Consulting [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://tasstelecom.ru/news/one/11447#ixzz2DEHSdLnX> (дата обращения: 24.11.12).

УПРАВЛЕНИЕ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Маркин Василий Евгеньевич

*канд. техн. наук, доцент МГУ им. адм. Г.И. Невельского,
г. Владивосток*

Воробьев Алексей Юрьевич

*канд. техн. наук, доцент ДВФУ, г. Владивосток
E-mail: vasily_markin@mail.ru*

Актуальной задачей современной теории управления является создание высокоэффективных алгоритмов и систем управления для управления сложными динамическими объектами. К классу сложных динамических объектов можно отнести такие объекты, как манипуляционные роботы, подводные аппараты, станки для сложной обработки т. д. Характерными особенностями подобных объектов являются большая размерность математической модели, нелинейности различного вида в математической модели, многосвязность, а также значительная структурная и параметрическая неопределенность, проявляющаяся в процессе функционирования.

Причинами параметрической неопределенности могут быть как динамические свойства самого объекта (например, изменение конфигурации манипулятора приводит к многократному изменению приведенного момента инерции), так и действие среды. Математически такой вид неопределенности можно оценить следующим образом:

$$P_i \in [p_{i \min}, p_{i \max}], \quad (1)$$

где: P_i — некоторый параметр. В процессе функционирования параметры объекта могут принимать значение из диапазона между минимальным и максимальным значением.

Для синтеза алгоритмов и систем управления сложными динамическими объектами в условиях неопределенности используются различные подходы: адаптивный, робастный, нейросетевой и т. д. В работе в качестве базового используется алгоритм управления с переменной структурой. Работающие с использованием данного алгоритма системы с переменной структурой (СПС) известны достаточно давно как релейные системы с разрывным управлением [3]. Управление с переменной структурой обычно строится в следующем виде:

$$U = \begin{cases} u^+(x), & s > 0 \\ u^-(x), & s < 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где: $s = f(x_1, \dots, x_n) = 0$ — уравнение поверхности переключения (скольжения) в пространстве состояния R^n , содержащем фазовые координаты объекта x_1, \dots, x_n . Традиционно рассматриваются системы второго порядка, в этом случае пространство состояний вырождается в фазовую плоскость, а поверхность переключения — в линию переключения [3, 4]. Уравнение поверхности (линии) переключения может быть как линейным, так и нелинейным. В простейшем случае линия переключения представляет собой прямую. В этом случае поверхность переключения задается некоторым вектором параметров C размерности $(n \times 1)$, где n — порядок системы. Характерная особенность систем с переменной структурой (СПС) — наличие так называемого скользящего режима [4]. Скользящий режим — особый динамический режим системы, движение в котором происходит по поверхности переключения $s=0$, построенной в фазовом пространстве R^n (рис. 1).

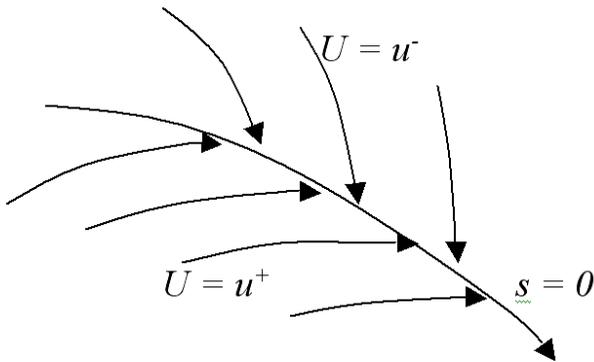


Рисунок 1. Скользящий режим в СПС

Основное условие существования скользящего режима определяется следующим образом [4]:

$$s \cdot \dot{s} < 0. \quad (3)$$

В скользящем режиме система работает в режиме переключений, происходящих теоретически с бесконечно большой частотой. Траектория движения системы теоретически определяется лишь уравнением линии переключения, не зависящим от параметров системы (например, от варьируемой нагрузки). Переходные процессы в скользящем режиме устойчивы и монотонны. Для обеспечения приемлемых динамических свойств системы необходима начальная настройка параметров, для которой традиционно применяется минимаксный метод: вектор параметров s выбирается таким, чтобы при любом наборе начальных условий выполнялось условие существования скользящего режима (3). Иначе говоря, значения коэффициентов линии переключения выбираются с учетом максимального значения изменяющегося параметра $p_{i \max}$ (1). Это позволяет обеспечить возникновение скользящего режима при любых начальных условиях. Вместе с тем быстродействие системы (которое также определяется значениями элементов вектора s) становится невысоким. Это является одним из основных недостатков традиционных СПС. Для увеличения быстродействия применяется адаптация по параметру скользящего режима [5].

Адаптивный алгоритм настройки коэффициента линии переключения с имеет следующий вид:

$$\dot{c} = k_c (\mu_d - \mu), \quad (4)$$

где: k_c — коэффициент пропорциональности,
 μ, μ_d — соответственно текущее и эталонное значения параметра скольжения [1, 2].

В работе исследуется адаптивное управление приводом манипуляционного робота. Структурная схема системы автоматического управления приведена на рис. 2.

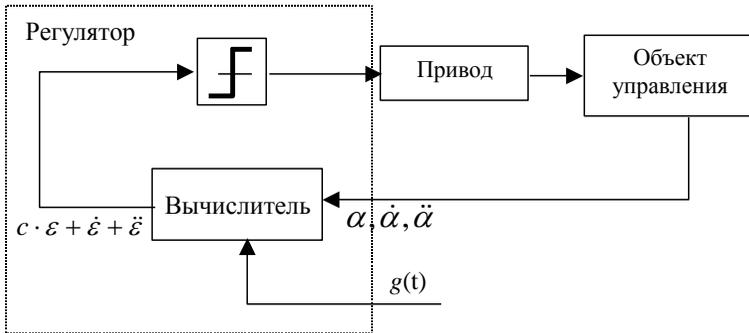


Рисунок 2. Структурная схема системы управления приводом степени подвижности

Для реализации принципа переменности структуры в работе применяется релейное управление:

$$U = \text{sign}(s), \quad (5)$$

В свою очередь,

$$s = \varepsilon \cdot c + \dot{\varepsilon} + \ddot{\varepsilon}, \quad (6)$$

где: c — коэффициент плоскости скольжения (переключения).

Для имитационного моделирования использовался пакет Simulink, входящий в Matlab. Результаты моделирования в виде трехмерной фазовой траектории системы представлены на рис. 3.

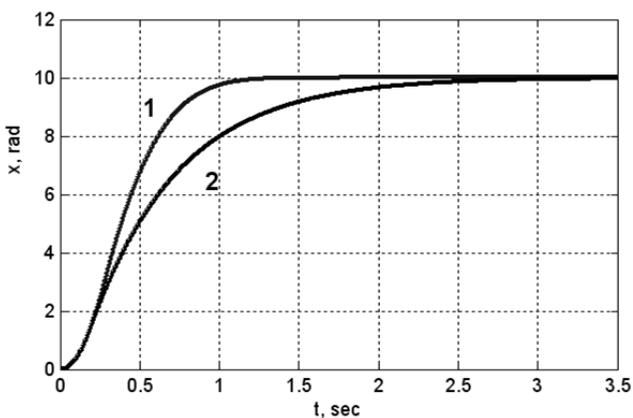
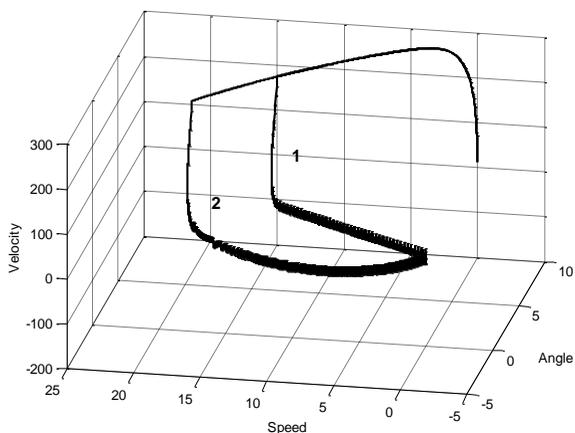


Рисунок 3. Фазовые траектории и временные процессы системы третьего порядка: 1 — без адаптации, 2 — с адаптацией

Моделирование показывает существенное улучшение быстродействия при использовании адаптивного управления. Кроме того, имеет место существенное улучшение динамических показателей качества по сравнению с традиционными алгоритмами управления.

Дальнейшее направление исследований — обеспечение большей робастности алгоритмов управления по отношению к параметрам объекта и регулятора. Таким образом, разработаны алгоритмы управления сложным динамическим объектом высокого порядка в условиях существенной параметрической неопределенности.

На основе предложенных алгоритмов синтезированы адаптивные системы управления. Проведены численные эксперименты, продемонстрировавшие высокую эффективность предложенных решений.

Список литературы:

1. Дыда А.А., Маркин В.Е. Системы управления с переменной структурой с парными и нелинейно деформируемыми поверхностями переключения. // Проблемы управления. — 2005, № 1. С. 22—25.
2. Маркин В.Е. Субоптимальное по быстродействию управление сложными динамическими объектами в условиях неопределенности. / Труды XIII Байкальской Международной школы-семинара по методам оптимизации. Т. 2 — Иркутск, 2005. С. 177—181.
3. Теория систем с переменной структурой. / Под ред. С.В. Емельянова — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1970 — 592 с.
4. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981 — 368 с.
5. Dyda A.A. Design of Adaptive VSS algorithms for Robot Manipulator Controls. Proc. Of First Asia Control Conference. Tokyo, July 27—30, 1994. Pp 1077—1080.

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО СЛОВАРЯ

Мункуева Санжидма Дармаевна

канд. техн. наук, доцент ВСГУТУ, г. Улан-Удэ

Дугаров Дмитрий Владимирович

студент ВСГУТУ, г. Улан-Удэ

E-mail: msd24@rambler.ru

В настоящее время в век стремительного развития компьютерных технологий в лексикографии появилась новая отрасль — электронная лексикография, занимающаяся созданием электронных словарей. Электронные словари сочетают большой объем с удобством пользования, поэтому пользуются спросом. Существующая система гиперссылок обеспечивает возможность быстрого доступа к нужной качественной информации. В этой связи для создания терминологических электронных словарей важна консолидация сил и умений

не только программистов и специалистов по языку — лингвистов, но и специалистов в определенной области знаний, т. е. тех, кто будет пользоваться им в своей профессиональной деятельности.

Лексическая семантика изучает способы толкования значений слов. Академик Ю.Д. Апресян придумал идею создания «развернутых портретов» разных слов и реализовал ее при составлении НБАРС — наиболее полного англо-русского словаря. НБАРС — это методически усовершенствованная версия известного двухтомного «Большого англо-русского» словаря под редакцией проф. И.Р. Гальперина, изданного в 1972 году. Как подчеркивает В.П. Бутромеев [1, с. 3], словарь «можно доработать, завершить — и не только завершить, но и превратить в чудесный механизм, в перпетум мобиле, работающий до тех пор, пока нация, «вырабатывающая» в процессе своей жизнедеятельности язык, не просто существует, а живет как творчески самосовершенствующийся и совершенствующий мир организм». По мнению исследователей [5, с. 21], система морфологического анализа может включать в себя:

1. «словари пополняемые, поэтому не должны устаревать»;
2. при поиске в словаре использует конечный автомат, что позволяет находить слово за линейное от его длины время»;
3. написание на C++, компилируется под Linux и Windows»;
4. развитую систему добавления новых слов»;
5. русский, немецкий и английский лексиконы».

Следовательно, сколько в мире языков, столько может быть словарей. Нами рассматривается принципиальная возможность создания электронного англо-русского бурятского монгольского терминологического словаря пищевой и биотехнологической промышленности, ориентированного на пользователей разных уровней и специальностей, начиная с пищевой отрасли, заканчивая ветеринарной или таможенной службой.

Восточные языки имеют свою специфику и определенные трудности перевода. Как подчеркивают лингвисты [3, с. 14], в языке не существует строгого соответствия: одно слово — одно лексическое значение. Большинство слов многозначно. Следовательно, в процессе исторического развития языка словарный лексикон любой народности претерпевает изменения, пополняется новыми словами и терминами. В этой связи работа над словарем представляет собой очень большой труд. Выявление специфических терминов и фраз, используемых в профессиональных обществах и объединениях возможно только в сотрудничестве со специалистами — будущими пользователями словаря. Так, ученые [4, с. 16] предлагают «концепты конкретной

онтологии распределять по кластерам. Кластеры соответствуют ролям, которые выполняют концепты в различных словосочетаниях, типичных для прикладной онтологии».

Анализ существующих словарей свидетельствует о большом разнообразии. Структурная схема словаря должна содержать панель рубрики с ее монгольским или бурятским, английским переводом и транскрипцией. Орфоэпические особенности восточных языков представляют определенную трудность. В этой связи, транслитерация в приближенном варианте возможна. Многие составители включают в состав словарей панель статистики, где фиксируется контроль скорости изучения языка. Вероятно, тогда словарь можно рассматривать в качестве обучающей системы.

В рамках компетентного подхода в образовании разработка словаря может иметь большое значение для развития у студентов, изучающих базовый курс информатики и информационных технологий, следующих компетенций, изложенных в статье [2, с. 55]:

Таблица 1.

Значения некоторых видов компетенций студентов, изучающих базовый курс информатики и информационных технологий

Компетенции	Значение компетенций
Общекультурные: ОК — 1	Способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, владение культурой системного мышления
ОК — 5	Способность понимать сущность и значение информации в развитии информационного общества
ОК — 6	Способность применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации
ОК — 7	Способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
Профессиональные коммуникации ПК — 2	Способность применять программные средства системного, прикладного и специального назначения

Появление новых технологий обучения, новые или изменяющиеся запросы потребителей могут переориентировать разработчиков словарей к другим видам словарей. Так, например, для переработчиков мясного сырья и ветеринаров очень необходим электронный определитель названий мышц некоторых видов убойных животных

на англо-русском бурятском монгольском языках. Важно представить в электронном виде иллюстрации. Они должны быть отсортированы по темам и алфавиту. Кроме того, в условиях возрастающего использования различных пищевых и функциональных добавок предприятия пищевой промышленности нуждаются в словарях с раскодированием информации о токсичности тех или иных ингредиентов. Такие базы знаний должны постоянно обновляться.

Следующими по степени важности являются инфокоммуникационные технологии, т.е. созданные словари могут обеспечивать общение специалистов разных стран. Они могут найти применение на всех уровнях подготовки специалистов.

Вышеперечисленные аргументы в пользу создания электронного словаря свидетельствуют о том, что разработчики найдут применение своим знаниям и умениям и в других отраслях науки и техники. Эти словари могут быть встроены в СУБД различных ведомств. Тогда будут уже другие задачи, связанные со скоростью, корректностью и т. д.

Таким образом, терминологический электронный словарь можно представить в виде многоуровневой динамической системы со своим тезаурусом, логикой построения и сферой приложения. Несомненно, это междисциплинарная задача, решение которой возможно при сотрудничестве специалистов из разных областей знания. Создание электронного словаря отличается высокой трудоемкостью, поскольку может быть затрачено много усилий лингвистов, программистов и инженеров-технологов, биотехнологов, ветеринаров, специалистов сферы общественного питания, туризма и таможни.

Список литературы:

1. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка. — М.: Олма-Пресс, 2002.
2. Карчевская М.П., Рамбургер О.Л. Формирование и контроль качества освоения компетенций базового курса информатики в техническом вузе// Информатика и образование. — № 8, 2012. — С. 55—57.
3. Кривонос А.Д., Редькина Т.Ю. Разберемся в тексте — разберем текст. — СПб.: Лаборатория СПбГУ, 2001.
4. Норенков И.П., Уваров М.Ю. Извлечение знаний из текстовых документов на основе концептно-ориентированной типизации запросов// Информационные технологии. — № 4, 2012. — С. 14—17.
5. Тарасов В.Н., Мезенцева Е.М. Организация защиты компьютерных сетей. Метод многомодульной фильтрации спама на Web-сайтах// Информационные технологии. — № 6, 2012. — С. 18—22.

ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ АКТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ

Рубан Иван Анатольевич

аспирант, ИСОуП (филиал) ДГТУ г. Шахты

E-mail: ivcgl@yandex.ru

Введение

Сложность разрабатываемого программного обеспечения постоянно растет. Мощные абстракции языка программирования позволяют разрабатывать и поддерживать сложнейшие системы. Наиболее популярным, в настоящее время является объектно-ориентированный подход [1] и обобщенное программирование [3]. Обобщенное программирование предоставляет дополнительные возможности в создании универсального кода, но разработка в таком стиле требует высокого профессионализма и вызывает серьезные сложности в поддержке кода другого разработчика. Поэтому, некоторые объектно-ориентированные среды разработки только заимствовали только часть возможностей обобщенного подхода. Так, например, язык C# поддерживает универсальные шаблоны. Интерес к обобщенному программированию во многом объясняется тем, что в погоне за дешевизной и скоростью разработки, практически каждое программное обеспечение является продуктом синтеза ранее созданных компонентов. Кроме того, синтез повторно используемых компонентов предъявляет высокие требования к возможности удобной, быстрой и простой корректировки алгоритмов.

Со временем, сложность проектируемого программного обеспечения будет только расти. Но уже сейчас возникают сомнения, что обобщенное программирование решит задачу упрощения разработки сложнейших систем. Разрабатываются новые средства, нацеленные на упрощение разработки сложных программных решений, такие как, платформа .Net Framework [6], система Windows Presentation Foundation [5], язык HTML 5 [7] и другие. Их новизна заключается в специализированных системах поддержки разработки и более мощных абстракций.

В данной работе рассматривается инструмент разработки активных интеллект-карт. Метод активных интеллект-карт предлагается как альтернатива языковым средствам разработки. Метод состоит в построении ориентированного графа, состоящего из узлов условий, узлов ввода/вывода и дуг определяющих направление передаваемых значений [4].

Визуальные средства разработки

Визуальные средства разработки представляют собой набор диалоговых окон. Основой интерфейса является главное окно, представленное на рисунке 1. В нем располагается список активных интеллект-карт и кнопки редактирования. Каждый элемент списка отображает имя и описание. Учитывая сложность и разнообразность возможных алгоритмов, дополнительное описание облегчит взаимодействие разработчиков. Кроме того, имеется уникальный идентификатор, который в будущем позволит реализовать алгоритм обмена разработками.

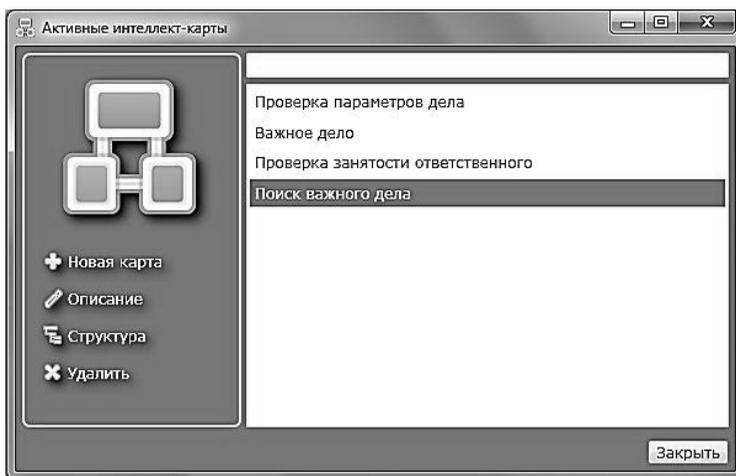


Рисунок 1. Главное окно

На рисунке 2 представлено окно редактирования и отладки, которое вызывается по нажатию кнопки «Структура» главного окна. Кнопка «Добавить узел» и «Добавить канал» добавляют в граф новый узел и канал ввода/вывода соответственно. Для удобства восприятия канал обрамлен красным цветом, а узел синим. Кнопка «Присоединить...» активирует возможность присоединения выделенных элементов к другому элементу одним кликом. Кнопка «Удалить» удаляет выделенные узлы, каналы или связь между элементами. Функциональность кнопок редактирования дублируется соответствующим контекстным меню на узлах, каналах и связях. Кнопка «Редактировать» открывает окно редактирования выделенного узла или канала.

Для отображения графа используется компонент GraphSharp [2]. Кнопка «Выровнять» позволяет использовать встроенные возможности выравнивания графа. Кроме того, узлы и каналы ввода/вывода, создаваемые во время расчета структуры подсвечиваются оранжевым цветом.

Панель отладки расположена под графом. Ее функциональность позволяет выполнять пошаговый расчет, приостановку и запуск конвейера расчета.

Главная особенность расчета заключается в необходимости выделения его в отдельный поток, то есть вершины рассчитываются сразу, как только в главном потоке выполнится присваивание необходимых входных значений.

Кнопка «Запустить» добавляет, сохраненную в базе данных, активную интеллект-карту в конвейер расчета.

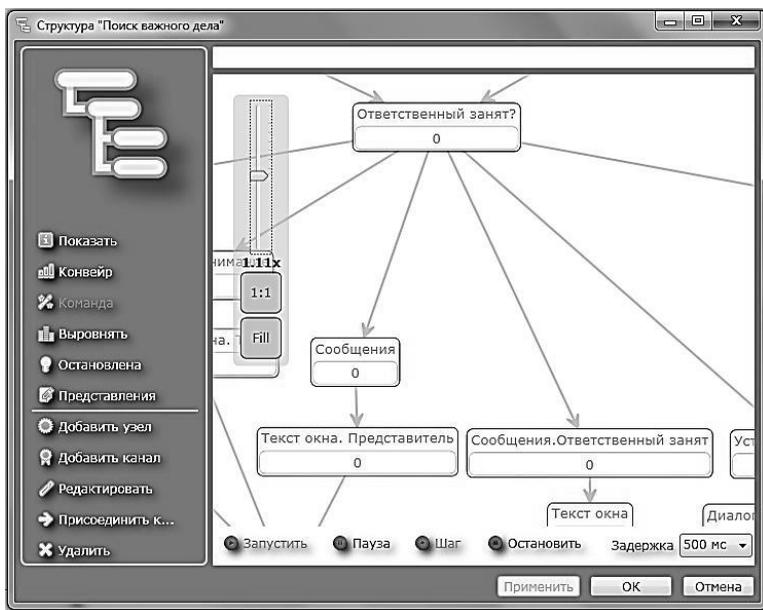


Рисунок 2. Окно редактирования структуры

На рисунке 3 представлено окно редактирования канала ввода/вывода. Канал осуществляет взаимодействие с сущностями приложения. Сущность должна реализовать кроссплатформенный интерфейс `IAMMTargetObject` для возможности прикрепления к каналу. Данный интерфейс описывает механизм получения списка

имен всех функций сущности, что позволяет использовать комбинированный список для выбора прикрепляемой функции к каналу. В контексте исследования такие сущности были названы целевыми объектами.

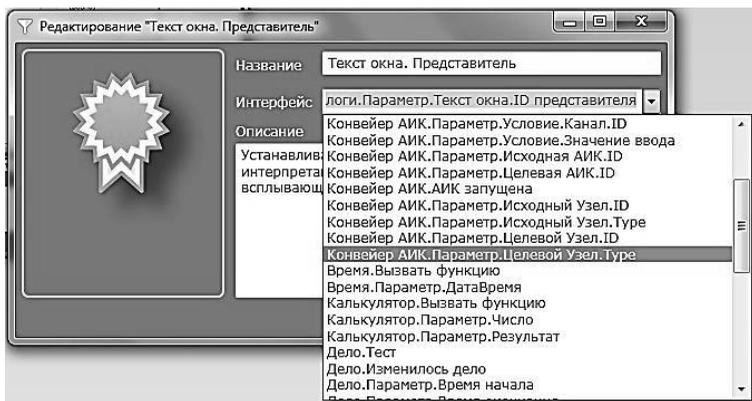


Рисунок 3. Окно редактирования канала ввода/вывода

На рисунке 4 представлено окно редактирования узла. Условия ввода узла объединены в группы. Кнопка «Добавить группу» добавляет в список группу условий ввода. Группа содержит число с плавающей точкой, которое необходимо передать последующим элементам графа, в случае если все содержащиеся условия выполняются. Элемент управления, представляющий интерпретации чисел позволяет выбрать нужное число, руководствуясь его текстовым описанием. Кнопка «Добавить условие» добавляет в выбранную группу условие ввода. Оно представляет собой проверку переданного числа от предыдущего элемента. Предыдущий элемент, тип условия выбирается по средствам соответствующих выпадающих списков, в которых представлены возможные значения. Значение ввода может быть установлено по средствам интерпретации чисел.

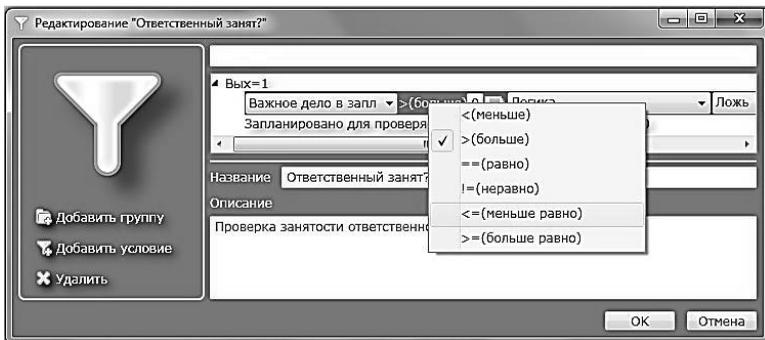


Рисунок 4. Окно редактирования узла условий

На рисунке 5 изображено окно представлений. Намерено было подобрано название «Представления», так как «Интерпретатор» в контексте программирования ассоциируется с иным инструментом. Редактируемые представления хранятся в дополнительной таблице базы данных. Представитель содержит список текстовых описаний соотнесенных с числами. Все представления доступны через целевой объект. Передав параметры, указывающие на конкретную интерпретацию числа, другому целевому объекту, например, «Диалоги» может использовать как строковые переменные при вызове функций отображения диалоговых окон. Фактически активные интеллект-карты позволяют создавать генераторы текста, но на ранних этапах исследований основное внимание уделяется выработке методологии проектирования. Предполагается, что данные генераторы позволят реализовать механизм естественных языков, но сложность подобных исследований требуют выделения их в отдельный этап.

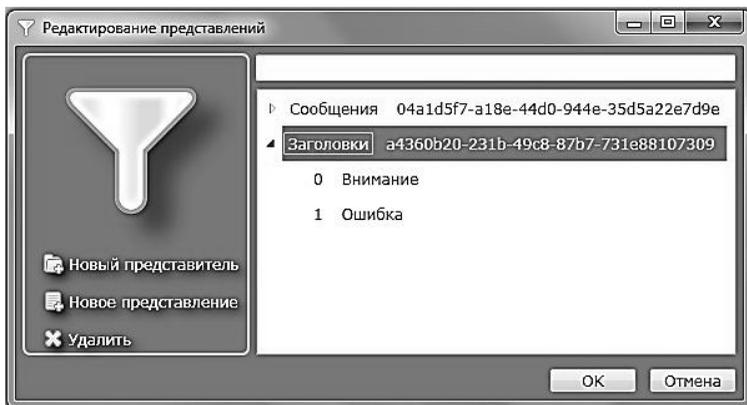


Рисунок 5. Окно редактирования представлений

Реализация алгоритмов обработки информации требует разложения сложных для восприятия структур. Кроме того, принципы универсальности алгоритмов предполагают создания структур, генерирующих и управляющих другими структурами. В контексте программирования такая возможность сравнима с написанием исходного кода, который пишет исходный код программного обеспечения. Реализация конвейера расчета активных интеллект-карт как целевого объекта позволяет реализовать вышеописанное. На рисунке 6 представлено окно конвейера, необходимое для возможности отладки процессов самогенерации и самоуправления групп структур. Кроме того, учитывая возможность генерации, данное окно может представлять функциональность схожую с окном списков визуальных компонентов среды программирования.

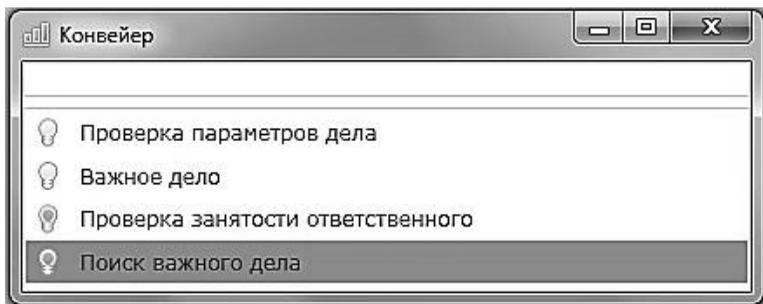


Рисунок 6. Окно конвейера

Заключение

Сложно представить современную среду разработки программного обеспечения без средств визуализации различных этапов разработки, а в частности интерфейса. Кроме того, создаются средства представления результатов отладки, анализа кода в виде графиков. Данные возможности позволяют разработчику сосредоточиться на творческих задачах и не терять драгоценное время на дополнительную отладку кода. Тем не менее, средства визуализации до сих пор выполняют второстепенные задачи, а основные решаются кодированием. В инструменте разработки активных интеллект-карт обратная ситуация — текст используется как описания, а основную задачу решают визуально проектируемые структуры. В настоящее время подобные системы наиболее актуальны, так как своей простотой и удобством они способны привлечь обычных пользователей к разработке и конфигурированию используемого программного обеспечения.

Список литературы:

1. Лафоре Р. Объектно-ориентированное программирование в С++. СПб.: Питер, 2004. — 923 с.
2. Модуль отображения графов GraphSharp. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://graphsharp.codeplex.com/> (дата обращения: 02.11.2012).
3. Остерн М.Г. Обобщенное программирование и STL: использование и наращивание стандартной библиотеки шаблонов С++ / Пер. с англ. Под ред. А. Махоткина и И.В. Романовского. СПб.: Невский Диалект, 2004. — 544 с.
4. Рубан И.А. Модуль активных интеллект-карт. «Актуальное состояние и тенденции развития физико-математических наук и информационных технологий»: материалы международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 142 с.
5. Система Windows Presentation Foundation. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms754130.aspx> (дата обращения: 02.11.2012).
6. Шеферд Дж. Программирование на Microsoft Visual С++ .NET. СПб.: Питер, 2007. — 928 с.
7. Язык разметки гипертекста HTML5. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://htmlbook.ru/html5> (дата обращения: 02.11.2012).

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ АСУ ДЛЯ ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Таранов Юрий Александрович
аспирант ТюмГНГУ, г. Тюмень
E-mail: Flanker18@mail.ru

Информационные системы для сбора, обработки, хранения и анализа данных используются во всех отраслях, в т. ч. и в медицине. В связи с тем, что в медицине требуется оперативная обработка информации и незамедлительное реагирование на происходящие события, актуальным является не только сбор, но также и анализ данных. Перевод медицинских учреждений на электронную форму ведения документации и наблюдающаяся тенденция к созданию единого информационного пространства медицинских учреждений предопределяют необходимость разработки унифицированных АСУ для обмена информацией в требуемом и единообразном виде с учетом профиля и специфики лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ).

В этой связи целью настоящей работы явилась разработка автоматизированной информационно-аналитической системы для перинатальных центров, удовлетворяющей современным требованиям реализации медицинских информационных систем. За основу взят принцип модульного построения, обеспечивающий широкие возможности адаптации системы для любого медицинского учреждения соответствующего профиля. В задачи входило построение модели системы и разработка ее модулей.

Автором ведется работа по созданию комплексной автоматизированной системы для оперативного контроля и управления работой перинатальных центров (проект «Cyberdoctor»), отличительными особенностями которой являются: внешняя простота (сложность «за кадром»); открытая платформа (возможность обмена данными с другими информационными системами); наличие кроссплатформенного Web-приложения; легкость управления (развитая система контроля и управления доступом к данным); пронизывающая безопасность (доступ к данным контролируется на всех уровнях обработки); возможность работы в «облаке» (SaaS); лицензионная прозрачность (использование программного обеспечения с открытым исходным кодом); использование технологии «тонкий клиент» на базе СПО Linux. В систему заложены функции своевременного выявления критических случаев и помощи в принятии управленческих решений.

Разработка системы ведется на основе веб-фреймворка Drupal 6 с активным использованием свободных модулей; язык разработки — PHP; приоритетный веб-сервер — nginx; приоритетная серверная платформа — Debian Linux. Клиентская часть разрабатывается на HTML с использованием javascript-фреймворка DoJo, позволяющего создавать удобные и динамичные интерфейсы.

В качестве СУБД для хранения информации ядра модулей могут использоваться такие, как PostgreSQL, MySQL, MSSQL. В зависимости от СУБД ядро предоставляет соответствующие функции работы с ней. В качестве приоритетной выбрана СУБД PostgreSQL, т. к. она предоставляет темпоральность хранения данных, отличается надежностью, удовлетворяет требованиям по безопасности, быстродействию и является свободно распространяемой.

«CyberDoctor» разрабатывается как комплексная система автоматизации деятельности перинатальных центров, обеспечивающая автоматизацию регистрации, ведения и учета историй болезни с возможностью анализа и статистической обработки, а также с функцией помощи в принятии управленческих решений на основе мощной статистической базы. Система представляет собой веб-ориентированное приложение, работающее по технологии «клиент-сервер»; имеет модульную структуру, адаптируемую под нужды конкретного ЛПУ с возможностью расширения и модернизации.

Система разработана с учетом организации работы как на больших расстояниях (через Интернет), так и в пределах организации (локальная сеть). Браузерный вариант позволяет получать доступ к системе с любого компьютера в пределах рабочей сети (Интернет или локальная сеть), что не требует наличия особого программного обеспечения; необходимо только наличие WEB-браузера (Internet Explorer, Opera, FireFox и т. д.). Права доступа разграничены для различных категорий пользователей (пользователь, администратор, медстатистик и др.); каждая категория пользователей имеет доступ к своей части системы с учетом своих компетенций.

Конечный результат разработки АСУ для лечебного учреждения — интранет-сайт (или интернет-сайт) в зависимости от нужд организации; с учетом особенностей ЛПУ определяется также набор модулей.

В структуре системы выделяются ядро системы и модули (базовые и дополнительные). Базовыми модулями являются «Регистратура», «История болезни», «Статистика и аналитика». Дополнительные модули формируются исходя из нужд лечебно-профилактического учреждения; к ним можно отнести, например

модули «Отделение гинекологии», «Отделение ультразвуковой диагностики», «Лаборатория», «Мониторинг», «Управление персоналом» и др. При этом каждый модуль представляет собой обособленную разработку и может использоваться отдельно от других. Но данные любого модуля могут быть использованы другими частями системы, т.е. предусмотрена интеграция с остальными модулями.

В разработке заложены следующие функции ядра системы: управление пользователями; взаимодействие с базой данных; контроль доступа для пользователя; обработка ошибок; почтовая система; генерация отчетов; операции с историей болезни; управление диагнозами, операциями, медикаментами (поиск по классификатору МКБ-Х; поиск по перечню операций; поиск по базе медикаментов РЛС); выписка направлений и др. Все функции могут быть переопределены в модулях; базовые функции позволяют создать шаблон для любого отделения. Расширив возможности ядра с помощью грамотно составленных модулей, можно получить специализированную АСУ для любого медицинского учреждения.

Построение базовых и дополнительных модулей системы проводили с учетом следующих функциональных возможностей и особенностей.

Модуль «Регистратура»: ведение картотеки пациентов; регистрация электронной медицинской карты пациента; фиксация любого изменения информации о пациенте; запись на прием; наличие встроенных и обновляемых справочников (адресов, справочник медицинских учреждений, страховых организаций и т. п.); интеграция со справочником КЛАДР; настраиваемые под бланк организации печатные формы карты пациента.

Модуль «История болезни»: создание истории болезни пациента при поступлении его в отделение: формирование выписки при убытии; возможность подключения справочников — МКБ, справочник операций и манипуляций, справочник лекарственных средств (например, РЛС) и др.; формирование статистической карты; поиск истории болезни по различным критериям.

Модуль «Статистика и аналитика»: статистический анализ по историям болезни или картотеке пациентов; наполнение отделений; нагрузка на врачей; графики распределения пациентов по месяцам, дням, лечащим врачам, диагнозам и т. п.; формирование таблиц, графиков, диаграмм по различным показателям; создание стандартных форм отчетности (13, 16, 32); интеграция с другими модулями системы.

Модуль Отделение гинекологии: автоматизация ведения электронной истории болезни в рамках отделения гинекологии;

генерация сводок и отчётов о работе отделения; возможность быстрого поиска информации о предыдущих посещениях пациентом отделения; возможность интеграции с популярными справочниками (РЛС и т. п.) и другими модулями системы.

Модули «Лаборатория» и «Отделение УЗИ- диагностики»: внесение результатов анализов; ведение протоколов УЗИ; формирование и распечатка итогового протокола; привязка данных к истории болезни.

Модуль «Мониторинг»: непрерывный анализ вводимых данных; оперативность реагирования на отклонения при ведении истории болезни; анализ отклонений и критических случаев; формирование информационного блока о серьезных отклонениях в ведении истории болезни и др.

Модуль «Управление персоналом»: ведение истории замечаний, повышение оперативности и качества управления решения проблем; обмен информационными сообщениями между пользователями по иерархии; возможность ведения статистики замечаний и др.

В настоящий момент реализовано ядро системы и ряд перечисленных выше модулей, которые можно использовать для организации работы перинатальных центров.

В качестве ключевого модуля системы для этих учреждений разработан «Журнал родов», являющийся частным случаем модуля «История болезни». Разработанная ранее часть системы для ведения электронного журнала родов [1, 2] была успешно внедрена на территории юга Тюменской области в подведомственных ГЛПУ ТО «Перинатальный центр» (г. Тюмень) лечебно-профилактических учреждениях.

База данных для ведения электронного журнала родов спроектирована в пакете ERWin и представляет собой разветвленную сеть таблиц (рис. 1).

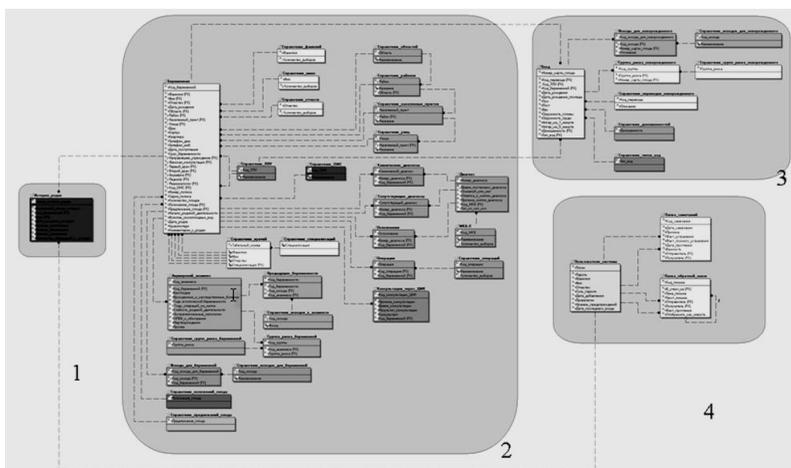


Рисунок 1. Структура базы данных:
1 — журнал родов, 2 — карта роженицы,
3 — карта новорожденного, 4 — служебная структура

База разделена на несколько частей, каждая из которых представляет какую-либо крупную единицу системы: собственно журнал родов, карта роженицы, карта новорожденного и служебная структура. Части связаны между собой, и эти связи позволяют быстро и максимально просто извлекать из базы нужные данные. В базе минимизирована избыточность хранения данных, количество NULL-значений, а так же количество сущностей. Тщательно продуманы связи между отношениями, первичные и внешние ключи. Ключевыми отношениями в данной базе являются специфичные отношения и «Пользователи системы». Остальные сущности представляют собой либо справочники, либо дополнительные данные о ключевых сущностях.

Для формирования журнала родов, его составных частей и сокращения времени заполнения журнала и карт база данных содержит целый ряд справочников. Для заполнения специфической медицинской части карт в системе имеются справочники диагнозов в соответствии с международной классификацией болезней (поиск по классификатору МКБ-Х) и операций, а также справочники ЛПУ, врачей и т. п. Предусмотрены также справочники для определения групп риска у пациентов. Для удовлетворения требованиям по безопасности для обработки персональных данных идентификация пациентов предлагается по номеру истории родов, являющегося

уникальным в пределах календарного года и конкретного ЛПУ. Интерфейс модуля приведен на рис. 2.

В разработке заложена не только автоматизация ведения журнала родов, но и возможность статистической обработки по важнейшим показателям работы с генерацией сводок и отчетов (рис. 3), а также отслеживание ситуации в режиме реального времени для своевременного выявления критических случаев, требующих немедленного реагирования, и функции управления персоналом, основанные на системе поддержки принятия решений.

Разработка ориентирована на ГБУЗ ТО «Перинатальный центр» (г. Тюмень) и подведомственные ему лечебно-профилактические учреждения юга Тюменской области, но заложенная гибкость системы, позволяющая настраивать ее под нужды конкретного ЛПУ, значительно расширяет сферу использования предлагаемой АСУ.

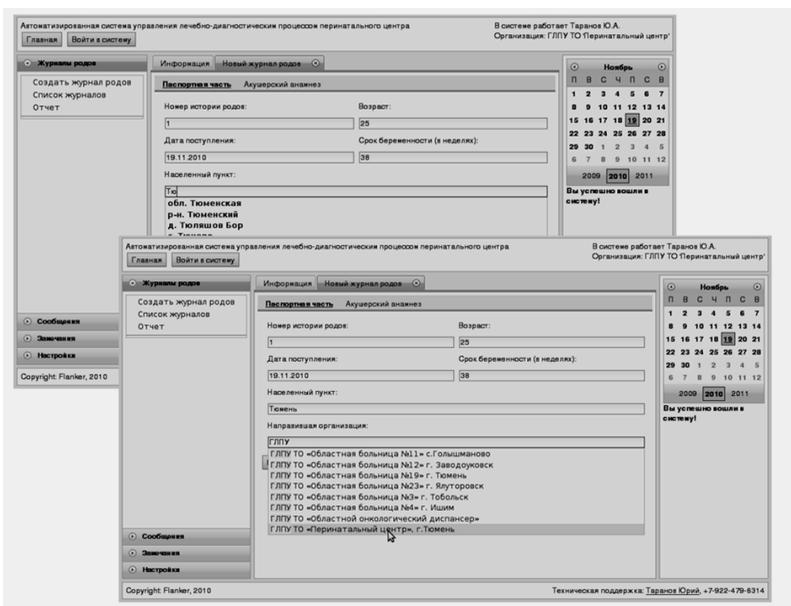


Рисунок 2. Вид страниц электронного журнала родов

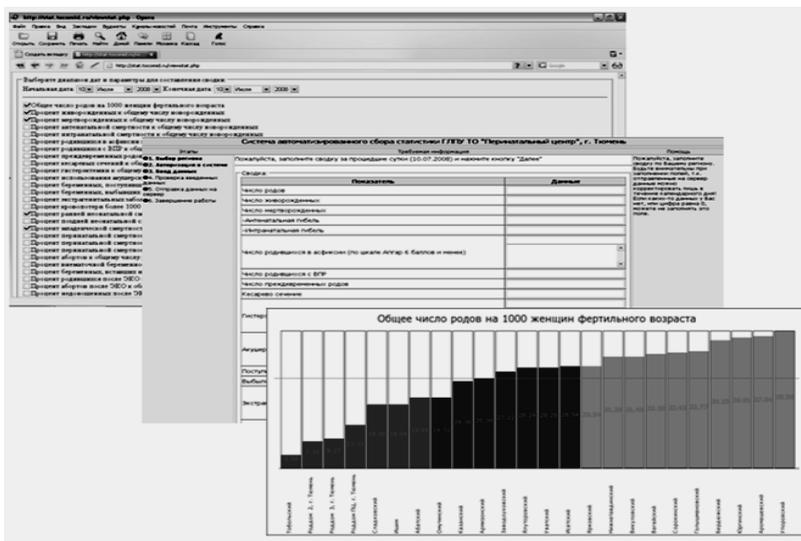


Рисунок 3. Примеры статистических таблиц и графиков

Таким образом, разработанная комплексная автоматизированная информационно-аналитическая система «CyberDoctor» имеет большое практическое значение для организации работы перинатальных центров и позволяет не только облегчить работу с первичной информацией, но и незамедлительно обрабатывать и анализировать срочную и требующую особого внимания информацию.

Предложенный в работе модульный принцип построения с широкими возможностями адаптации системы для любого медицинского учреждения соответствующего профиля позволит разрабатывать унифицированные информационно-аналитические АСУ для любого лечебно-профилактического учреждения в соответствии с его потребностями.

Список литературы:

1. Таранов Ю.А. Борзых Э.В. Разработка АСУ лечебно-диагностическим процессом в перинатальном центре. // *Фундаментальные исследования*. — 2009. — № 9. — С. 75—76.
2. Таранов Ю.А. Разработка автоматизированной системы контроля и управления лечебно-диагностическим процессом в перинатальном центре// *Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии — нефтегазовому региону»*, Тюмень: ТюмГНГУ. — 2010, т. 2. С. 98—101.

РАБОТА СО СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ДАНЫМИ

Топчий Антон Владимирович

аспирант ИСОуП (филиал) ДГТУ г. Шахты

E-mail: anton_s.topchiy@mail.ru

Введение.

В современном обществе роль и значение информации довольно высоки. Это обусловлено постоянным усложнением нашего общества и соответственно усложнением взаимоотношений в обществе, что приводит к увеличению количества информационных потоков и непосредственно данных. В результате всё чаще появляется необходимость извлечения определённой информации из слабоструктурированных данных.

Такая потребность может возникнуть, например, при работе с прецедентами. Прецедент можно определить как событие, произошедшее ранее, и являющееся примером для выработки действий в аналогичных случаях [1]. При работе с прецедентами не всегда их можно описать одинаково, таким образом имеется смысл в применении технологий позволяющих извлекать информацию из слабоструктурированных данных. Что позволит значительно упростить разработку системы работающей с прецедентами и не только с ними. Такие технологии позволят упростить разработку и других систем, которые должны осуществлять работу со слабоструктурированной информацией.

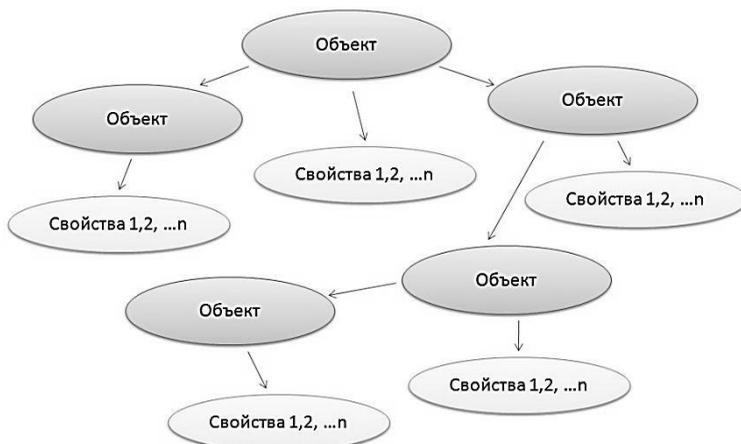
В свою очередь целями работы является поиск модели позволяющей извлекать из слабоструктурированных данных требуемую информацию, и разработка модуля, в котором программно реализован эта модель. При разработке модуля нужно учитывать следующие условия:

- Модуль должен работать с объектами, которые содержат информацию о данных.
- Объекты для хранения данных должны иметь как можно более простую структуру.
- Сам модуль и объекты для хранения данных при работе должны быть полностью независимыми друг от друга.
- Модуль должен извлекать из слабоструктурированных данных необходимую информацию.

- Для тестирования модуля должна быть написана простая программа, дающая возможность использовать все возможности модуля, которые будут реализованы.

Поиск метода.

Для реализации поставленных задач в качестве базовой модели была выбрана «Сетевая модель» разработанная Коллинзом А. и Квиллианом Р. (1968). Модель является множеством объектов, каждый из которых имеет набор свойств описывающих субъективно выбранный элемент реального мира. Все объекты модели связаны друг с другом логическими отношениями (рисунок 1) [4].



***Рисунок 1. Сетевая модель
Коллинза А. и Квиллиана Р. (1968) [4]***

Сетевая модель Коллинза и Квиллиана может применяться для представления некоторого количество элементов реального мира в слабоструктурированном виде.

Сетевая модель имеет сходства с «Семантической моделью данных» разработанной Хаммером М. и Маклеодом Д. в 1981 году [3]. К сходствам этих моделей можно отнести, то, что в них объекты являются абстракциями событий и сущностей реального мира. Свойства объектов, как в сетевой модели, так и в семантической модели данных описываются атрибутами [3, 4].

Ориентируясь на сетевую модель, была выработана структура базового элемента для мульти-агентной системы, которая в общих чертах упоминалась в докладе «Анализ и структурирование

данных» [5]. У неё такие же сходства с семантической моделью данных, как и у сетевой модели, что в свою очередь добавило теоретической обоснованности идее и упростило разработку модуля на основе мульти-агентной системы.

Базовый элемент для мульти-агентной системы имеет следующее строение (рисунок 2) [5]:

- Название, хранит имя сущности реального мира, которая отражена в объекте.
- Функциональная часть, содержит все функции, которые сможет выполнять объект.
- Свойства объекта, описывают параметры сущности хранимой в нём.
- Вход-выход, эта часть объекта предназначена для осуществления взаимосвязи с другими объектами и внешней средой.



Рисунок 2. Базовый элемент для мульти-агентной системы [5]

Мульти-агентная система состоит из множества агентов (см. рис. 2), в которых описаны сущности реального мира. Все агенты взаимосвязаны между собой и работают как единая система. Для полноценного объединения всех элементов, предполагается использовать хранилище объектов, которое должно осуществлять

внешние функции управления системой и являться для всех объектов внешней средой [5].

Реализация метода.

Для реализации мульти-агентной системы было решено использовать Delphi 7. Основанием для выбора среды послужило субъективное предпочтение и умение работать в среде Delphi 7, а также её достаточно широкие возможности для разработки программ [6].

В результате проделанной работы была написана программа, состоящая из «Внешнего интерфейса» и самого модуля содержащего мульти-агентную систему.

Внешний интерфейс является простой программой, которая позволяет использовать реализованные возможности модуля:

- Загрузку массива объектов;
- Осуществление запроса на поиск объектов по введённым параметрам;
- Взятие результатов работы модуля.

Модуль мульти-агентной системы является функционально независимым и может быть подключён к любой программе. Он состоит из нескольких условно и функционально различающихся частей:

- Интерфейса модуля — набора функций, которые позволяют работать с модулем.
- Хранилища объектов — предназначенного для хранения объектов и управления ими.
- Пространства объектов — n -го количества объектов, в которых описаны сущности реального мира. Предполагается, что их максимальное количество не ограничено.

В работе модуля есть несколько особенностей, которые позволяют говорить, что в нём реализована мульти-агентная система. Первой из них является, то, что хранилище объектов и сами объекты функционально независимы. Т. е. процедура передаёт команду объекту и на этом завершается, в объекте в свою очередь запускается выполнение этой команды.

Вторая особенность заключается в том, что всё общение объекта осуществляется только через процедуры моделирующие вход-выход модели (см. рис. 2), а не по стандартным принципам взаимодействия объектов, описание которых можно найти в книгах по объектно-ориентированному программированию, например в книгах «Библия Delphi» и «С++ Объектно-ориентированное программирование» [2, 6].

Третьей особенностью является, то, что хранилище объектов передаёт команду только одному объекту, далее объекты передают полученную команду друг другу.

Результаты эксперимента.

Для проверки работоспособности модуля и мульти-агентной системы были осуществлены два эксперимента. Первый должен был проверить возможности работы с однородными объектами задач, приведёнными в таблице 1.

Таблица 1.

Однородные объекты задач

Год	Месяц	Завершённость	Название задачи	Тип	Срочность
2011	04	Нет	Задача 1	Рабочая	1
2012	04	Да	Задача 2	Личная	3
2012	05	Нет	Задача 3	Рабочая	2
2012	07	Нет	Задача 4	Аспер.	1
2012	07	Нет	Задача 5	Аспер.	2
2012	08	Да	Задача 6	Рабочая	3
2012	08	Нет	Задача 7	Рабочая	1
2012	08	Нет	Задача 8	Аспер.	1
2012	08	Да	Задача 9	Личная	1
2012	08	Да	Задача 10	Аспер.	2

Суть эксперимента, в том, что в модуль посылались запросы на извлечение объектов с определёнными значениями свойств. В результате было сделано 20 запросов, их все можно разделить на группы:

- 1-ая группа — взятие объектов со всеми заполненными параметрами, было проведено 5 опытов с положительным результатом.
- 2-ая группа — взятие объектов с 1—3 незаполненными параметрами, было проведено 7 опытов с положительными результатами.
- 3-я группа — взятие объектов с 1—2 заполненными параметрами, было проведено 8 опытов с положительными результатами.

Второй эксперимент предполагал работу с неоднородными объектами, т. е. у объектов различается количество и название свойств. Для большего количества объектов к существующим объектам задач (таблица 1) были прибавлены новые приведённые в таблице 2.

Таблица 2.

Неоднородные объекты

Имя	Количество св-в.	Свойства
Книга	5	Листов: 203; Название: Что-то интересное; Автор: Человек; Издана: 2001; Издательство: где-то в Москве.
Книга	5	Листов: 880; Название: Библия Delphi; Автор: Михаил Флемов; Издана: 2007; Прочитана: Да.
Книга	6	Листов: 464; Название: С++ объектно-ориентированное программирование; Автор: В.В. Лаптев; Издана: 2008; Издательство: ПИТЕР; Прочитана: да.
Человек	5	Имя: Юра; Фамилия: Чижиков; Отчество: Владимирович; Возраст: 25; Специальность: Технолог.
Человек	5	Имя: Рома; Фамилия: Ёршиков; Отчество: Генадьевич; Возраст: 30; Специальность: автослесарь.
Сотрудник	4	ФИО: Сапыгин Александр Викторович; Возраст: 40; Должность: начальник отдела ИТ; З/п.: 40000.
Сотрудник	4	ФИО: Суркова Нона Влерьевна; Возраст: 35; Должность: экономист; З/п.: 20000.

Как видно из таблицы 2, были добавлены довольно сильно различающиеся по своей структуре объекты, которые также отличаются и от объектов, представленных в таблице 1.

К получившемуся пространству объектов было осуществлено около 15 запросов, все из которых были удачными, т.е. на каждый запрос возвращались объекты с указанными свойствами.

Эксперименты подтвердили возможность с помощью мульти-агентной системы извлекать из слабоструктурированных данных требуемую информацию. А также возможность осуществления запросов по любым параметрам объектов, которые необходимо найти.

Заключение.

В заключение можно сказать, что цель работы достигнута, как результат построена мульти-агентная система, предназначенная для извлечения из слабоструктурированных объектов необходимой информации.

Чтобы проверить мульти-агентную систему был написан программный модуль соответствующий условиям, поставленным

в начале работы, и простая программа для работы с ним. Разработанный модуль позволяет создать слабоструктурированное пространство объектов отражающих сущности реального мира. Параметры заложенных сущностей могут полностью различаться друг от друга, т. е. могут различаться имена сущностей, название и количество их свойств (см. таблицы 1, 2). Из полученного слабоструктурированного пространства модуль может извлекать запрашиваемые пользователем объекты по значениям их свойств.

Далее планируется улучшить строение агентов путём добавления ассоциативных связей, в соответствии с которыми будут взаимодействовать агенты. Предполагается, что эти связи увеличат скорость получения необходимой информации из слабоструктурированного пространства объектов, что может существенно улучшить возможности работы с большим количеством объектов.

Список литературы:

1. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 5. — С. 45—57.
2. Лаптев В.В. С++ Объектно-ориентированное программирование: учебное пособие // СПб.: Питер, 2008, 464 с.
3. Роб П., Коронел К. Системы база данных: проектирование, реализация и управление. — 5-ое изд., перераб. и доп.: Перев. с англ. / СПб.: БХВ — Петербург, 2004. 1040 с. ил.
4. Солсо Р. Когнитивная психология — 6-е изд. / СПб.: Питер, 2006. 589 с.
5. Топчий А.В. Анализ и структурирование данных // Актуальные проблемы техники и технологии: докл. Всерос. Конф. Шахты, 2012.
6. Фленов М.Е. Библия Delphi // СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 880 с.

2.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ЗОНАХ КАМЕРЫ ПЕЧИ КРЕКЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Грыжов Владимир Константинович
канд. техн. наук, доцент МГУТУ, г. Вязьма
E-mail: dombr55@mail.ru

Корольков Владимир Гаврилович
доцент МГУТУ, г. Вязьма

Грыжов Евгений Владимирович
Заведующий лабораторией ВФ МГУТУ, г. Вязьма

Имитационное моделирование, учитываются все известные экспериментальные и аналитические составляющие модели, практически позволяет с большой степенью достоверности имитировать реальный процесс.

По сути, имитационное моделирование является связующим звеном между НИИ и ОКР и позволяет разработчикам систем управления сделать инструментальный подбор всех составляющих системы управления, не проводя порой сложных и рискованных опытов и экспериментов.

На кафедре «Естественнонаучных и технических дисциплин» проводятся исследования математических моделей некоторых типовых технологических процессов:

- модели гидродинамики потоков;
- модели перемешивания;
- диффузионные модели;
- модели массообменных процессов;
- модели полного вытеснения;
- модели тепловых процессов;

- модели дозирования вещества;

Для примера, в данной статье рассмотрим имитационную модель системы управления технологическими параметрами печи крекерного производства:

Пекарная печь для выпечки крекера как объект управления имеет несколько управляемых величин (температура и влажность в пекарной камере) и соответствующее число управляющих воздействий (расход газа и влажного пара).

С точки зрения проблемы построения САУ для такого объекта существенное значение имеет структура связей внутри объекта между его управляющими воздействиями с одной стороны и управляемыми величинами с другой. Если бы каждая управляемая величина зависела только от одного «своего» управляющего воздействия (как это показано на рис. 1, а) [2, с. 235], то общая система управления представляла бы собой совокупность обычных САУ с одной управляемой величиной.

В практике управления имеют место случаи, когда имеются управляющие воздействия, оказывают влияние не только на свои, но и на другие соседние управляемые величины, но это влияние имеет односторонний характер (рис. 1, б). При этом в системе управления не возникает добавочных замкнутых контуров, и, следовательно, не усложняется проблема устойчивости системы.

Управляющее воздействие соседней системы может рассматриваться только как добавочное возмущение. Если такое добавочное возмущение оказывает заметное ухудшение точности работы соседней системы, его влияние может быть уменьшено путем применения метода компенсации возмущений. Структура системы в этом случае имеет вид, указанный на рис. 1, в.

Анализ экспериментальных данных, полученных для печи П-104 на ОАО «Вязьмапищевик» показал, что структуру САУ исследуемого объекта можно представить в виде схем управления, представленных на рис. 1. б и 1 в.

Имеющиеся экспериментальные и теоретические сведения позволили разработать алгоритмическую схему системы автоматического управления технологическими параметрами в камере печи с компенсацией возмущения по каналу температура — влажность, приведенную на рис. 2.

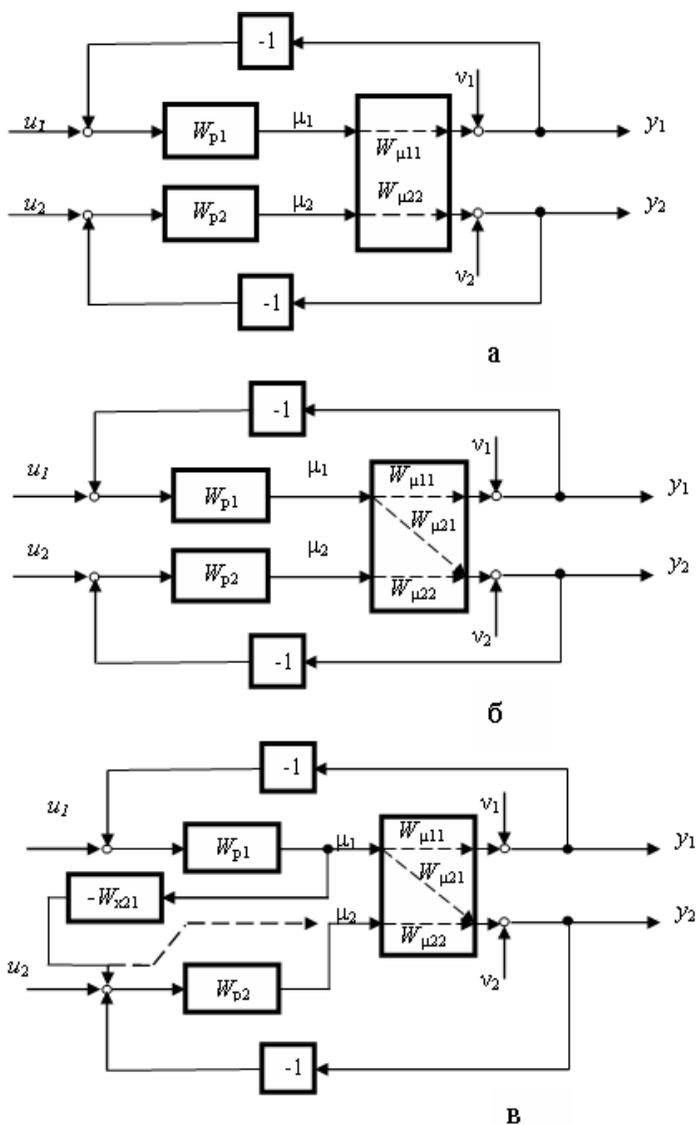


Рисунок 1. Структура связей между управляющими воздействиями и управляемыми величинами

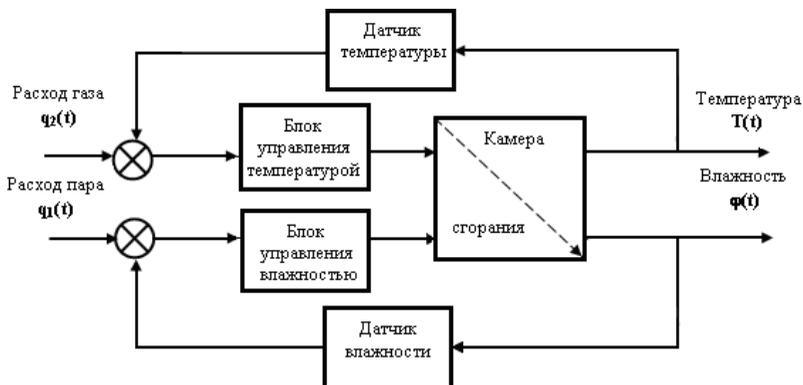


Рисунок 2. Алгоритмическая обобщенная схема системы автоматического управления технологическими параметрами печи

Для производства крекеров в камере печи выделяются пять зон, в которых поддерживаются разные температурные режимы. Для различных сортов крекера температура в зонах пекарной камеры имеет различные значения, а время выпечки составляет — 2,5...5,0 мин.

Для мелкого и среднего крекера по пяти зонам технологические температуры имеют следующие значения: 150...180; 200...215; 295...305; 275...285; 230...245°С [1, с. 119].

В дальнейшем, для проведения имитационного моделирования были приняты следующие технологические значения температуры:

- в первой зоне камеры 165°С;
- во второй зоне 200°С;
- в третьей зоне 295°С;
- в четвертой зоне 275°С;
- в пятой зоне 230°С;

Отсюда следует, что значение температуры при перемещении тестовых заготовок из зоны в зону сначала увеличиваются до максимальной – 295°С, затем уменьшаются до 230°С.

На рис. 3. представлена модель системы управления температурой в зонах камеры печи П-104, разработанная в среде VisSim.

В виду сложности объекта управления (наличие перекрестных связей по температуре между зонами), а также сложностью

поддержания температуры в каждой отдельной зоне, имитационная модель имеет блочную структуру.

В верхней части рис. 3. заданы значения температур в зонах камеры печи.

Блок ОУ — модель камеры печи. Пять выходов данного блока соответствуют значениям температуры в зонах. Этот блок в развернутом виде показан на рис. 4.

В общем случае модель объекта управления (пять взаимосвязанных зон) должна описываться передаточной функцией высокого порядка. Достаточным приближением, как показывает практика, модель пекарной камеры можно представить передаточными функциями отдельных зон, между которыми существуют перекрестные связи по температуре и влажности. Передаточные функции зон представляют собой аperiodические звенья первого порядка. Значения параметров передаточных функций зон различны (рис. 4.).

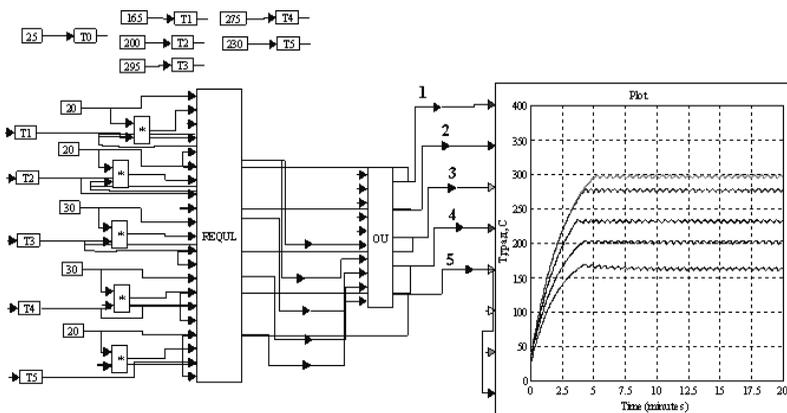


Рисунок 3. Блочная имитационная модель автоматизированной системы управления температурой в зонах пекарной камеры

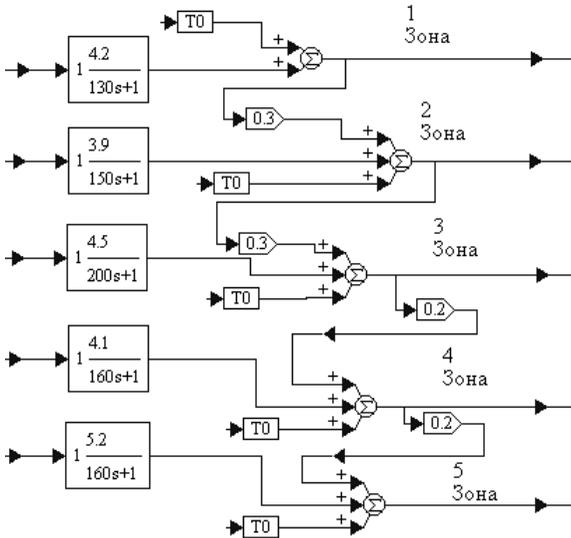


Рисунок 4. Имитационная модель пекарной камеры по выпечке крекеров

Составной блок системы управления REQUl включает в себя регуляторы температурой в каждой зоне (рис. 5).

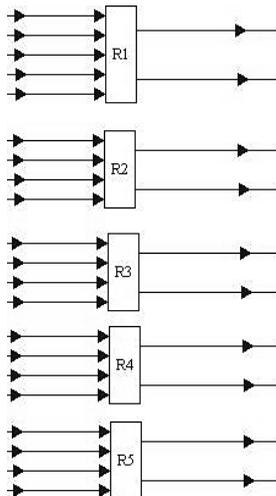


Рисунок 5. Регуляторы температурой в зонах камеры

На рис. 6. представлена схема регулятора температуры одной из зон.

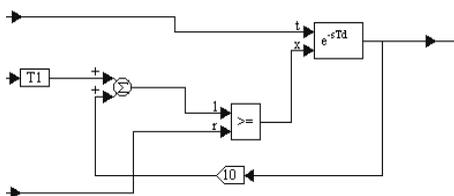


Рисунок 6. Регулятор температуры отдельной зоны

Он представляет собой схему, включающую:

- логический элемент сравнения «больше- равно»;
- блок временной задержки;
- датчик температуры;
- сумматор.

Система управления позволяет поддерживать заданные значения температуры в зонах посредством включения и отключения количества газовых горелок, подводящих тепловую энергию в зоны. Стабильный тепловой режим поддерживается определенным количеством постоянно включенных горелок.

Процесс управления температурой в одной из зон представлен на рис. 7.

Система управления позволяет держать температуру в первой зоне в пределах 165 — 175°C, средняя температура составляет 170°C.

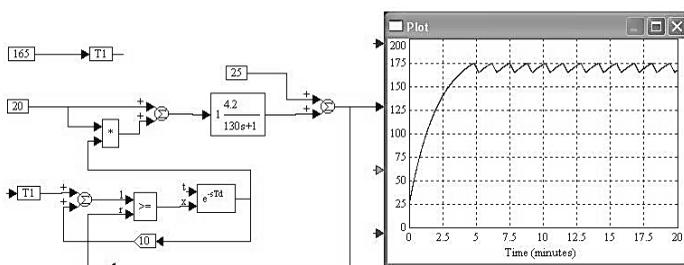


Рисунок 7. Модель системы управления температурой в первой зоне

Для этой зоны постоянно включенными остаются пять горелок общей тепловой мощностью 20 КВт. Другие пять горелок включаются

и отключаются автоматически системой управления для поддержания температуры в диапазоне 165—175°C. Принцип управления температурой в остальных зонах аналогичен.

Для проверки качества системы управления был проведен эксперимент с включением внешнего возмущающего воздействия по температуре. Результаты эксперимента представлены на рис. 8.

Откуда видно, что система управления справляется с внешним возмущением и стабилизирует значения температуры.

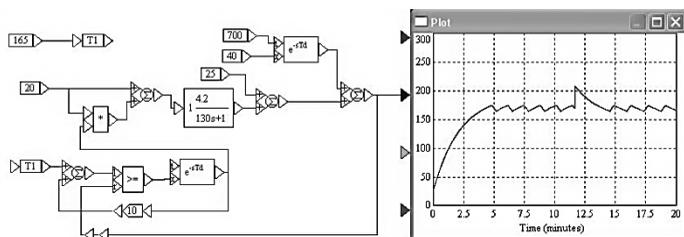


Рисунок 8. Анализ качества системы управления температурой в первой зоне

Представленная модель системы управления параметрами печи является открытой для дальнейших изменений и дополнений, что дает возможность для исследования, проектирования и оптимизации систем управления подобными тепловыми процессами.

Таким образом, на основании полученных результатов можно утверждать, что применение компьютерного имитационного моделирования позволяет проектировать и наглядно представлять системы автоматического управления. Такой подход к проектированию систем управления может быть рекомендован для широкого использования, т. к. позволяет проводить имитационное моделирование в различных режимах с целью оптимизации технологического процесса, не прибегая к проведению экспериментов на реальных объектах.

Список литературы:

1. Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н., Панфилов В.А. и др., Машины и аппараты пищевых производств: учебник в 2 кн. М.: Высшая школа, 2001 — 703 с.
2. Ротач В.Я., Теория автоматического управления: учебник. М.: Издательство МЭИ, 2004. — 235 с.

2.3. УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

СВОДНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВОСТОЧНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОКРУГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Жукова Дарья Леонидовна

*студентка 5 курса, СФУ ИКИТ, г. Красноярск
E-mail: da457.90@mail.ru*

Сергеева Юлия Сергеевна

*студентка 5 курса, СФУ ИКИТ, г. Красноярск
E-mail: SergeevaUS@yandex.ru*

Плачев Евгений Александрович

*преподаватель ИУБПЭ, г. Красноярск
E-mail: 12583@rambler.ru*

Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является на сегодняшний день одним из важнейших факторов жизни мирового сообщества. Их всеобщее применение преобразует современную действительность, приводит к существенным изменениям в политической, экономической, социальной и культурной сферах. Важной тенденцией совершенствования управления в развитых странах становится создание «электронного правительства» (ЭП).

С помощью электронного правительства реализуется принцип «одного окна», что позволяет снизить общее количество посещений гражданами органов власти, сокращает время ожидания в очередях, ускоряет процесс рассмотрения и оформления необходимых документов и межведомственных согласований.

Программа «Электронная Россия» закончилась в 2010 году, но работа в этом направлении не прекратилась. Следующим шагом стала долгосрочная целевая программа «Информационное общество (2011—2018 годы)» — совершенствование процессов формирования

в Российской Федерации электронного правительства в 2011—2018 годах [2].

В процессе перевода государственных и муниципальных услуг в электронный вид именно вторые представляют наиболее проблемную часть. Это связано с рядом факторов:

- отсутствие единого определения ЭП, отсюда могут последовать и различия в представлениях о конечном результате. Наиболее четкое определение выглядит следующим образом: «Электронное правительство — это система государственного управления, основанная на автоматизации всей совокупности управленческих процессов в масштабах страны с использованием современных информационных технологий и призванная существенно повысить эффективность государственного управления и снизить издержки социальных коммуникаций для каждого члена общества» [1];

- отсутствие четких этапов формирования электронных услуг, с выработкой основных показателей эффективности достижения того или иного этапа;

- отсутствие четкой схемы оптимизации каждой из услуг, классификации и разграничения полномочий между подразделениями краевого и местного управления, региональной и федеральной властью;

- формирование электронных ресурсов (ЭР) отдельных ведомств собственными силами, что приводит к дублированию информации, возможно также возникновение проблем актуальности этой информации;

- отсутствие четкой справочной информации и методических материалов, которые органы местного самоуправления могли бы использовать в качестве источника базовых сведений и руководства при создании электронных ресурсов;

- нехватка квалифицированных специалистов на муниципальном уровне.

Проанализировав ситуацию, которая складывается в Восточном территориальном округе Красноярского края, в состав которого входят Абанский район, г. Бородино, Дзержинский район, ЗАТО Зеленогорск, Иланский район, Ирбейский район, г. Канск, Канский район, Нижнеингашский район, Партизанский район, Рыбинский район, Саянский район, Тасеевский и Уярский районы, можно с уверенностью сказать, что на данный момент существует ряд проблем, связанных с информатизацией общественной сферы:

- отсутствие ЭР некоторых ведомств социальной сферы;

- низкая степень актуальности ЭР;
 - отсутствие поисковой навигации и обратной связи;
 - множество страниц с отсутствующей информацией, либо с информацией, не соответствующей заявленной тематике;
 - низкий уровень эргономичности ЭР;
 - отсутствие электронных ссылок на интернет-ресурсы муниципальных учреждений вышестоящего уровня;
 - низкая степень предоставления электронных услуг.
- Оценка информатизации Восточного территориального округа Красноярского края осуществлялась по следующим критериям:
- информативность;
 - эргономичность;
 - актуальность;
 - обратная связь;
 - наличие электронных услуг.

На основе вышеперечисленного ряда критериев, сформировалась общая картина информатизации общественной сферы, по итогам которой ЗАТО Зеленогорск является наиболее обеспеченным электронными ресурсами в социальной сфере относительно других муниципальных образований Восточного территориального округа.

ЗАТО Зеленогорск имеет 4 ведомственных интернет-ресурса в социальной сфере, которые максимально эргономичны в использовании и оснащены всеми видами обратной связи, предоставляют всю необходимую пользователю информацию и ссылки на иные электронные государственные услуги.

При дальнейшем анализе электронные услуги ведомств социальной сферы ЗАТО Зеленогорск использовались как шаблон.

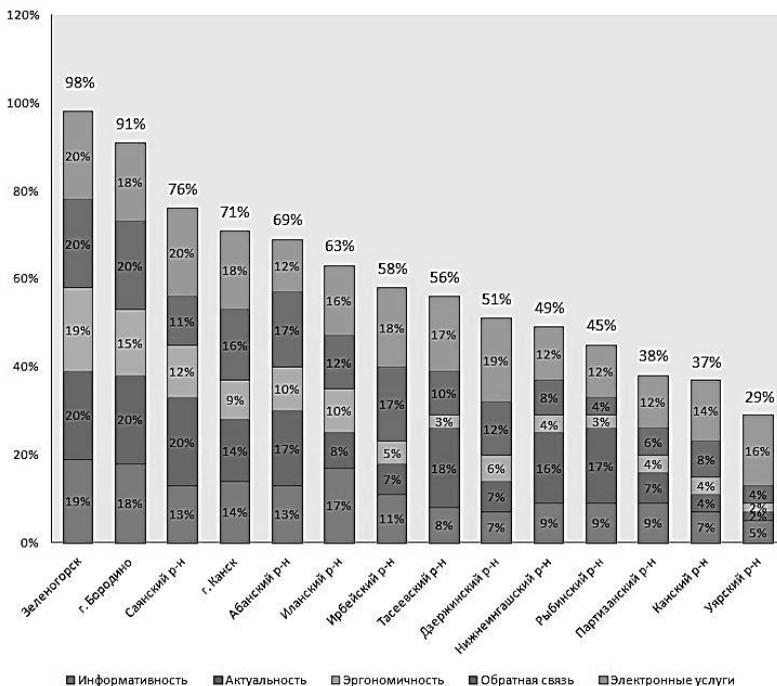


Рисунок 1. Средневзвешенный показатель эффективности электронных ресурсов муниципальных образований Восточного территориального округа Красноярского края, основанный на ряде критериев

Муниципальные образования, стоящие на ступень ниже шаблонного муниципалитета (г. Бородино, г. Канск, Саянский, Иланский и Абанский районы), имеют менее удобную для использования структуру ЭР и недостаточно емкую информативность.

Ведомственные интернет-ресурсы в социальной сфере остальных муниципальных образований Восточного территориального округа практически отсутствуют, а имеющиеся ЭР во многом уступают принятому шаблону, не предоставляя минимальный уровень необходимой информации и электронных услуг.

В современных условиях большое внимание акцентируют на формировании современной ИКТ-инфраструктуры и повышении эффективности государственного управления и местного самоуправления. Но особо остро встали проблемы перевода государственных

и муниципальных услуг в электронный вид. Если на региональном уровне реализация целевой программы «Информационное общество (2011—2018 годы)» проходит успешно, то на местном уровне данный процесс все еще не стабилен, что говорит о самой низкой информатизации общественной сферы муниципалитетов.

Список литературы:

1. Федеральная целевая программа «Информационное общество (2011—2012 годы)» [Электронный ресурс] // Федеральные целевые программы России: сайт — URL: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2012/369/> (дата обращения 30.10.2012).
2. Электронное правительство и качество управления [Электронный ресурс] // EGOV 2.0: сайт — URL: <http://open-gov.ru/2012/11/04/elektronnoe-pravitelstvo-i-kachestvo-gosupravleniya-2/> (дата обращения 3.11.2012).

2.4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

КОМПЛЕКС ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИНЫ

Ажиханов Нурлан Тобаханович

*д-р техн. наук, Каспийский государственный университет
технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан*

Айткулов Алпамыс Уразауханович

*д-р техн. наук, профессор, Каспийский государственный университет
технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан*

Бисембаева Карлыгаиш Танбаевна

*канд. техн. наук, Каспийский государственный университет
технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан*

Темиров Багдат Махмутович

*Каспийский государственный университет
технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан
E-mail: ajihanovI@mail.ru*

В работе рассматривается программа определения условия направления скважины для отбора наибольшего объема отбираемой жидкости в неоднородном пласте, в том числе в пласте с наклонной слоистостью. Описывается возможность расчета для анализа напряженно-деформируемого состояния нефтенасыщенного неоднородного пласта с автоматическим разбиением расчетной области на конечные элементы.

Базовые программные обеспечения ведущих мировых компаний Schlumberger, Landmark Roxar и др. разработчиков программного обеспечения реализует методы (стохастические и детерминированные) восстановления двух и трехмерных параметров при моделировании [1, с. 75], таких, как средневзвешенная интерполяция, триангуляция [2, с. 50], Монте-Карло и др. [3, с. 107] Для моделиро-

вания в указанных программных комплексах используется метод материального баланса, в зависимости от вида программного обеспечения для расчета фильтрации в ячейках, системы дифференциальных уравнений для двух- и трехфазной фильтрации флюидов в нефтегазовых пластах. Пакет прикладных программ по определению продуктивности разноориентированных скважин в напряженном неоднородном пласте под названием ППП ProdSkANT имеет следующие функциональные возможности:

Выбор реализации информационной модели обусловлен применением для компьютерного анализа фильтрационного течения жидкости в деформируемой неоднородной среде методом конечных элементов (МКЭ). Расчетная область аппроксимируется как дискретная конечно-элементная модель, которая базируется на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на любом из участков модели. Фильтрационные и упругие параметры в одном конечном элементе считаются постоянными, и имеют возможность изменяться на каждом шаге временного слоя.

Для увеличения точности численного решения в отдельных частях области возможно разбиение каждой из подобласти исходной расчетной области с использованием коэффициента регулирования из

$$\begin{aligned}
 w_1 &= 0; \\
 w_i &= w_{i-1} + \frac{(i-1)\bar{\varepsilon}}{a^2}, \quad (i = 2, 3, \dots, \text{int}(NN/3)); \\
 w_i &= w_{i-1} + \frac{(i-1)\bar{\varepsilon}}{a}, \quad (i = \text{int}(NN/3) + 1, \dots, \text{int}(2NN/3)); \\
 w_i &= w_{i-1} + (i-1)\bar{\varepsilon}, \quad (i = \text{int}(2NN/3) + 1, \dots, NN - 1); \\
 w_n &= 1;
 \end{aligned}$$

Образование МЖС состоит в том, чтобы для каждого узла по каждому из направлений степени свободы необходимо просуммировать соответствующие коэффициенты МЖЭ и отправить эту сумму по нужному адресу в оперативную память.

Порядковые номера этих элементов обозначены через e_i ($i = \overline{1, N}$), а узловые точки через m_i ($i = \overline{1, M}$). (см. рис. 1).

При образовании МЖС применяется следующая блок-схема (рис. 2)

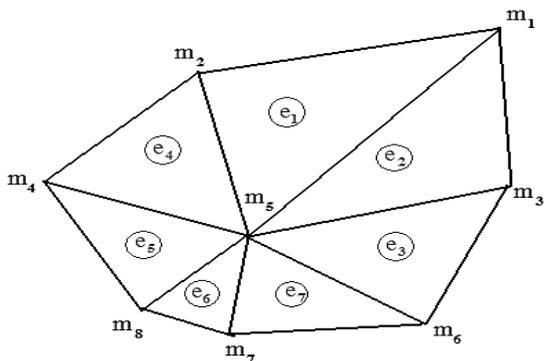


Рисунок 1. Схема расположения объединенных в одном узле треугольных конечных элементов

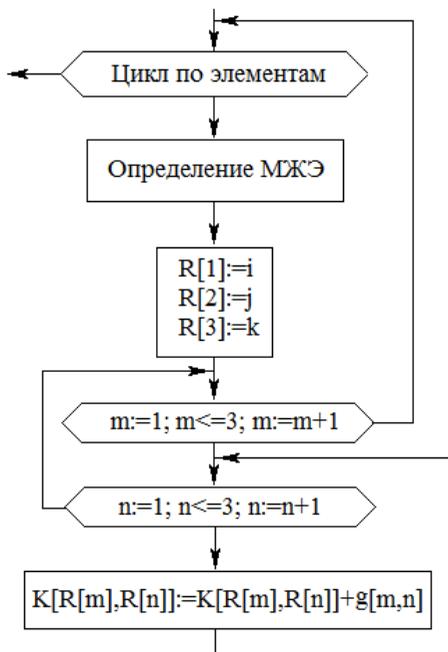


Рисунок 2. Блок-схема образование матрицы жесткости системы

Сформулированные матрицы жесткости всех элементов можно отправить во внешнюю память и хранить до того момента, как закончится сборка системы линейных алгебраических уравнений.

При решении задач фильтрации и теории упругости, когда для уточнения граничных условий в зоне предполагаемого контакта требуется большое количество решений систем уравнений, в качестве начального приближения для первого расчета используется правая часть системы линейных алгебраических уравнений, а для каждого последующего пересчета — решение, полученное на предыдущем. Такая схема позволяет значительно сократить количество итераций, необходимых для достижения заданной точности.

Следует отметить, что на всех этапах расчета все входные, промежуточные и результирующие данные сохраняются в виде текстовых файлов с расширением *.dat. Комплекс программ поддерживает следующие функции:

- Организация расчета в виде проекта: для расчета автоматически создаются файлы проекта со всеми параметрами расчета, в том числе файлы с узловыми значениями и номером конечного элемента в неравномерной сетке, файлы данных расчетных программ.
- Сохранение и загрузка всех параметров расчета в файле проекта.
- Возможность генерации и сохранения файлов для расчетной программы, содержащих сведения об упругих и фильтрационных характеристиках конечных элементов и граничных условиях в зависимости от введенных параметров, а также возможность изменения параметров расчета и регенерации соответствующих файлов.
- Графическое представление построенных конечных элементов и неравномерной сетки.
- Автоматизированная генерация параметров конечных элементов для организации из матриц жесткости элемента матрицы жесткости системы.

В комплексе программ интегрирована возможность генерации коэффициента фильтрации и деформации в зависимости от угла ориентированного направления ствола скважины и угла наклона плоскости изотропии. При этом эти углы могут варьироваться в автоматизированном или ручном режиме. После сохранения изменений происходит автоматическая регенерация всех связанных объектов таких, как размеры области конечных элементов, коэффициенты фильтрации и деформации.

Список литературы:

1. Ажиханов Н.Т., Жумагулов Б.Т., Масанов Ж.К. Пакет прикладных программ для анализа продуктивности разноориентированной скважины в деформируемом наклонно-слоистом анизотропном пласте // Вычислительные технологии. 2010. Т. 15. № 6. С. 75—80.
2. Ажиханов Н.Т. Компьютерное моделирование задач нефтедобычи в неоднородной среде. С криволинейными границами. LAP Lambert Academic Publishing — ISBN: 978-3-8443-2856-1. — 142 с.
3. Ажиханов Н.Т. Моделирование фильтрации нефти к разноориентированной горизонтальной скважине в мелкослоистом наклонном пласте // Математическое моделирование, 2011. Т. 23, № 2. — С. 107—117.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТВИ НАМАГНИЧИВАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЯХ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ MATLAB

Вахнина Вера Васильевна

*канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение и электротехника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти
E-mail: vvvahkina@yandex.ru*

Черненко Алексей Николаевич

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти
E-mail: tchernenko83@yandex.ru*

Кретов Дмитрий Алексеевич

*аспирант кафедры «Электроснабжение и электротехника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти
E-mail: dmitry.kretov@gmail.com*

Кузнецов Виталий Александрович

*аспирант кафедры «Электроснабжение и электротехника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти
E-mail: V.A.Kuznetcov@yandex.ru*

Во время геомагнитной бури (ГМБ) на поверхности Земли возбуждается медленно меняющееся геоэлектрическое поле напряженностью 1—20 В/км и периодом до 30 минут [7]. Между заземленными точками нейтралей силовых трансформаторов подстанций систем электроснабжения (СЭС) появляется значительная разность потенциалов, и по электрическим сетям циркулируют практически постоянные — геоиндуцированные токи (ГИТ). Основное воздействие ГИТ на СЭС заключается в насыщении магнитопроводов силовых трансформаторов (СТ), в результате чего возрастают несинусоидальные намагничивающие токи, которые также циркулируют по электрической сети. В СЭС увеличивается потребление реактивной мощности и снижается пропускная способность сети, происходит падение напряжения, появляются

высшие гармонические составляющие тока и напряжения, возможны ложные срабатывания релейной защиты и автоматики, и, как следствие, нарушение нормальной работы потребителей [3]. Поэтому при моделировании режимов работы СЭС при геомагнитных бурях в модели силового трансформатора необходимо учитывать нелинейность ветви намагничивания [1].

Для моделирования режимов работы СЭС при геомагнитных бурях авторами используется матричная математическая система MATLAB. Система стала мировым стандартом в области современного математического и научно-технического программного обеспечения [5, 6].

Трехфазный двухобмоточный трансформатор в среде MATLAB моделируется на основе Т-образной схемы замещения, представленной на рис. 1 [6].

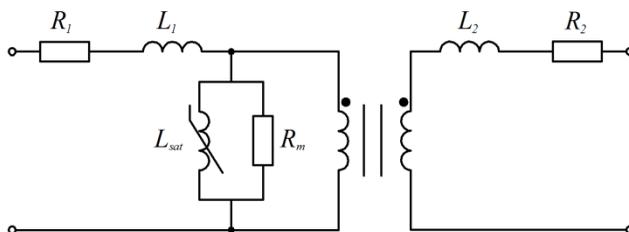


Рисунок 1. Схема замещения двухобмоточного трансформатора в среде MATLAB

На схеме замещения (рис. 1): R_1 и R_2 — активные сопротивления, учитывающие потери активной мощности в первичной и во вторичной обмотках трансформатора при протекании по ним соответствующих рабочих токов; L_1 и L_2 — индуктивности первичной и вторичной обмоток от полей рассеяния силового трансформатора; R_m — активное сопротивление ветви намагничивания, учитывающее потери активной мощности в магнитопроводе трансформатора от основного магнитного поля; L_{sat} — индуктивность ветви намагничивания, учитывающая нелинейность трансформатора.

В [1] установлено, что при геомагнитных бурях взаимная индуктивность ветви намагничивания силового трансформатора связана зависимостью магнитной проницаемости магнитопровода силового трансформатора от протекающего в обмотке тока намагничивания, который при ГМБ является функцией от ГИТ:

$$M(i_{ГИТ}) = k \frac{w_1^2 S}{l_{cp}} \mu_0 \mu(i_{ГИТ}) \quad (1)$$

где: w_1 — число витков обмотки ВН;

S — площадь поперечного сечения сердечника;

l_{cp} — средняя длина магнитной линии;

k — эмпирический коэффициент, зависящий от конструкции трансформатора.

Функция $\mu = f(i_0(i_{ГИТ}))$ определяется из кривой намагничивания $B=f(H)$, которая в общем случае нелинейна и зависит от величины геоиндуцированного тока. При возрастании ГИТ и насыщении магнитопровода СТ магнитная проницаемость сердечника уменьшается в десятки раз и в пределе стремится к единице.

Однако, при исследовании процессов насыщения магнитопроводов СТ при ГМБ, возникают затруднения. В среде MATLAB для моделирования силовых трансформаторов используется функция $\Psi(i_0)$ (рис. 2), которая задается по четырем точкам и соответствует силовому трансформатору ТДЦ - 250000/735/315.

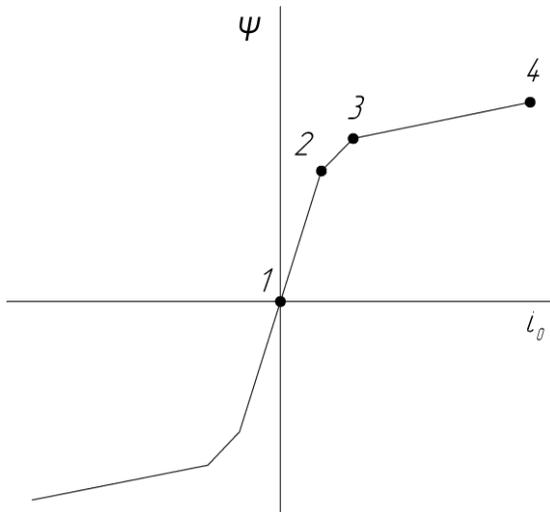


Рисунок 2. Задаваемая в среде MATLAB функция $\Psi(i_0)$ для силового трансформатора ТДЦ-250000/735/315

Использование кривой $\Psi(i_0)$ в относительных единицах при задании индуктивности ветви намагничивания для силовых трансформаторов других классов напряжения и мощности приводит к искажению результатов моделирования СЭС при геомагнитных бурях.

Предлагается кривую $\Psi(i_0)$ определять из кривой намагничивания $B = f(H)$ с помощью упрощенной гистерезисной модели магнитного сердечника силового трансформатора с использованием основных параметров петли магнитного гистерезиса: коэрцитивной силы H_c , остаточной индукции B_r и индукции насыщения B_s [2]:

для восходящего участка

$$B_{up}(H) = B_s \frac{H + H_c}{|H + H_c| + H_c \left(\frac{B_s}{B_r - 1} \right)} + \mu_0 H \quad (1)$$

и для нисходящего участка

$$B_{dn}(H) = B_s \frac{H - H_c}{|H - H_c| + H_c \left(\frac{B_s}{B_r - 1} \right)} + \mu_0 H \quad (2)$$

Начальная кривая моделируется выражением:

$$B(H) = \frac{B_{up}(H) + B_{dn}(H)}{2} \quad (3)$$

Для моделирования кривой $\Psi(i_0)$ используется 150—200 значений (рис. 3).

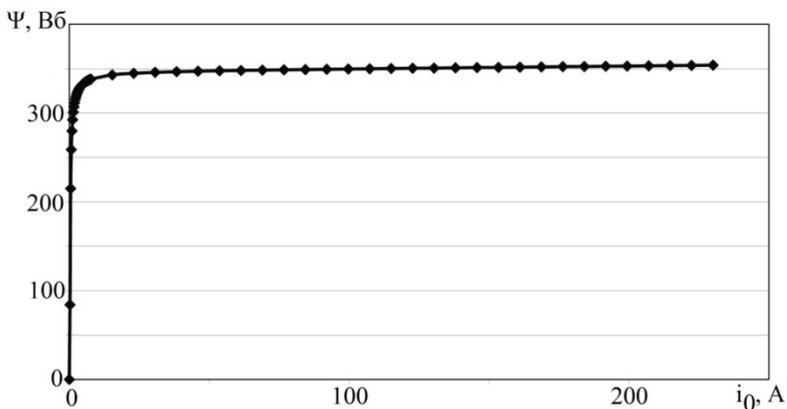


Рисунок 3. Смоделированная начальная кривая $\Psi(i_0)$ намагничивания сердечника силового трансформатора

Для расчета взаимной индуктивности ветви намагничивания силовых трансформаторов должны быть заданы:

- конструктивные параметры силового трансформатора: сечение стержня магнитопровода S , средняя длина магнитного потока магнитопровода l_{cp} , количество витков обмотки высокого напряжения w_I ;
- параметры петли магнитного гистерезиса стали магнитопровода силового трансформатора: коэрцитивная сила H_c , остаточная индукция B_r и индукция насыщения B_s для моделирования кривой намагничивания $B=f(H)$;
- параметры схемы замещения СЭС (паспортные электрические параметры силового трансформатора и линии электропередачи, сопротивления заземляющего устройства и грунта и др.);
- напряженность геоэлектрического поля E .

Алгоритм расчета взаимной индуктивности $M(i_{ГПТ})$ реализован с помощью математического пакета MATLAB (рис. 4).

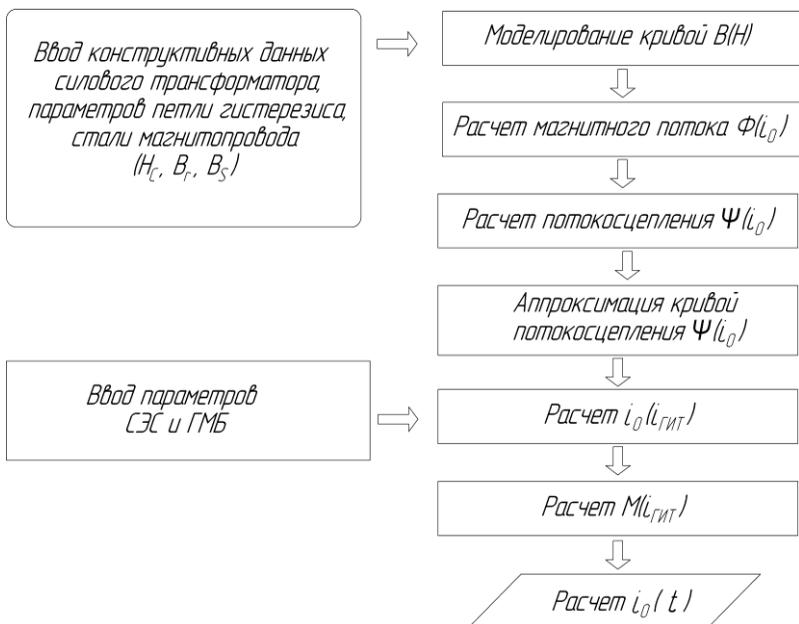


Рисунок 4. Алгоритм расчета нелинейной взаимной индуктивности силовых трансформаторов при геомагнитных бурях

Выполнено моделирование режимов работы силового трансформатора ТРДН-63000/110/6,3/6,3 (схема соединения обмоток $Y_n/\Delta/\Delta$) в нормальном режиме при отсутствии ГИТ и при геомагнитных бурях со стандартной кривой $\Psi(i_0)$ и уточненной по алгоритму, приведенному на рис. 4. Результаты моделирования приведены на рис. 5, 6.

При использовании кривой $\Psi(i_0)$ из стандартной модели силового трансформатора ток холостого хода является синусоидальным (рис. 5, а), т. к. рабочая точка не выходит за пределы участка 1—2 (рис. 2). При использовании уточненной модели СТ кривая тока холостого хода соответствует действительной (рис. 5, б) [4].

При расчете процессов насыщения магнитопровода силового трансформатора при протекании ГИТ по обмотке ВН с использованием кривой $\Psi(i_0)$ из стандартной модели амплитудное значение тока намагничивания в 1,5 раза ниже значения (рис. 6, а), полученного с использованием кривой $\Psi(i_0)$ из уточненной модели СТ (рис. 6, б). Также следует отметить, при расчете процесса насыщения

магнитопровода СТ при протекании ГИТ по его обмоткам необходимо более точное описание участка перегиба кривой намагничивания.

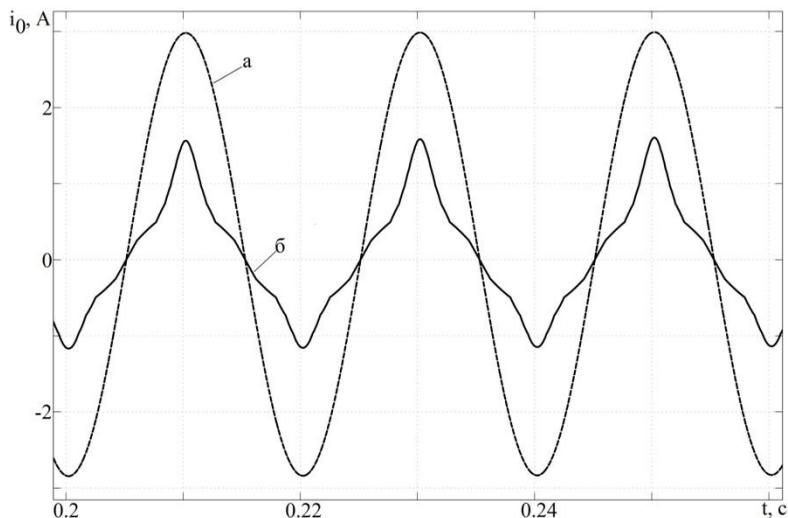
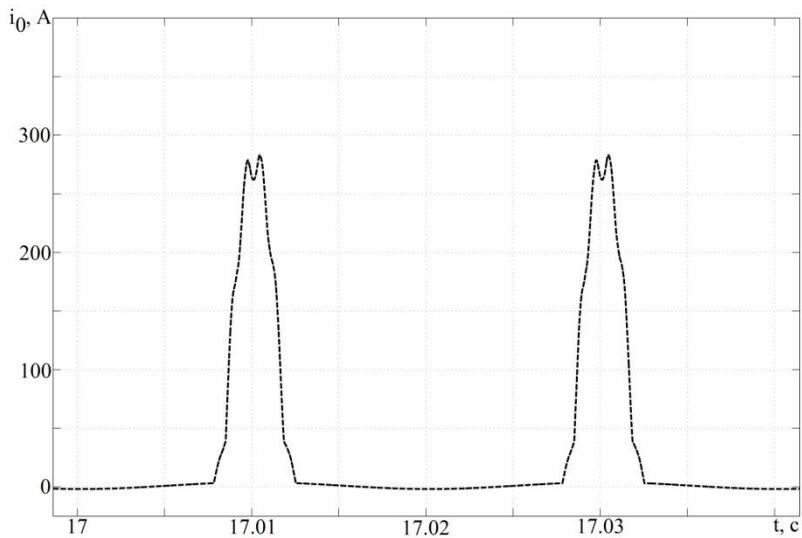
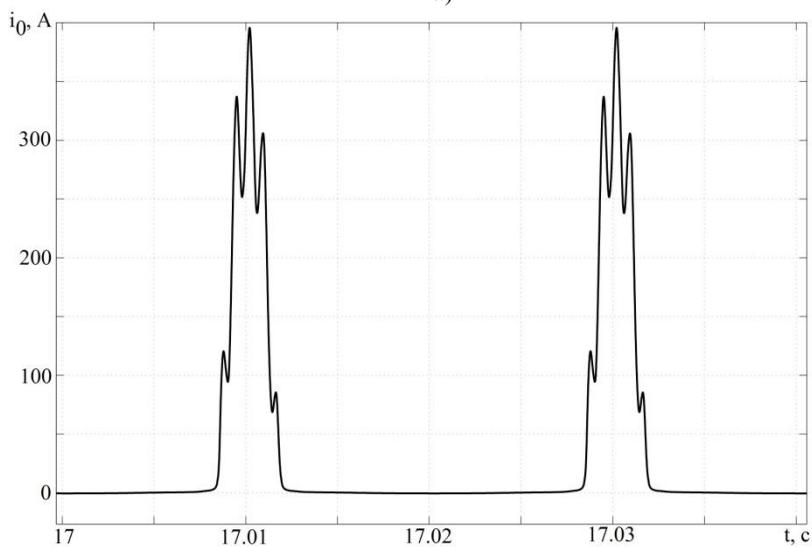


Рисунок 5. Ток холостого хода силового трансформатора ТРДН-63000/110/6,3/6,3 при использовании кривой намагничивания из стандартной (а) и уточненной (б) модели СТ в MATLAB



a)



б)

Рисунок 6. Ток намагничивания силового трансформатора ТРДН-63000/110/6,3/6,3 при геомагнитных бурях при использовании кривой намагничивания из стандартной (а) и уточненной (б) модели СТ в MATLAB

Получено, для моделирования процессов в СЭС при геомагнитных бурях в среде MATLAB необходимо учитывать нелинейность взаимной индуктивности ветви намагничивания, которая определяется, как конструктивными параметрами силового трансформатора и параметрами кривой намагничивания его магнитопровода, так и параметрами геоэлектрического поля. Применение уточненной модели силового трансформатора позволяет получить расчетные значения тока намагничивания, близкие к реальным.

Список литературы:

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н., Кузнецов В.А. Влияние геоиндуцированных токов на насыщение магнитной системы силовых трансформаторов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 3(21). С. 65—69.
2. Володин В. Гистерезисная модель нелинейной индуктивности симулятора LTspise // Силовая электроника. 2010. № 1. С. 56—60.
3. Гершенгорн А.И. Воздействия геомагнитных токов на электрооборудование энергосистем // Электрические станции. 1993. № 6. С. 54—3.
4. Петров Г.В. Электрические машины: в 3-х частях. Ч. 1. Введение. Трансформаторы. М.: Энергия, 1974. — 240 с.
5. Смоленцев Н.К. MATLAB: программирование на Visual C#, Borland C#, JBuilder, VBA. М.: ДМК-Пресс, 2011. — 456 с.
6. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2008. — 290 с.
7. Key A.J. Geoelectric Fields and Geomagnetically Induced Currents in the United Kingdom / University of Edinburgh. 2003. — 260 p.

ОБНАРУЖЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ КОНФЛИКТОВ ОТНОШЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ О ПАРСОСЧЕТАНИЯХ С ИСЧЕЗАЮЩИМИ ДУГАМИ

Данильченко Анна Александровна

*ассистент кафедры Информатики и компьютерного моделирования
Житомирского Государственного Технологического Университета,
г. Житомир*

E-mail: chief-nata@yandex.ru

Введение

Назначение процедур в современных санаторных и лечебных учреждениях является сложным процессом, который должен учитывать большое количество факторов, основными из которых являются [1, 2]:

- перечень назначенных врачом процедур;
- время работы процедурного кабинета;
- пропускная способность процедурного кабинета (одну процедуру одновременно могут принимать несколько пациентов);
- продолжительность приема процедуры (для различных процедур длительность их приема разная);
- продолжительность времени технического перерыва процедурного кабинета;
- совместимость процедур (пациент не может одновременно принимать несколько процедур, но кроме этого, на расписание накладывается дополнительное ограничение — пациент не может принимать следующие процедуры ранее некоторого времени после принятия предыдущей, для каждой пары процедур значение времени совместимости может различаться).

Указанная конкретная ситуация может быть распространена на большое количество родственных задач составления оптимальных расписаний при наличии некоторого множества ограничений. Например, распределение по времени ограниченных ресурсов, назначения различных видов работ (операций, задач, процессов). При решении данного класса задач применяют различные методы комбинаторной оптимизации [5]. Однако наличие дополнительных ограничений существенно усложняет их решение.

Анализ литературы показал, что задача составления оптимального расписания может быть решена с помощью теории графов, в частности путем модификации классической задачи о паросочетаниях, варианты решения которой в разных постановках приведены

в [3, 4, 6]. В статье [7] автором предложен точный алгоритм, который в отличие от известных позволяет учесть заданные ограничения и по сравнению с оптимальным алгоритмом [1] имеет меньшую вычислительную сложность.

Следует отметить, что составление расписаний как практическая задача связано с использованием входных данных, которые могут содержать противоречия, ошибки и т. д., обусловленные человеческим фактором.

Поэтому до начала решения задачи целесообразно анализировать исходные данные с целью выявления возможных несоответствий в них.

Основная часть

В статье [1] решена задача составления расписания прохождения процедур пациентами. Расписание назначенных пациенту процедур представлено двудольным графом $G = (X, Y, E)$, где X — множество вершин графа, соответствующих всем возможным сеансам приема процедур (согласно установленного графика работы соответствующего процедурного кабинета) $\|X\|=m$; Y — множество вершин графа, соответствующих процедурам, назначенным пациентам, $\|Y\|=n$ (при этом каждая вершина множества Y имеет признак принадлежности к определенному пациенту); E — множество ребер графа. Ребро $(x_i, y_k) \in E$, $x_i \in X$, $y_k \in Y$, $i=1..m$, $k=1..n$ в том случае, когда процедура y_k может быть назначена пациенту в промежуток времени x_i .

Известные ограничения по исходным данным заданы множеством отношений следствия C , таких, что $(x_i, y_j) \rightarrow C_{i,j} = \{(x_{i_1}, y_{j_1}), \dots, (x_{i_k}, y_{j_k})\}$. Эти ограничения учитывают, прежде всего, невозможность назначения одной и той же процедуры разным пациентам на одинаковое время (с учетом пропускной способности процедурного кабинета), а также взаимную совместимость процедур. Кроме того, можно при необходимости учесть и некоторую последовательность принятия процедур (например, некоторая процедура должна обязательно предшествовать заданному множеству других процедур) и т. д.

Рассмотрим случай, иллюстрирующий возможные конфликты отношений следствия (Пример 1): двумя врачами пациенту назначены некоторые процедуры. Но процедуры, назначенные первым врачом, не могут быть проведены в один и тот же день с процедурами, назначенными вторым врачом. При этом порядок прохождения этих процедур в «подгруппах» и самых «подгрупп» одна относительно другой не имеет значения. Хотя в каждой из «подгрупп» процедур могут существовать «стандартные» ограничения (временной интервал

между последовательными процедурами, расписание работы самого процедурного кабинета т. п.).

Очевидно, в данном случае размерность нашей задачи может быть существенно уменьшена за счет разбиения исходной задачи на две подзадачи и решения только одной из них.

Представим расписание назначенных пациенту процедур в виде двудольного графа $G = (X, Y, E)$ (рис. 1), где $Y = Y_1 \cup Y_2$ — множество вершин графа, которые соответствуют процедурам 1 и 2 соответственно; $\|Y\| = n_1 + n_2 = n$. При этом $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$. Множество дуг графа также может быть представлено двумя подмножествами дуг: $E = E_1 \cup E_2$, $E_1 \cap E_2 = \emptyset$.

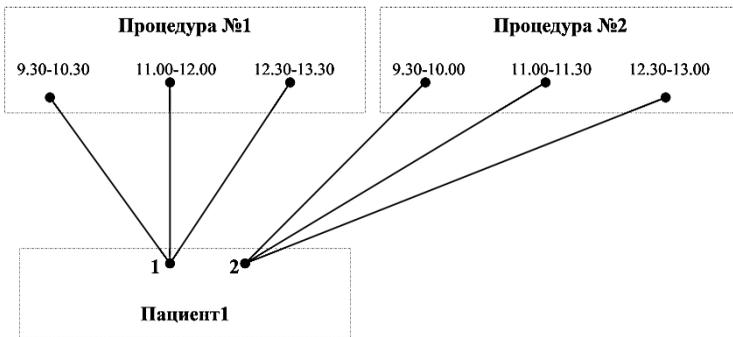


Рисунок 1. Построение двудольного графа (Пример 1)

Формализация приведенных выше ограничений сводится к тому, что для любой дуги подмножества E_1 отношение следствия будет содержать все дуги подмножества E_2 и наоборот. Также у каждой дуги отношение следствия может содержать некоторое множество дуг «своей» подгруппы.

Имеем следующие отношения следствия:

$$(x_1, y_1) \rightarrow C_{1,1} = \{(x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2), (x_6, y_2)\};$$

$$(x_2, y_1) \rightarrow C_{2,1} = \{(x_1, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2), (x_6, y_2)\};$$

$$\begin{aligned}
 (x_3, y_1) &\rightarrow C_{3,1} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2), (x_6, y_2)\}; \\
 (x_4, y_2) &\rightarrow C_{4,2} = \{(x_5, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\}; \\
 (x_5, y_2) &\rightarrow C_{5,2} = \{(x_4, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\}; \\
 (x_6, y_2) &\rightarrow C_{6,2} = \{(x_4, y_2), (x_5, y_2), (x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\}. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Таким образом, подобная конфликтная ситуация может быть обнаружена, если при анализе входных данных все инцидентные вершине Y_1 дуги входят в отношения следствия всех инцидентных вершине Y_2 дуг, и наоборот.

Рассмотрим еще один пример (Пример 2) — пациенту назначена процедура «первичный осмотр», ранее которой ни одна из других процедур не может быть проведена.

Пусть всего было назначено три процедуры (рис. 2). При этом на процедуры 1 и 2 накладывается ограничение в 1 час интервала между ними, а Процедура 3 — «первичный осмотр» — исключает проведение любой другой процедуры. Ограничения совместимости с Процедурой 3 для процедур 1 и 2 не определены.

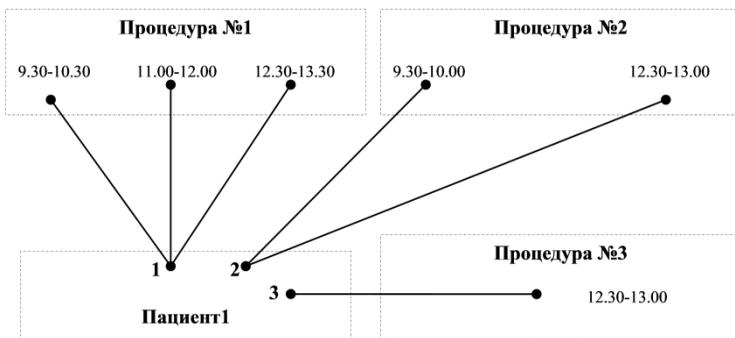


Рисунок 2. Построение двудольного графа (Пример 2)

То есть имеем такие отношения следствия:

$$(x_1, y_1) \rightarrow C_{1,1} = \{(x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2)\};$$

$$(x_2, y_1) \rightarrow C_{2,1} = \{(x_1, y_1), (x_3, y_1), (x_5, y_2)\};$$

$$(x_3, y_1) \rightarrow C_{3,1} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_5, y_2)\};$$

$$(x_4, y_2) \rightarrow C_{4,2} = \{(x_5, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1)\};$$

$$(x_5, y_2) \rightarrow C_{5,2} = \{(x_4, y_2), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\};$$

$$(x_6, y_3) \rightarrow C_{6,3} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2)\}. \quad (2)$$

Понятно, что решение задачи является тривиальным.

В общем случае задача о паросочетаниях может быть решена и другими известными методами: муравьиным, генетическим алгоритмами, методом ветвей и границ и т. д.

В статье [8] автором предложена соответствующая рассматриваемой задаче модификация генетического алгоритма; в статье [9] — метода ветвей и границ.

Анализ возможности применения разработанных и модифицированных алгоритмов в условиях противоречивых входных данных требует более детального рассмотрения и является одним из перспективных направлений дальнейших исследований.

Но заметим, что, в частности, для второго примера модифицированный метод ветвей и границ [9] найдет решение на первом шаге, а модифицированный генетический алгоритм [8] может вообще его не найти, поскольку функция приспособленности дуги (x_6, y_3) никогда не будет максимальной на анализируемой популяции.

Для непосредственно программной реализации анализа входных данных целесообразно привести табличное представление отношений следствия.

Для первого примера (отношение (1)) имеем:

	(x_1, y_1)	(x_2, y_1)	(x_3, y_1)	(x_4, y_2)	(x_5, y_2)	(x_6, y_2)	
(x_1, y_1)	–	1	1	1	1	1	(3)
(x_2, y_1)	1	–	1	1	1	1	
(x_3, y_1)	1	1	–	1	1	1	
(x_4, y_2)	1	1	1	–	1	1	
(x_5, y_2)	1	1	1	1	–	1	
(x_6, y_2)	1	1	1	1	1	–	

Для второго примера (отношение (2)) имеем:

	(x_1, y_1)	(x_2, y_1)	(x_3, y_1)	(x_4, y_2)	(x_5, y_2)	(x_6, y_3)	
(x_1, y_1)	–	1	1	1	0	0	(4)
(x_2, y_1)	1	–	1	0	1	0	
(x_3, y_1)	1	1	–	0	1	0	
(x_4, y_2)	1	0	0	–	1	1	
(x_5, y_2)	0	1	1	1	–	0	
(x_6, y_3)	1	1	1	1	1	–	

Для сравнения приведем задачу, решенную в [1] (Пример 3).

Двудольный граф (рис. 3) $G=(X, Y, E)$ содержит множество вершин, соответствующих возможным сеансам приема процедур $X=\{9.30—10.30; 11.00—12.00; 12.30—13.30; 9.30—10.00; 11.00—11.30; 12.30—13.00\}$, $\|X\|=6$; множество вершин графа, соответствующих процедурам, назначенным пациентам $Y=\{1_1; 2_1; 1_2\}$, $\|Y\|=3$.

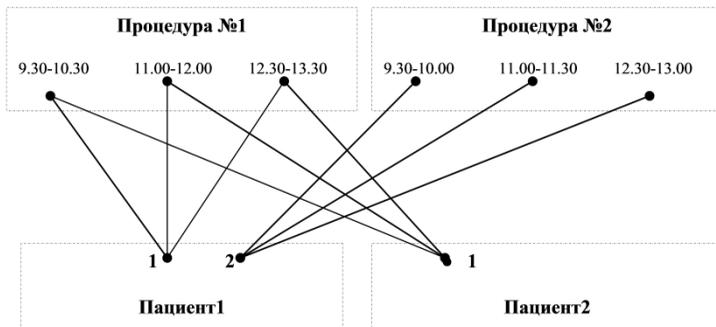


Рисунок 3. Построение двудольного графа (Пример 3)

Заданы ограничения:

- назначение одной и той же процедуры разным пациентам на одинаковое время невозможно;
- следующая процедура не может назначаться после первой раньше, чем через 1 час.

Ограничения определены множеством отношений следствия:

$$(x_1, y_1) \rightarrow C_{1,1} = \{(x_1, y_3), (x_2, y_1), (x_3, y_1), (x_4, y_2), (x_5, y_2)\};$$

$$(x_2, y_1) \rightarrow C_{2,1} = \{(x_2, y_3), (x_1, y_1), (x_3, y_1), (x_5, y_2), (x_6, y_2)\};$$

$$(x_3, y_1) \rightarrow C_{3,1} = \{(x_3, y_3), (x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_6, y_2)\};$$

$$(x_4, y_2) \rightarrow C_{4,2} = \{(x_5, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1)\};$$

$$(x_5, y_2) \rightarrow C_{5,2} = \{(x_4, y_2), (x_6, y_2), (x_1, y_1), (x_2, y_1)\};$$

$$(x_6, y_2) \rightarrow C_{6,2} = \{(x_4, y_2), (x_5, y_2), (x_2, y_1), (x_3, y_1)\};$$

$$(x_1, y_3) \rightarrow C_{1,3} = \{(x_2, y_3), (x_3, y_3), (x_1, y_1)\};$$

$$(x_2, y_3) \rightarrow C_{2,3} = \{(x_1, y_3), (x_3, y_3), (x_2, y_1)\};$$

$$(x_3, y_3) \rightarrow C_{3,3} = \{(x_1, y_3), (x_2, y_3), (x_3, y_1)\}. \quad (5)$$

Табличное представление отношений следствия будет иметь вид:

	(x_1, y_1)	(x_2, y_1)	(x_3, y_1)	(x_4, y_2)	(x_5, y_2)	(x_6, y_2)	(x_1, y_3)	(x_2, y_3)	(x_3, y_3)
(x_1, y_1)	–	1	1	1	1	0	1	0	0
(x_2, y_1)	1	–	1	0	1	1	0	1	0
(x_3, y_1)	1	1	–	0	0	1	0	0	1
(x_4, y_2)	1	0	0	–	1	1	0	0	0
(x_5, y_2)	1	1	0	1	–	1	0	0	0
(x_6, y_2)	0	1	1	1	1	–	0	0	0
(x_1, y_3)	1	0	0	0	0	0	–	1	1
(x_2, y_3)	0	1	0	0	0	0	1	–	1
(x_3, y_3)	0	0	1	0	0	0	1	1	–

Как видно из приведенных данных, рассмотренные конфликтные ситуации в отношениях следствия локализируются строками с максимальным количеством (равным $\|E\| - 1$) единиц.

Выводы

Ввиду того, что исходные данные для составления расписания приема процедур могут содержать противоречия, ошибки и т. д., обусловленные человеческим фактором, при решении задачи о паросочетаниях с исчезающими дугами возникает необходимость выявления конфликтов отношений следствия.

Показано, что при выявлении подобных ситуаций размерность задачи может быть уменьшена. В некоторых случаях поставленная задача может иметь тривиальное решение, которое вообще не требует применения имеющихся методов.

Анализ возможности применения известных, а также разработанных автором алгоритмов в условиях противоречивых входных данных требует более детального рассмотрения и является одним из перспективных направлений дальнейших исследований.

Список литературы:

1. Данильченко А.А., Ибрагим С.А. Организация вычислительного кластера ЖДТУ // Сборник научных трудов по материалам III Всеукраинская

конференция молодых ученых «Информационные технологии в науке и технике» Черкассы, апрель 2002. — С. 272—275.

2. Данильченко А.М., Данильченко А.А., Ибрагим С.А. Решение задач расписаний на кластерных системах // Труды IV Междунар. науч.-практ. конф. «Современные информационные и электронные технологии» Одесса, май 2003. — С. 147—149.
3. Майника Э. Алгоритмы оптимизации в сетях и графах: Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 323 с.
4. Оре О. Теория графов. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. — 336 с.
5. Рыбников К.А. Введение в комбинаторный анализ. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 312 с.
6. Харари Ф. Теория графов: Пер. с англ. и предисл. В.П. Козырева / Под ред. Г.П. Гаврилова. — 2-е. изд. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 296 с.
7. Панішев А.В., Данильченко А.М., Данильченко А.А., «Задача про паросполучення зі «зникаючими» дугами» — Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології». — Київ: 2012 — В63 — С. 75—81.

2.5. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ

Маркин Василий Евгеньевич

*канд. техн. наук, доцент МГУ им. адм. Г.И. Невельского,
г. Владивосток*

E-mail: vasily_markin@mail.ru

В настоящее время актуальность приобретает разработка программных продуктов криптографического назначения. Построенные на базе криптографических алгоритмов программные комплексы и системы позволяют реализовать широкий спектр возможностей, связанных с информационной безопасностью: скрытие конфиденциальной информации, организация защищенного канала передачи информации, проверка целостности и подлинности информации и т. д.

Существует большое количество информации, которая нуждается в защите. В таких случаях говорят, что информация содержит тайну или является защищаемой, приватной, конфиденциальной, секретной [2, с. 11]. Для наиболее типичных, часто встречающихся ситуаций такого типа введены даже специальные понятия:

- государственная тайна;
- военная тайна;
- коммерческая тайна;
- юридическая тайна;
- врачебная тайна и т. д.

Защищаемая информация имеет следующие признаки:

- имеется какой-то определенный круг законных пользователей, которые имеют право владеть этой информацией;
- имеются незаконные пользователи, которые стремятся овладеть этой информацией.

Криптографическая система — набор криптографических преобразований или алгоритмов, предназначенных для работы

в единой технологической цепочке с целью решения определенной задачи защиты информационного процесса.

Особую актуальность в криптографических системах на данный момент приобрело использование так называемой электронной подписи. Электронная подпись (ранее — электронная цифровая подпись, ЭЦП) (ЭП) — реквизит электронного документа, предназначенный для защиты данного электронного документа от подделки [4, с. 2]. Электронная подпись получается в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа электронной подписи и позволяет идентифицировать владельца сертификата ключа подписи. Использование ЭП является на сегодняшний день законодательно оформленной и юридически значимой процедурой обмена защищенными данными через телекоммуникационные каналы связи, в частности, через Интернет. Особую актуальность применение ЭП, безусловно, приобрело в связи с переходом системы государственного и муниципального заказа на электронные схемы функционирования.

Преимущества электронной подписи:

- значительно сокращает время, затрачиваемое на оформление сделки и обмен документацией (в любой момент времени все документы обрабатываются только в электронном виде);
- совершенствует и уменьшает стоимость процедуры подготовки, доставки, учета и хранения документов;
- гарантирует достоверность документации;
- минимизирует риск финансовых потерь за счет повышения конфиденциальности информационного обмена;
- помогает построить корпоративную систему обмена документами;
- позволяет выбрать наиболее выгодное ценовое предложение товаров и услуг на электронных торгах, аукционах и тендерах;
- позволяет выстраивать взаимоотношения с организациями и властными структурами на современной основе, более эффективно, с наименьшими издержками;
- расширяет географию бизнеса, совершая в удаленном режиме экономические операции с партнерами из любых регионов России.

ЭЦП заменяет собой подпись уполномоченного лица и печать организации. Особенности математического алгоритма создания и проверки ЭЦП гарантируют невозможность подделки такой подписи посторонними лицами, чем достигается неопровержимость авторства.

На современном этапе развития электронной торговли надежность и удобство использования ЭЦП не вызывает сомнений.

К недостаткам использования электронной подписи следует отнести необходимость создания сертификационных центров, выдающих и регистрирующих подписи. Кроме того, следует отметить обязательную стандартизацию и унификацию используемых алгоритмов электронной подписи [5, с. 40].

Целью работы является создание криптографической системы для обмена информацией с электронной цифровой подписью. Основные требования к разрабатываемому приложению:

1. Получение дайджеста (значения хэш-функции) текстового сообщения по алгоритму ГОСТ Р34.11-94;
2. Формирование электронной подписи сообщения по алгоритму ГОСТ Р34.10-2001;
3. Шифрование сообщения с ЭП с помощью алгоритма RSA [3, с. 143];
4. Передача зашифрованного сообщения по сети с помощью технологии сокетов;
5. Прием и расшифровка зашифрованного сообщения;
6. Проверка электронной подписи принятого сообщения.

Схема работы криптографической системы приведена на рис. 1.

Пользователь 1 вводит сообщение, на основе которого вычисляется значение хэш-функции (дайджест), затем формируется ЭП, которая прикрепляется к исходному сообщению. ЭП и сообщение шифруются алгоритмом RSA, после чего с помощью сокета отправляются по сети пользователю 2. После того как сокет на стороне пользователя 2 примет сообщение, оно расшифровывается алгоритмом RSA и разделяется на ЭП и исходное сообщение. Затем рассчитывается значение хэш-функции на основе принятого сообщения, которое сравнивается с принятым значением ЭП. Результат проверки подписи и принятое сообщение программа предоставляет пользователю 2.

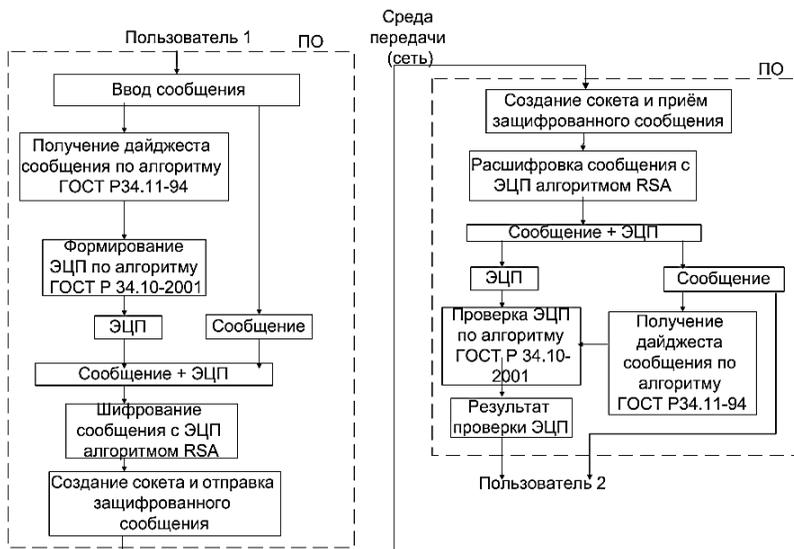


Рисунок 1. Схема работы криптографической системы

Для реализации разработки использован язык программирования Java. Следует отметить то, что язык и средства разработки являются бесплатными. Для реализации серверной части криптосистемы была использована библиотека сокетов java.net.

Библиотека java.net в платформе Java предоставляет класс Socket, который реализует одну сторону двустороннего соединения между программой Java и другой программой в сети. Класс Socket находится в верхнем уровне реализации, скрывая детали конкретной системы от программы Java. Используя класс java.net.Socket, программы Java могут связываться через сеть независимо от платформы. Библиотека содержит классы, с помощью которых можно работать с универсальными сетевыми адресами URL, передавать данные с использованием сокетов TCP и UDP, выполнять различные операции с адресами IP. Также библиотека содержит классы для выполнения преобразований двоичных данных в текстовый формат.

Таким образом, в результате разработана криптографическая система, реализующая функцию передачи текстовой информации с электронной подписью сообщения. Данную систему можно использовать на тех предприятиях, где должностные инструкции автоматизированных рабочих мест пользователей предполагают

обязательное шифрование передаваемой информации, в частности, текстовых сообщений.

Список литературы:

1. Арнольд К., Гослинг Дж. Язык программирования JAVA. / Пер. с англ. — СПб: Питер, 1997. — 304 с.
2. Жданов О.Н., Золотарев В.В. Методы и средства криптографической защиты информации: Учеб. пособие. — Красноярск: Изд-во СибГАУ, 2007. — 217 с.
3. Коутинхо С. Введение в теорию чисел. Алгоритм RSA. / Пер. с англ. — М.: Постмаркет, 2001. — 328 с.
4. Федеральный закон Российской Федерации от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи».
5. Шнайер Б.. Прикладная криптография. / Пер с англ. — М.: Триумф, 2002. — 816 с: илл.

ПРИМЕНЕНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ИМИТОЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Осипов Дмитрий Леонидович

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Компьютерная безопасность»
Института информационных технологий и телекоммуникаций
СКФУ,
г. Ставрополь
E-mail: dmtrosipov@yandex.ru*

Бурмистров Владимир Александрович

*студент 5 курса специальности «Компьютерная безопасность»
Института информационных технологий и телекоммуникаций
СКФУ,
г. Ставрополь
E-mail: rosssthebossstav@mail.ru*

Гавришев Алексей Андреевич

*студент 5 курса специальности «Компьютерная безопасность»
Института информационных технологий и телекоммуникаций
СКФУ,
г. Ставрополь
E-mail: rammsteinstav@yandex.ru*

В современных организациях и предприятиях особое внимание уделяется вопросу организации охраны территорий, помещений, элементов инфраструктуры, и других важных объектов. Для увеличения скорости реакции на опасные воздействия технические системы охраны (ТСО) интегрируются в действующие информационные системы (ИС) предприятия в качестве подсистем безопасности.

Одним из способов проникновения на охраняемую территорию является подмена датчика охраны (камеры видеонаблюдения, датчика объёма, датчика движения и т. п.) подставным элементом, выдающим заведомо ложную информацию о состоянии охраняемого объекта на центральный пульт охраны, или внедрение в линию связи и ее прослушивание (рис. 1).

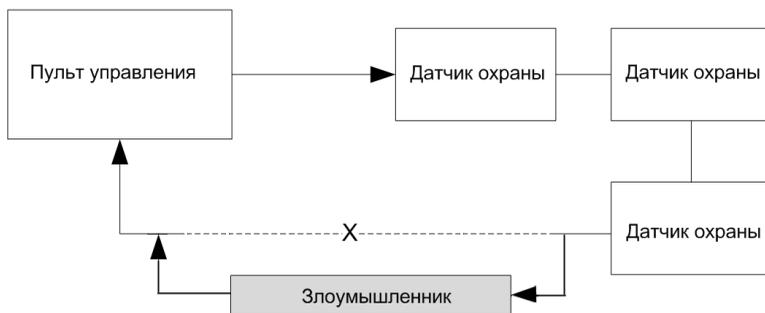


Рисунок 1. Схема подключения злоумышленника к линии передачи данных

Подменённый датчик в состоянии имитировать нормальную работу и не вызывать подозрений у операторов ТСО, таким образом создаётся брешь в системе охраны объекта. Процедура несанкционированной замены датчика вполне может быть осуществлена во время монтажа нового оборудования, в период проведения технического обслуживания или в любой другой удобный момент времени при ослаблении контроля за деятельностью должностных лиц.

Таким образом, не вызывает сомнения актуальность тематики исследований в области совершенствования подсистем безопасности. В настоящей статье рассматривается одно из направлений совершенствования ТСО, связанное с повышением достоверности контроля за охраняемым объектом с помощью псевдослучайных последовательностей.

Для реализации вышеуказанного совершенствования предлагается организовать цикл опроса датчика по принципу «свой-чужой» на основе псевдослучайных последовательностей.

Введем необходимые определения [7, с. 36—37]:

1. Последовательность $\{s_i\}_{i \geq 0}$ называется периодической с периодом p , если p — наименьшее натуральное число, для которого $s_{i+p} = s_i$ при всех $i \geq 0$.

2. Постулаты случайности Голломбы:

1. числа нулей и единиц на период равны настолько, насколько это возможно.
2. половина отрезков в цикле имеют длину 1, четверть отрезков имеют длину 2, восьмая часть отрезков имеет длину 3 и т. д.
3. внефазовая корреляция $AC(k)$ имеет одно и то же значение для всех k .

Если двоичная периодическая последовательность удовлетворяет этим критериям, то она называется псевдослучайной. В таком случае она должна обладать рядом свойств [7, с. 39]:

1. период последовательности $\{s_i\}_{i \geq 0}$ должен быть очень большим.
2. последовательность $\{s_i\}_{i \geq 0}$ должна легко генерироваться.
3. знание части открытого текста и соответствующего шифртекста не должно позволить противнику сгенерировать всю последовательность $\{s_i\}_{i \geq 0}$.

Таким образом, последовательность, удовлетворяющая всем вышеописанным критериям, вполне подходит для имитозащиты объектов информационной системы.

На рисунке 2 предложена упрощённая схема устройства, реализующего подобный алгоритм. Блок контроля включает два генератора псевдослучайной последовательности (ПСП): генератор ПСП-1 и генератор ПСП-2, а также устройство сравнения. Для запуска блока контроля на вход генератора ПСП-1 подаётся стартовая команда. После этого генератор ПСП-1 вырабатывает первое псевдослучайное число. Полученное значение отправляется на генератор ПСП-2 блока контроля и одновременно с этим по линии связи передаётся на контролируемый датчик. В состав датчика также входит генератор псевдослучайной последовательности, функция генерации последовательности которого идентична функции генератора ПСП-2 блока контроля. Таким образом, отклики обоих генераторов ПСП-2 на одно и то же значение, выработанное генератором ПСП-1, должны быть одинаковы. Это проверяется в устройстве сравнения. В случае совпадения значения пришедшего от контролируемого датчика и значения генератора ПСП-2 блока контроля устройство сравнения выдает сигнал «Норма», который в свою очередь служит командой для генератора ПСП-1 на генерацию очередного псевдослучайного числа. Таким образом, цикл опроса «свой-чужой» повторяется. При несовпадении значений (что является признаком сбоя в работе датчика) устройство сравнения выдаёт команду «Тревога», а на генератор ПСП-1 приходит управляющая команда «старт». Таким образом, работа устройства продолжается.

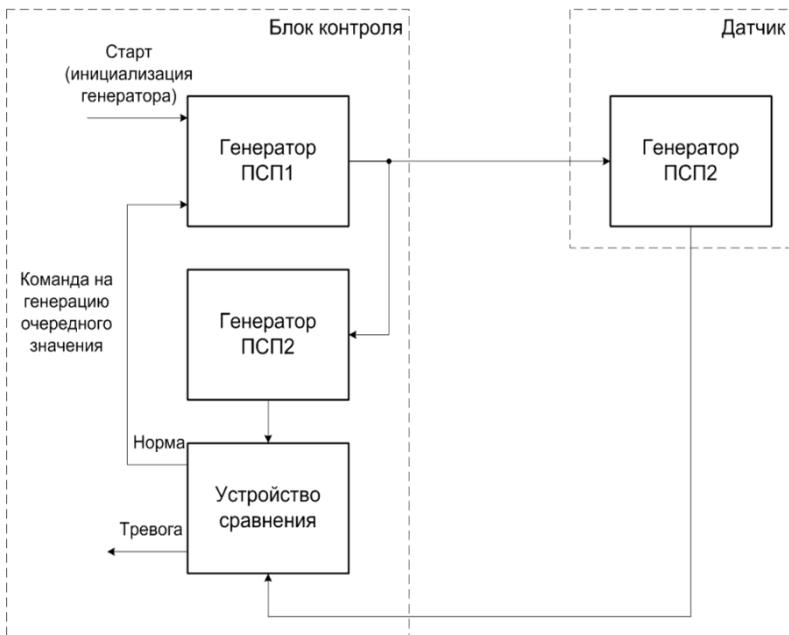


Рисунок 2. Функциональная схема устройства

Устройство имитозащиты контролируемых объектов не требует частого повторения цикла опроса, вполне достаточно обмениваться контрольными комбинациями 5—6 раз за десять секунд. За это время противник физически не успеет подменить датчик. В простейшем случае, для обеспечения равномерного распределения случайных чисел допустимо использовать как аппаратные, так и программные способы генерации ПСП, например, основанные на элементарных алгоритмах построения линейных или аддитивных конгруэнтных последовательностей.

Значительная длина псевдослучайной последовательности исключает возможность подбора противником подходящей функции ПСП-2 за счёт анализа данных, передаваемых по линии связи между датчиком и блоком контроля. Кроме того, для обеспечения дополнительной безопасности охраняемого объекта возможна периодическая смена функций генерации ПСП.

Таким образом, предлагаемое техническое устройство позволит повысить достоверность контроля и имитозащиту оконечных датчиков ТСО, и как следствие, снизить остроту проблемы функционирования

подсистемы безопасности ИС предприятий. Разработанное авторами статьи устройство защищено патентами РФ [1, 2, 3, 4, 5] и постоянно совершенствуется.

В настоящее время готовится к подаче заявка на патент «Устройство имитозащиты группы контролируемых объектов» с принципиальной новой схемой устройства сравнения ПСП, приходящих от блока контроля и контролируемого датчика [6, с. 207—209].

Данная модель по сравнению с прототипом и другими известными техническими решениями имеет следующие преимущества:

1. повышение уровня имитозащиты охранной сигнализации с обеспечением одновременного контроля за группой охраняемых объектов;
2. возможность ускорения процесса опроса подключенных датчиков и выявления факта подмены датчика или его компрометации;
3. возможность подключения большого количества датчиков по топологии «звезда», работающих независимо друг от друга;
4. упрощенная техническая реализация.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2310236 кл. G08B 25/04, 2006.01.
2. Патент РФ № 2387017 кл. G08B 25/04, 2006.01.
3. Патент РФ № 2417452 кл. G08B 25/00, 2006.01.
4. Патент РФ № 2447512 кл. G08B 25/00, 2006.01.
5. Патент РФ № 2455696 кл. G08B 25/00, 2006.01.
6. Порублев М.А., Гавришев А.А., Бурмистров В.А. Устройство имитозащиты группы контролируемых объектов: Сборник материалов IV-й Международной научно-практической конференции «Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем». Ставрополь: Бюро Новостей, СтГАУ, 2012. — 317 с.
7. Тилборг ванн Х.К.А. Основы криптологии. Профессиональное руководство и интерактивный учебник. М.: Мир, 2006. — 471 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ И «ГАММИРОВАНИЯ» ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

Куржеевский Игорь Владимирович

*старший преподаватель, Академия военно-морских сил
имени П.С. Нахимова, г. Севастополь*

Бродовская Виолетта Владимировна

*студент, Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова,
г. Севастополь*

Филимонова Анастасия Викторовна

*студент, Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова,
г. Севастополь*

E-mail: filay40@yandex.ru

Эллиптические кривые являются одним из основных объектов изучения в современной теории чисел и криптографии. Эллиптическая криптография образует самостоятельный раздел криптографии, посвященный изучению криптосистем на базе эллиптических кривых. В частности, на эллиптических кривых основан российский стандарт цифровой подписи ГОСТ Р 34.10-2001. Под «гаммированием» в данной статье понимается сложение точек эллиптической кривой, соответствующих символам алфавита с точками эллиптической кривой, соответствующих «гамме». «Гамма» — это псевдослучайная последовательность точек эллиптической кривой или точки, соответствующие символам некоторого другого текста.

Эллиптическая кривая — математический объект [3, с. 13], который может быть определен над любым полем и описывается кубическим уравнением следующего вида:

$$y^2 + cxy + dy = x^3 + ex^2 + fx + g$$

где c , d , e , f и g являются действительными числами, удовлетворяющими некоторым условиям. Ньютон доказал, что над полем действительных чисел любую эллиптическую кривую можно преобразовать, с помощью замены координат (1) к виду (2) (формула Вейерштрасса).

$$X = \frac{l_1(x,y)}{l_2(x,y)} Y = \frac{l_2(x,y)}{l_3(x,y)} l_i \neq 0 \quad (1)$$

$$y^2 = x^3 + a * x + b \quad (2)$$

Чтобы найти точки пересечения эллиптической кривой с осью абсцисс необходимо решить кубическое уравнение с помощью формул Кардано.

$$x^3 + a * x + b = 0$$

Дискриминант этого уравнения имеет вид:

$$D = \left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 .$$

Если $D < 0$, то уравнение имеет три различных действительных корня α , β , γ (рисунок 1).

Если $D = 0$, то уравнение имеет три действительных корня, предположим α , β , β , то, по крайней мере, два из них равны (рисунок 2).

Если $D > 0$, то уравнение имеет один действительный корень α и два комплексно сопряженных (рисунок 3).

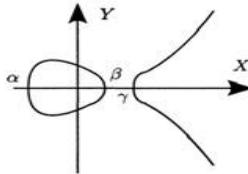


Рисунок. 1 $D < 0$

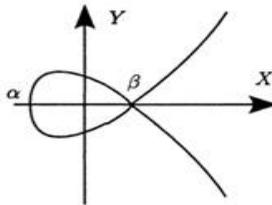


Рисунок. 2 $D = 0$

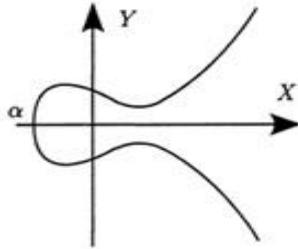


Рисунок. 3 $D>0$

Точки эллиптической кривой можно вычитать. Вычитания точек эллиптической кривой реализуется следующим образом (рисунок 4): предположим, что необходимо найти разность точек R и Q . Для этого необходимо отобразить точку R симметрично оси OX и получить точку R_1 . Складывая точки R_1 и Q получаем их сумму — точку P_1 , затем следует отобразить точку P_1 симметрично оси OX и в результате получаем точку P , являющуюся разностью точек R и Q .

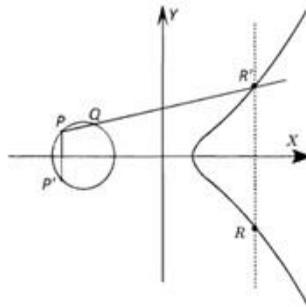


Рисунок. 4. Вычитание точек ЭК

Сложение точек эллиптической кривой равносильно умножению чисел в неэллиптической криптографии (рисунок 5).

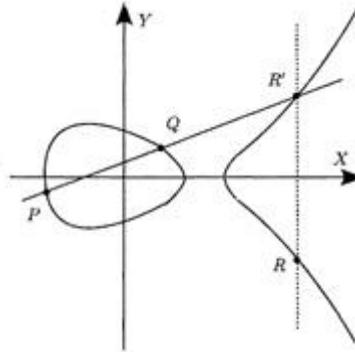


Рисунок. 5 Сложение точек ЭК

Сумма двух точек, в свою очередь, также принадлежит эллиптической кривой и имеет координаты, которые вычисляются по следующим формулам:

$$\lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \text{ если } P \neq Q \text{ и}$$

$$\lambda = \frac{3x_1^2 + \alpha}{2y_1}, \text{ если } P = Q,$$

где: λ — угловой коэффициент секущей, а x_1, x_2, y_1, y_2 — координаты точек

$$P = (x_1, y_1), Q = (x_2, y_2), P + Q = T(x_3, y_3)$$

$$x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2 \bmod p$$

$$y_3 = \lambda * (x_1 - x_3) - y_1 \bmod p.$$

Важное свойство множества точек эллиптической кривой состоит в том, что они образуют абелеву группу. Рассмотрим эллиптическую кривую, заданную над полем вещественных чисел. В этом случае эллиптическая кривая будет представлять собой плоскую кривую и точку O «в бесконечности». Пусть E — эллиптическая кривая над полем вещественных чисел, а P и Q — две точки на E . Определим точки $-P$ и $P+Q$ по приведенным ниже правилам [1, с. 70].

Правило 1. Точки $P=(x, y)$ и $-P$ имеют одинаковые координаты x , а их координаты y различаются только знаком, т. е. $-(x, y)=(x, -y)$ [2, с. 82].

Правило 2. Если P и Q имеют различные координаты x , то прямая $l=PQ$ имеет с E еще в точности одну точку пересечения R кроме двух случаев: когда прямая l оказывается касательной в точке P (тогда полагаем $R=P$) или касательной в Q (тогда $R=Q$). Определяем теперь сумму точек $P+Q$ как точку R .

Для реализации алгоритма стохастического шифрования и «гаммирования» с использованием абелевой группы точек эллиптической кривой применяется следующий алгоритм:

1. Для каждого сеанса связи с помощью генератора псевдослучайной последовательности (ГПСП) № 1 с ключом k_1 создается новый алфавит с проверкой на уникальность каждого символа, которому соответствует некоторая точка, лежащая на эллиптической кривой.

2. Для каждого сеанса связи с помощью генератора псевдослучайной последовательности (ГПСП) № 1 с ключом k_1 создается новый алфавит с проверкой на уникальность каждого символа, которому соответствует некоторая точка, лежащая на эллиптической кривой.

3. Считываем из файла поблочно исходный текст подлежащий шифрованию.

4. Определяем порядковые номера символов блока исходного текста в сгенерированном алфавите.

- 4.1 Задаем количество случайных символов, которыми будет «разбавлен» блок исходного текста.

- 4.2 Генерируем случайные символы с помощью ГПСП № 2 с ключом k_2 и определяем порядковые номера этих символов в алфавите.

- 4.3 Создаем одномерный целочисленный массив с длиной равной количеству считанных символов блока исходного текста плюс количество сгенерированных случайных символов. Записываем в массив порядковые номера этих символов в алфавите. Используя ГПСП № 3 с ключом k_3 , стохастически перемешиваем элементы этого массива.

5. Сгенерированный в пункте 1 алфавит записывается в двухмерный массив.

6. С помощью ГПСП № 4 с ключом k_4 осуществляем циклические сдвиги строк и столбцов полученного в предыдущем

пункте двухмерного массива, тем самым осуществляем стохастическое перемешивание алфавита для каждого шифруемого символа.

7. Считываем из одномерного массива, полученного в пункте 4.3, порядковый номер в алфавите очередного шифруемого символа и осуществляем замену этого номера на соответствующий порядковый номер из перемешанного в пункте 6 алфавита, таким способом происходит стохастическая замена каждого символа.

8. Производим шифрование, основанное на эллиптической кривой следующим образом:

8.1 Определяем генерирующую точку G эллиптической кривой.

8.2 Генерируем случайное число k .

8.3 Пользователь выбирает в качестве открытого ключа произвольную точку P_g эллиптической кривой, а в качестве секретного ключа некоторое число n_g . Уравнение имеет вид:

$$C_m = \{k * G, P_m + k * P_g\} \quad (9)$$

где P_m — точка эллиптической кривой соответствующая шифруемому символу.

9. Считываем из ключевого файла очередной символ «гаммы».

10. Складываем точки эллиптической кривой, соответствующие символу исходного текста и символу «гаммы».

11. Результат шифрования записываем в файл.

Секретным ключом в данной системе шифрования являются символы «гаммы» и ключи генераторов ПСП.

Расшифрование происходит следующим образом:

1. Считываем из соответствующих файлов очередной символ зашифрованного текста и символ гаммы.

2. Находим разность точек эллиптической кривой, соответствующих символу зашифрованного текста и символу гаммы.

3. Применяем следующие уравнение:

$$P_m + k * P_g - n_g * (k * G) = P_g + k * (n_g * G) - n_g * (k * G) \quad (10)$$

4. Получив расшифрованные координаты точек ЭК, мы определяем порядковые номера символов, соответствующих этим координатам, то есть символов замены, которые записываем в одномерный массив.

5. Для определения порядковых номеров символов исходного текста и случайных символов осуществляем обратные циклические сдвиги строк и столбцов двухмерного массива, в который записан

алфавит. Считываем из одномерного массива, полученного в пункте 4, порядковый номер в алфавите очередного зашифрованного символа и осуществляем его замену на соответствующий порядковый номер из двухмерного массива с алфавитом. Полученные таким образом порядковые номера символов записываются в одномерный массив.

6. С помощью ГПСП № 3 с ключом k_3 отбрасываем случайные символы в одномерном массиве из пункта 5 и восстанавливаем первоначальный порядок исходных символов.

Оценим вычислительную стойкость предложенного алгоритма стохастического шифрования с использованием абелевой группы точек эллиптической кривой. Сгенерированный алфавит для каждого сеанса связи содержит 144 символа и включает в себя прописные и строчные буквы латинского алфавита и кириллицы, а также знаки препинания и другие необходимые символы. Если модуль, по которому происходит вычисления, равен, например, $p=751$, то число точек на данной эллиптической кривой составляет $n=727$. Общее количество различных алфавитов можно подсчитать по формуле для числа размещений $A_n^m = \frac{n!}{(n-m)!}$. Так как $n=727$, а $m=144$,

то $A_{727}^{144} \approx 10^{405}$. Использование циклических сдвигов строк и столбцов двухмерного массива, в который записан сгенерированный алфавит, определяет стохастическое перемешивание элементов этого массива, поэтому любой символ алфавита может быть заменен на любой другой. Если, например, длина исходного текста составляет 1000 символов, то количество возможных вариантов $N = 144^{1000}$, что составляет примерно 10^{2158} . Для несанкционированного доступа к информации злоумышленнику необходимо определить также, какие из расшифрованных символов являются случайными, а затем отбросить эти случайные символы и восстановить первоначальный порядок следования в тексте исходных символов.

Выводы. Предложенный алгоритм стохастического шифрования с использованием абелевой группы точек эллиптической кривой отличается от существующих алгоритмов тем, что для каждого сеанса связи генерируется новый уникальный алфавит, в котором каждому символу алфавита соответствуют координаты некоторой точки на эллиптической кривой; затем исходный текст дополняется случайно сгенерированными символами и с помощью генератора псевдослучайных последовательностей происходит их стохастическое перемешивание, далее происходит стохастическая замена каждого символа, который шифруется с использованием случайного параметра. Стохастическое преобразование исходной информации, подлежащей

защите от несанкционированного доступа, позволяет повысить криптостойкость от взлома методом полного перебора. Данный алгоритм был реализован в среде Aribasw и C# (SHARP), успешно прошел тестирование на правильность результатов шифрования и расшифрования и может быть использован для защиты информации от несанкционированного доступа.

Список литературы:

1. Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б., Часовский А.А.. Алгоритмические основы эллиптической криптографии / — М.: Изд-во РГСУ, 2004. — 499 с.
2. Ростовцев А.Г. Теоретическая криптография / А.Г. Ростовцев, Е.Б. Маховенко. — Санкт-Петербург: АНО НПО «Профессионал», 2004. — 464 с.
3. Державний стандарт України. Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Формування та перевірка. ДСТУ 4145-2002. Видання офіційно. Київ. Держстандарт України. 2003.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА СРЕДСТВ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Хализев Вячеслав Николаевич

*канд. техн. наук, профессор КубГТУ, г. Краснодар
E-mail: ha53@mail.ru*

Кузьмин Денис Игоревич

*студент КубГТУ, г. Краснодар
E-mail: kuzmin_ib1@mail.ru*

В литературе неоднократно формулировалась задача определения мер и средств защиты как оптимизационная задача выбора при заданных ограничениях, например в [1, с. 4], как задача первого или второго вида. Первая — минимизация стоимости при требуемой эффективности мер защиты и второго вида — максимизация эффективности мер защиты при ограничении на стоимость средств.

Между тем, нормативными документами ФСТЭК строго определен порядок построения эффективной защиты — выявление всех возможных угроз безопасности информации, оценка их актуальности, вероятности реализации, определения класса защищенности АС, (либо требуемого уровня защищенности для ИСПДн) и установление по этим данным определенного набора мер соответствия введённому классу защищенности (уровню защиты), то есть третий вид задачи из [1] — покрытия множества требований РД (или угроз) множеством мер и способов защиты (создание профиля функциональных требований (ФТ) защиты — в терминах ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408). В этом случае задача количественного определения эффективности и оптимизации стоимости выбранных мер и средств защиты не ставится. При этом отсутствие строгой методики обоснования выбора конкретных мер и способов защиты и реализующих их средств защиты информации (СрЗИ) может привести к неоптимальности, а иногда даже к несостоятельности выбранного далее набора компонентов системы защиты.

Процесс поиска, изучения, анализа и выбора средств достаточно сложен и продолжителен, зависим от уровня знаний специалиста, при этом надо учитывать множество влияющих факторов. Поэтому возможно появление ошибок в силу различных причин, которые могут привести к выбору не лучшего варианта, что может затем сказаться на бюджете и безопасности. Поэтому задача выбора оптимального состава комплекта СрЗИ является актуальной.

Решать эту задачу можно применив систему поддержки принятия решения, базирующуюся на комплексе математических моделей многокритериальной оптимизации.

В [6, с. 55] предлагается оптимизацию выбора СрЗИ проводить по критерию «предпочтительности выбора», вычисляемого как суммарный показатель экспертных оценок обязательных (по функциональным требованиям РД ФСТЭК и ФСБ) и дополнительных показателей, взвешенных коэффициентами важности, по каждому виду СрЗИ в отдельности — защиты от НСД, межсетевым экранам (МЭ), антивирусным средствам (АВС) (по одному средству каждого вида). Эта модель не решает проблемы выбора комплекта СрЗИ когда имеются средства, покрывающие ФТ из разных видов подсистем (известны средства с функциями МЭ, СОВ и АВС одновременно и всеми их сочетаниями), а также внутри одного вида СрЗИ — защиты от НСД, когда одни средства покрывают все ФТ, другие — частично, а некоторые элементы с одним —

двумя ФТ (е-токен как электронный ключ, Шипка как электронный ключ и средство хранения сертификатов КриптоПРО)

Решить эту задачу можно применив предлагаемую модель оптимизации, базирующуюся на уточненных моделях многокритериальной оптимизации и методах системного анализа.

Данная модель сочетает принятую парадигму построения СЗИ в виде покрытия набора функциональных требований для класса защищенности АС (уровня защиты ИСПДн) и выработки комплексного показателя защищенности и его оптимизации внутри каждого класса.

Задача выбора оптимальной структуры системы из составляющих ее объектов может быть сформулирована в теоретико-множественной интерпретации как задача о наименьшем покрытии (ЗМП) множества следующим образом [3, с. 1].

Пусть определено множество требований $R=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ и множество объектов (элементов оборудования) $S=\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, таких, что каждый S_j ассоциирован с подмножеством $R_j \subseteq R$, где $j \in N=\{1, \dots, n\}$, при этом S_j удовлетворяет требованиям из R_j , либо выполняет функцию из R_j . Совокупность $\{R_j\}$, $j \in J$, $J \subseteq N$ называется покрытием множества R , если $\cup R_j=R$, $j \in J$.

Каждому R_j приписан вес (стоимость) $C_j > 0$. Требуется найти покрытие, имеющее минимальный суммарный вес.

Приведем соответствующую модель целочисленного линейного программирования (ЦЛП). Введем переменные: $x_j=1$, если множество R_j входит в покрытие, иначе $x_j=0$, $j \in N$. Определим матрицу $A=(a_{ij})$:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } r_i \text{ входит в множество } R_j \text{ (требование } r_i \text{ покрыто)} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Задача выбора оптимального набора объектов $S=\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, при реализации полного набора функций (требований) $R=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ как задача ЦЛП имеет вид:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n (C_j x_j) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) \geq 1, \quad (2)$$

где: $i \in M$

$$x_j \in 0, 1, \quad (3)$$

где: $j \in N$

Если B_j интерпретировать как эффективность элементов оборудования, то значения целевой функции (4) определяют максимальную эффективность набора оборудования, для построения системы, удовлетворяющей всем заданным требованиям, при тех же ограничениях (2) и (3):

$$F_2(x) = \sum_{j=1}^n (B_j x_j) \rightarrow \max \quad (4)$$

Задача выбора составляющих системы по критерию максимума ее эффективности (4) практически трудно реализуема из-за существенной нелинейности входящих в нее составляющих элементов.

Для более точного учета противоречивости предпочтений выбора объектов из S , модифицируем задачу (4), путем ввода матрицы натуральных чисел B :

Определим матрицу $B=(b_{ij})$, $i \in M, j \in N$:

$$b_{ij} = \begin{cases} b, \text{ если } a_{ij} = 1 \text{ и требование } r_i \text{ выполнено объектом } j \\ \text{ с качеством } b = 1..100 \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (5)$$

Пусть величины b определяются экспертным путем, например по методу Саати, методом парных сравнений и нормализации по каждому требованию r_i . Если задачи из R имеют разный весовой коэффициент, то вводится вектор $\alpha = \{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_m\}$, $(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m = 1)$.

Тогда задача выбора оптимального набора объектов $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, для реализации заданных функций (требований) $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ по критерию максимума качества решения задачи r_i как задача ЦЛП принимает вид:

$$F_3(x) = \alpha_i \sum_j (b_{ij} x_j) \rightarrow \max \quad (6)$$

При этом фактически, введением матрицы B , мы изменили задачу (2) на задачу многокритериальной дискретной оптимизации (МДО) с критериями вида (5) для каждой функции из R .

При этом в работе [4, с. 59] предложен метод решения задач МДО путем использования нелинейной свертки, чувствительной к упорядочению важности критериев не экспертным путем, а строгим вычислительным алгоритмом, например ЦЛП, применением метода изменения ограничений.

Таким образом, задачу МДО удастся свести к итерационному алгоритму А1 следующего вида:

Шаг1: Решить m раз задачу ЦЛП вида (6), при условиях:

$$\sum_{j=1}^n (C_j \cdot x_j) \leq c^*, i \in M \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} \cdot x_j) \geq 1, i \in M \quad (8).$$

$$x \in 0,1, j \in N$$

Шаг 2: Определить вектор X^* , при котором

$$F(x^*) = \alpha_i \sum_{j=1}^n (b_{ij} \cdot x_j) = \max$$

Шаг 3: Вычислить значение точки $[B_{\min}, C^*]$ по формуле (9),

$$F(x) = \sum_i^m \alpha_i \sum_{j=1}^n (b_{ij} \cdot x_j) \rightarrow \max \quad (9),$$

$C^* = C^* + \Delta$; Если $C^* > C_{\max}$, то стоп, иначе перейти на шаг1.

Этот алгоритм решает задачу МДО методом линейной свертки (анализа иерархий) Саати, скорректированный нелинейной сверткой. В [5, с. 1] доказано, что таким образом множество парето-оптимальных решений сужается до «разумного» многокритериального выбора.

Известна задача МДО, в частности двухкритериальная задача о покрытии множества, в которой требуется найти покрытие одновременно минимизирующее функцию затрат (1) и максимизирующее функцию эффективности, имеющую вид (4) [2, с. 1].

Путем последовательных итераций методом уступок меняя поочередно параметры C и B , предлагается строить парето-оптимальный фронт, из которого ЛПР уже может выбрать решение пользуясь экспертными знаниями.

Практическая реализация алгоритмов А1 в Excel показала практическую возможность решения задач размерностью 100x50 с приемлемой точностью.

Список литературы:

1. Бурушкин А.А., Соловьев С.В., Ступников А.В. Об актуальности разработки методического обеспечения построения комплексных систем защиты информации в системах электронного документооборота при интеграции разноплатформенных программно-технических средств. // Информационное противодействие угрозам терроризма. Научно-практический журнал — 2009. — № 13.
2. Заозерская Л.А., Колоколов А.А. Исследование и решение двухкритериальной задачи о покрытии множества. // Проблемы информатики. — 2009. — № 2 [Электронный ресурс]- Режим доступа — URL: problem-info.ru/2009-2/2.pdf, (дата обращения: 25.10.2012).
3. Львович Я.Е., Чернышева Г.Д., Каширина И.Л., Воронежский государственный технический университет, Воронежский государственный университет- Оптимизация проектных решений в САПР на основе эквивалентных преобразований задачи о минимальном покрытии. Электронное научно-техническое издание № ФС 77-30569. Государственная регистрация № 0421100025 [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://technomag.edu.ru/index.html>, (дата обращения: 25.06.2012).
4. Ногин В.Д. Границы применимости распространенных методов скаляризации при решении задач многокритериального выбора // Методы возмущений в гомологической алгебре и динамика систем: Межвуз. сб. науч. тр. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004, С. 59—68.
5. Ногин В.Д., Басков О.В. Сужение множества Парето на основе учёта произвольного конечного набора числовой информации об отношении предпочтения // Доклады АН, 2011, т. 438, № 4, С. 1—4.
6. Прокушева А.П., Прокушев Я.Е. Моделирование и оптимизация выбора средств программно-аппаратной защиты информации с точки зрения экономической и технической целесообразности. // Информация и безопасность — 2012. — № 1. С. 55—60.

СЕКЦИЯ 3.

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ»

3.1. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

ЗАДАЧА ГИДРОУПРУГОСТИ ДЛЯ ТРУБЫ КОЛЬЦЕВОГО ПРОФИЛЯ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Кондратов Дмитрий Вячеславович

*д-р физ.-мат. наук, профессор Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов
E-mail: KonratovDV@yandex.ru*

Калинина Анна Владимировна

*аспирант Поволжского института управления
имени П.А. Столыпина, г. Саратов*

Плаксина Ирина Владимировна

*аспирант Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

*Выполнено при поддержке гранта Президента МД-1025.2012.8
и грантов РФФИ 10-01-00177-а, 12-01-31154-мол_а.*

В различных отраслях техники широко применяются механические системы, состоящие из двух цилиндрических оболочек, вложенных друг в друга, между которыми расположена жидкость. Примерами использования модели с двумя цилиндрическими оболочками можно считать двигатели внутреннего сгорания, поплавковые приборы навигации, жидкостные ракетные двигатели, телескопические шасси, силовые цилиндры с полым плунжером [1—4].

Применение такого подхода не только позволяет уменьшить вес конструкции, но и обеспечивает устойчивость к различным вибрационным воздействиям.

Рассмотрим механическую систему, представленную на рис. 1.

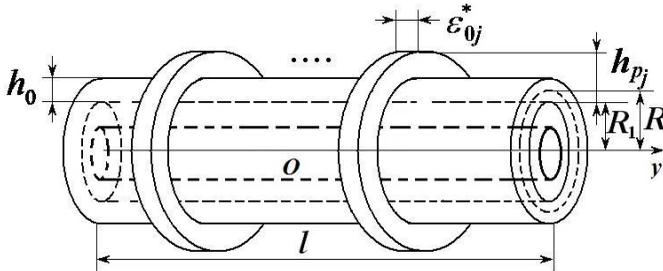


Рисунок 1. Физическая модель

Рассматривается ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в круглой трубе кольцевого сечения, образованного поверхностями соосных цилиндрических оболочек, причем внешняя оболочка является упругой геометрически нерегулярной, а внутренняя оболочка является абсолютно жестким цилиндром. Внутренний R_1 и срединной поверхности R радиусы внешней оболочки, а также внешний радиус R_2 внутренней оболочки значительно больше ширины $\delta = R_1 - R_2$ цилиндрической щели кольцевого сечения.

Толщина внешней $h_0 = 2(R - R_1)$ оболочки значительно меньше радиуса срединной поверхности R . Длины оболочек l — одинаковы, а упругие перемещения внешней оболочки значительно меньше ширины δ цилиндрической щели. Течение происходит под действием переменного по времени перепада давления. Перемещение внутренней оболочки относительно внешней на защемленных торцах отсутствует. Механическая система считается термостабилизированной.

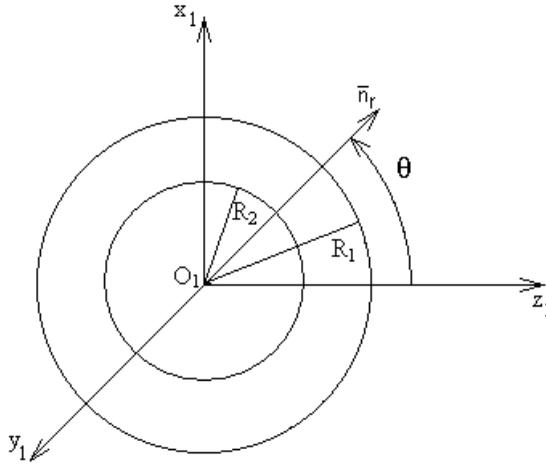


Рисунок 2. Оси координат

Систему координат $O_1x_1y_1z_1$ свяжем с основанием, к которому крепиться рассматриваемая механическая система. Ее центр O_1 расположен в геометрическом центре соосных оболочек в невозмущенном состоянии. Положим, что перемещения вдоль оси O_1y_1 отсутствуют. Введем в рассмотрение необходимую далее цилиндрическую систему координат r, θ, y ($\bar{n}_r, \bar{n}_\theta, \bar{j}$ — орты цилиндрической системы), полюс которой совпадает с началом координат $O_1x_1y_1z_1$, направления осей Oy , O_1y_1 цилиндрической и декартовой систем координат совпадают (Рис. 2)

Течение жидкости между оболочками осесимметричное и описывается уравнениями Навье-Стокса, которые в цилиндрической системе координат имеют вид:

$$\frac{\partial V_k}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_k}{\partial r} + V_y \frac{\partial V_k}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial k} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_k}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_k}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_k}{\partial y^2} - \chi \frac{V_r}{r^2} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0.$$

Здесь $k = r$ или y ; $\chi = 1$ при $k = r$, $\chi = 0$ при $k = y$; V_y, V_r — компоненты вектора скорости жидкости в цилиндрической системе

координат (\bar{n}_r, \bar{j}) , начало O которой находится в центре внутренней оболочки; p — давление жидкости; ρ — плотность жидкости; V — кинематический коэффициент вязкости; y — координата вдоль оси симметрии Oy ; r — расстояние от оси Oy ; t — время.

Граничные условия представляют собой условия прилипания жидкости к поверхностям оболочек и условия для давления на концах механической системы:

$$\begin{aligned} V_r &= \partial u_3 / \partial t, \quad V_y = -\partial u_1 / \partial t \quad \text{при } r = R_2 + \delta + u_3; \\ V_r &= 0, \quad V_y = 0 \quad \text{при } r = R_2; \\ p &= p^+ \quad \text{при } y = l/2, \quad p = p^- \quad \text{при } y = -l/2, \end{aligned} \quad (2)$$

где: u_3 — прогиб внешней оболочки, положительный в сторону противоположную центру кривизны;

u_1 — продольное перемещение оболочек, положительное в сторону противоположную оси Oy .

В случае осесимметричной деформации ребристой оболочки уравнения динамики для введенной в рассмотрение цилиндрической системы координат, полученной исходя из вариационного интегрального принципа Гамильтона, имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{Eh_0}{1-\mu_0^2} \frac{\partial}{\partial y} \left(\left[\frac{\partial u_1}{\partial y} - \mu_0 \frac{u_3}{R} \right] \left(1 + \sum_{j=1}^n k_{1j} \Delta \Gamma_{yj} \right) + \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} h_0 \sum_{j=1}^n k_{2j} \Delta \Gamma_{yj} \right) = \\ = h_0 \rho_0 \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} \left(1 + \sum_{j=1}^n k_{1j} \Delta \Gamma_{yj} \right) - q_s, \\ \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left(\frac{Eh_0^3}{12(1-\mu_0^2)} \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} \left[1 + \sum_{j=1}^n k_{3j} \Delta \Gamma_{yj} \right] + \frac{Eh_0}{1-\mu_0^2} \left[\frac{\partial u_1}{\partial y} - \mu_0 \frac{u_3}{R} \right] h_0 \sum_{j=1}^n k_{2j} \Delta \Gamma_{yj} \right) + \\ + \frac{1}{R} \frac{Eh_0}{1-\mu_0^2} \left\{ \left[\frac{u_3}{R} - \mu_0 \frac{\partial u_1}{\partial y} \right] \left(1 + \sum_{j=1}^n k_{1j} \Delta \Gamma_{yj} \right) - \mu_0 \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} h_0 \sum_{j=1}^n k_{2j} \Delta \Gamma_{yj} \right\} = \\ = -h_0 \rho_0 \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2} \left(1 + \sum_{j=1}^n k_{1j} \Delta \Gamma_{yj} \right) + q_n. \end{aligned}$$

Здесь $\Delta\Gamma_{y_j} = \Gamma(y - y_j) - \Gamma(y - y_j - \varepsilon_{0j}^*)$, $\Gamma(y)$ — единичная функции Хевисайда по продольной координате y ; y_j — точка появления ребра по продольной координате; μ_0 — коэффициент Пуассона материала оболочки; E — модуль Юнга материала оболочки; ρ_0 — плотность материала оболочки.

Поверхностная нагрузка определяется напряжением со стороны жидкости.

$$q_s = - \left[p_{ry} \cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{n}}_r) + p_{yy} \cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{j}}) \right]_{r=R_1+u_3}, \quad (4)$$

$$q_n = - \left[p_{rr} \cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{n}}_r) + p_{ry} \cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{j}}) \right]_{r=R_1+u_3},$$

где: $\hat{\bar{n}}$ — единичный вектор нормали к срединной поверхности оболочки;

$\hat{\bar{s}}$ — единичный вектор в продольном направлении в срединной поверхности оболочки, противоположный единичному вектору $\hat{\bar{j}}$;

$\hat{\bar{n}}_r, \hat{\bar{j}}$ — единичные векторы введенной цилиндрической системы координат.

$$k_{1j} = \left(1 - \frac{h_0}{h_{pj}} \right) \frac{h_{pj}}{h_0}, \quad k_{2j} = \left(1 - \frac{h_0}{h_{pj}} \right) \frac{h_{pj}^2}{2h_0^2},$$

$$k_{3j} = \left(1 - \frac{h_0}{h_{pj}} \right) \left(4 - 2 \frac{h_0}{h_{pj}} + \frac{h_0^2}{h_{pj}^2} \right) \frac{h_{pj}^3}{h_0^3} \cdot p_{rr} = -p + 2\nu\rho \frac{\partial V_r}{\partial r},$$

$$p_{ry} = \nu\rho \left(\frac{\partial V_r}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial r} \right), \quad p_{yy} = -p + 2\nu\rho \frac{\partial V_y}{\partial y}, \quad \cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{n}}_r) = \frac{R_1 + u_3}{|\bar{N}|},$$

$$\cos(\hat{\bar{n}}, \hat{\bar{j}}) = - \frac{R_1 + u_3}{|\bar{N}|} \frac{\partial u_3}{\partial y}, \quad |\bar{N}| = (R_1 + u_3) \sqrt{1 + \left(\frac{\partial u_3}{\partial y} \right)^2}.$$

Граничные условия уравнений представляют собой условия свободного (шарнирного) опирания

$$u_3 = 0 \text{ при } y = \pm \frac{l}{2}, \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} = 0 \text{ при } y = \pm \frac{l}{2}, \frac{\partial u_1}{\partial y} = 0 \text{ при } y = \pm \frac{l}{2}. (5)$$

Таким образом, получим связанную задачу гидроупругости для трубы кольцевого профиля с геометрически нерегулярной внешней оболочкой свободно опираемой на концах трубы и абсолютно жестким внутренним цилиндром.

Список литературы:

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. / Башта Т.М. — М.: Машгиз, 1963. — 696 с.
2. Кондратов Д.В., Могилевич Л.И. Математическое моделирование процессов взаимодействия двух цилиндрических оболочек со слоем жидкости между ними при свободном торцевом истечении в условия вибрации/ Д.В. Кондратов, Л.И. Могилевич// Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2007 — № 3 (26). — Вып.1. — С. 22—31.
3. Могилевич Л.И. Прикладная гидроупругость в машино- и приборостроении / Могилевич Л.И., Попов В.С. — Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. — 156 с.
4. Симдянкин А.А. Контактное-силовое взаимодействие деталей цилиндропоршневой группы/ Симдянкин А.А.— Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. — 144 с.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ГИДРОУПРУГОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ ТРУБЫ ПРИ СВОБОДНОМ ОПИРАНИИ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИИ

Кондратова Юлия Николаевна

*канд. Физ.-мат. Наук, доцент Саратовский государственный
университет, г. Саратов*

E-mail: KondratovaUN@info.sgu.ru

Могилевич Лев Ильич

д-р техн. Наук, профессор Поволжского филиала МИИТ г. Саратов

Кондратов Дмитрий Вячеславович

*д-р физ.-мат. Наук, профессор Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

*Выполнено при поддержке гранта Президента МД-1025.2012.8
и грантов РФФИ 10-01-00177-а, 12-01-31161-мол_а, 12-01-33054-
мол_а_вед.*

Одной из основных задач современного машино- и агрегатостроения состоит в уменьшении общего веса конструкции при сохранении износоустойчивости при различных внешних воздействиях, вызванных различным факторами. Уменьшение веса конструкции достигается за счет применения тонкостенных конструкций, а поддержание устойчивости к внешним воздействиям использованием жидкости для демпфирования колебаний. Такие конструкции широко применяются в современном железнодорожном, автомобильном и авиационном транспорте, а также ракетно-космических системах [1—3]. Таким образом, практический интерес вызывает построение математических моделей, позволяющих исследовать динамические процессы взаимодействия тонкостенных конструкций и вязкой несжимаемой жидкости.

Рассмотрим трубопроводную систему кольцевого профиля с упругими внутренней и внешней оболочками конечной длины, взаимодействующими с вязкой несжимаемой жидкостью (Рис. 1).

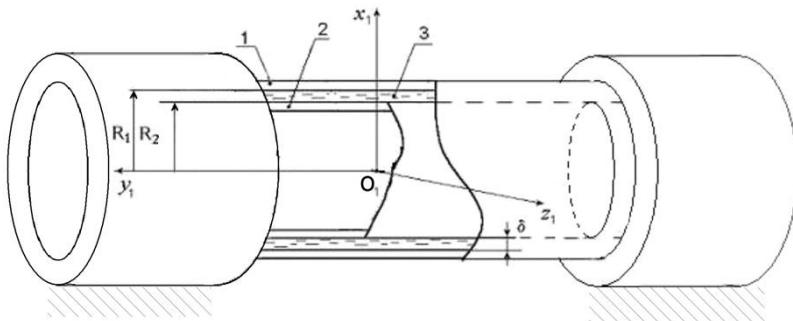


Рисунок 1. Физическая модель механической системы

Трубопроводная система состоит из двух упругих соосных цилиндрических оболочек. Обозначим внутренний R_1 и срединной поверхности $R^{(1)}$ радиусы внешней оболочки; внешний радиус R_2 и радиус срединной поверхности $R^{(2)}$ внутренней оболочки. Ширина $\delta = R_1 - R_2$ цилиндрической щели кольцевого сечения значительно меньше радиуса внутренней оболочки. Толщины внешней $h_0^{(1)} = 2(R^{(1)} - R_1)$ и внутренней $h_0^{(2)} = 2(R_2 - R^{(2)})$ оболочек значительно меньше радиусов их срединных поверхностей $R^{(1)}$ и $R^{(2)}$. Длины оболочек l — одинаковы, а упругие перемещения значительно меньше ширины δ цилиндрической щели. Жидкость свободно вытекает из цилиндрической щели. Перемещения внутренней оболочки относительно внешней как твердого тела отсутствуют.

Уравнения Навье — Стокса и уравнение неразрывности для вязкой несжимаемой жидкости с учетом переносного движения основания механической системы в выбранной системе координат r, θ, y , жестко связанной с центром внутренней оболочки, примут вид [2, 3]:

$$\bar{W} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \bar{V}, \quad \nabla \cdot \bar{V} = 0, \quad (1)$$

где: p — давление жидкости;
 ρ — плотность жидкости;

ν — кинематический коэффициент вязкости жидкости;

Δ — оператор Лапласа.

Скалярная форма уравнений динамики жидкости (1) имеет вид:

$$\begin{aligned} W_r &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial y^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} - \frac{V_r}{r^2} \right), \\ W_\theta &= -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial y^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} - \frac{V_\theta}{r^2} \right) \\ W_y &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_y}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_y}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right), \\ &\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где: $W_r = W_{1z1} \cos \theta + W_{1x1} \sin \theta + \frac{\partial V_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\theta \partial V_r}{r \partial \theta} + V_y \frac{\partial V_r}{\partial y} - \frac{V_\theta^2}{r}$,

$$\begin{aligned} W_\theta &= -W_{1z1} \sin \theta + W_{1x1} \cos \theta \\ &+ \frac{\partial V_\theta}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + \frac{V_\theta \partial V_\theta}{r \partial \theta} + V_y \frac{\partial V_\theta}{\partial y} + \frac{V_r V_\theta}{r}, \\ W_y &= \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_y}{\partial r} + \frac{V_\theta \partial V_y}{r \partial \theta} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y}. \end{aligned}$$

Граничные условия для системы уравнений (2) на непроницаемой поверхности в цилиндрической щели запишутся так

$$V_r = \frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial t}, \quad V_\theta = \frac{\partial u_2^{(i)}}{\partial t}, \quad V_y = -\frac{\partial u_1^{(i)}}{\partial t} \quad \text{при } r = r^{(i)}, \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

где: $r^{(1)} = R_2 + \delta + u_3^{(1)}$, $r^{(2)} = R_2 + u_3^{(2)}$.

Кроме того, запишем условия согласования давления:

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \text{при } y = \pm \frac{l}{2} \quad (4)$$

Скалярные уравнения динамики внешней и внутренней упругих цилиндрических оболочек, основанные на гипотезах Кирхгофа-Лява, с учётом переносного движения относительно инерциального пространства, запишутся в виде:

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial^2 u_1^{(i)}}{\partial y^2} + \frac{1 - \mu_0^{(i)}}{2} \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial^2 u_1^{(i)}}{\partial \theta^2} - \frac{1 + \mu_0^{(i)}}{2} \frac{1}{R^{(i)}} \frac{\partial^2 u_2^{(i)}}{\partial y \partial \theta} - \frac{\mu_0^{(i)}}{R^{(i)}} \frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial y} = \\
 & = \frac{1 - (\mu_0^{(i)})^2}{E^{(1,2)} h_0^{(i)}} [\rho_0^{(i)} h_0^{(i)} W_{O_s}^{(i)} - q_s^{(i)}]; \\
 & - \frac{1 + \mu_0^{(i)}}{2} \frac{1}{R^{(i)}} \frac{\partial^2 u_1^{(i)}}{\partial y \partial \theta} + \frac{1 - \mu_0^{(i)}}{2} \frac{\partial^2 u_2^{(i)}}{\partial y^2} + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial^2 u_2^{(i)}}{\partial \theta^2} + \\
 & + (a_0^{(i)})^2 \left[2(1 - \mu_0^{(i)}) \frac{\partial^2 u_2^{(i)}}{\partial y^2} + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial^2 u_2^{(i)}}{\partial \theta^2} \right] + \\
 & + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial u_2^{(i)}}{\partial \theta} - (a_0^{(i)})^2 \left[(2 - \mu_0^{(i)}) \frac{\partial^3 u_3^{(i)}}{\partial y^2 \partial \theta} + \frac{\partial^3 u_3^{(i)}}{\partial \theta^3} \right] \\
 & = \frac{1 - (\mu_0^{(i)})^2}{E^{(i)} h_0^{(i)}} [\rho_0^{(i)} h_0^{(i)} W_{O_\theta}^{(i)} - q_\theta^{(i)}], \\
 & - \frac{\mu_0^{(i)}}{R^{(i)}} \frac{\partial u_1^{(i)}}{\partial y} + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial u_2^{(i)}}{\partial \theta} - (a_0^{(i)})^2 \left[(2 - \mu_0^{(i)}) \frac{\partial^3 u_2^{(i)}}{\partial y^2 \partial \theta} + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial^3 u_2^{(i)}}{\partial \theta^3} \right] + \\
 & + \frac{u_3^{(i)}}{R^{(i)}} + (a_0^{(i)})^2 \left[(R^{(i)})^2 \frac{\partial^4 u_3^{(i)}}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 u_3^{(i)}}{\partial y^2 \partial \theta^2} + \frac{1}{(R^{(i)})^2} \frac{\partial^4 u_3^{(i)}}{\partial \theta^4} \right] = \\
 & = \frac{1 - (\mu_0^{(i)})^2}{E^{(i)} h_0^{(i)}} [-\rho_0^{(i)} h_0^{(i)} W_{O_n}^{(i)} + (-1)^i q_n^{(i)}], \quad i = 1, 2.
 \end{aligned} \tag{5}$$

где верхний индекс 1 относится к внешней оболочке, а индекс 2 — к внутренней оболочке;

$E^{(i)}$ — модуль Юнга,

$\mu_0^{(i)}$ — коэффициент Пуассона,

$\rho_0^{(i)}$ — плотность материала,

$R^{(i)}$ — радиус срединной поверхности,

$h_0^{(i)}$ — толщина оболочки,

$$q_s^{(i)} = -\left[P_{ry} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_r) + P_{\theta y} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_\theta) + P_{yy} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{j}) \right]_{r=r^{(i)}};$$

$$q_\theta^{(i)} = \left[P_{r\theta} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_r) + P_{\theta\theta} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_\theta) + P_{\theta y} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{j}) \right]_{r=r^{(i)}};$$

$$q_n^{(i)} = \left[P_{rr} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_r) + P_{r\theta} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_\theta) + P_{ry} \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{j}) \right]_{r=r^{(i)}};$$

$$i = 1, 2,$$

$$r^{(1)} = R_2 + \delta + u_3^{(1)}; \quad r^{(2)} = R_2 + u_3^{(2)}, \quad P_{rr} = -p + 2\rho\nu \frac{\partial V_r}{\partial r};$$

$$P_{r\theta} = \rho\nu \left(\frac{\partial V_\theta}{\partial r} - \frac{V_\theta}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} \right); \quad P_{\theta\theta} = -p + 2\rho\nu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{V_r}{r} \right);$$

$$P_{ry} = \rho\nu \left(\frac{\partial V_y}{\partial r} + \frac{\partial V_r}{\partial y} \right); \quad P_{yy} = -p + 2\rho\nu \frac{\partial V_y}{\partial y}; \quad P_{\theta y} = \rho\nu \left(\frac{\partial V_\theta}{\partial y} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_y}{\partial \theta} \right);$$

$$\cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_r) = \frac{r^{(i)}}{|\bar{N}|^{(i)}}; \quad \cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_\theta) = -\frac{1}{|\bar{N}|^{(i)}} \frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial \theta};$$

$$\cos^{(i)}(\bar{n}, \bar{n}_\theta) = -\frac{r^{(i)}}{|\bar{N}|^{(i)}} \frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial y}; \quad |\bar{N}|^{(i)} = \left\{ \left(r^{(i)} \right)^2 \left[1 + \frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial y} \right]^2 + \left(\frac{\partial u_3^{(i)}}{\partial \theta} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}};$$

$$\left(a_0^{(i)} \right)^2 = \frac{\left(h_0^{(i)} \right)^2}{12 \left(R^{(i)} \right)^2}.$$

В последнем уравнении (5) перед q_n для внешней оболочки ($i = 1$) взят знак минус потому, что жидкость действует на оболочку снизу, для внутренней оболочки ($i = 2$) — берется знак плюс.

Граничные условия для перемещений оболочки состоят в условиях свободного опирания:

$$\frac{\partial u_1^{(i)}}{\partial y} = 0, u_2^{(i)} = 0, u_3^{(i)} = 0, \frac{\partial^2 u_3^{(i)}}{\partial y^2} = 0 \text{ при } y = \pm \frac{l_2}{2}. \quad (6)$$

Кроме того, для обеих оболочек ставятся условия периодичности параметров по θ с периодом 2π .

Таким образом, получаем математическую модель механической системы, состоящей из двух соосных упругих цилиндрических оболочек, взаимодействующих через слой вязкой несжимаемой жидкости при наличии внешней вибрации.

Список литературы:

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика ./ Башта Т.М. — М.: Машгиз, 1963.—696 с.
2. Могилевич Л.И. Динамика гироскопов с цилиндрическим поплавковым подвесом./ Андрейченко К.П., Могилевич Л.И..— Саратов: Изд-во. Саратов. ун-та, 1987, 160 с.
3. Могилевич Л.И. Прикладная гидроупругость в машино- и приборостроении/ Могилевич Л.И., Попов В.С. — Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. — 156 с

3.2. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

ТРАНСЗВУКОВОЕ ОБТЕКАНИЕ ПРОФИЛЯ КРЫЛА BOEING 737 ПРИ МАЛЫХ УГЛАХ АТАКИ

Кузьмин Александр Григорьевич

*д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр., СПбГУ, г. Санкт-Петербург
E-mail: alexander.kuzmin@pobox.spbu.ru*

Рябинин Анатолий Николаевич

д-р физ.-мат. наук, гл. науч. сотр., СПбГУ, г. Санкт-Петербург

Данная работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 11-08-99643а.

1. Введение. Численные исследования, проведенные в последние годы на основе уравнений Эйлера и Навье-Стокса, выявили бифуркации трансзвукового обтекания аэродинамических профилей, у которых имеются протяженные участки малой кривизны [1—3, 5]. В данной работе рассматривается трансзвуковое обтекание профиля Boeing 737 midspan, нижняя часть которого имеет малую кривизну в окрестности передней кромки [6]. Моделирование течения основано на системе уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Показано, что при отрицательных углах атаки α и достаточно большой дозвуковой скорости натекающего потока U_∞ значения коэффициента подъемной силы могут резко изменяться при малых возмущениях U_∞ и α . Полученные результаты могут быть использованы при проектировании крыльев, обеспечивающих повышенную устойчивость полета аэробуса в условиях интенсивной атмосферной турбулентности.

2. Постановка задачи и численный метод. Рассматривается двумерное турбулентное течение воздуха около профиля Boeing 737 midspan, заданного массивами декартовых координат (x, y) [6]. Внешняя граница линзообразной расчетной области образована двумя дугами окружностей Γ_1 и Γ_2 с минимальным расстоянием до начала координат, равным 40, и максимальным удалением 100. На входной части Γ_1 внешней границы задавались стационарные значения числа Маха $M_\infty < 1$, статической температуры T_∞ и угла атаки α . На выходной

части Γ_2 было задано давление $p_\infty = \rho_\infty T_\infty R$, где ρ_∞ — плотность и $R=287,1$ дж/(кг·град). На профиле ставились условия прилипания и отсутствия теплового потока. Начальными условиями являлись параметры свободного однородного течения.

Решения начально-краевой задачи для системы уравнений Навье-Стокса находились с помощью вычислительной программы ANSYS CFX-13 второго порядка точности. Программа основана на методе конечных объемов с дискретизацией уравнений на неструктурированных расчетных сетках. В данной работе использовалась гибридная сетка, состоящая из четырехугольных элементов в окрестности профиля (1) и треугольных элементов в остальной области. Положение ближайших к профилю узловых точек было выбрано так, чтобы безразмерное расстояние y^+ от них до профиля было меньше единицы, что обеспечивало необходимую точность расчета параметров в пограничном слое. Общее количество ячеек расчетной сетки превышало 3×10^5 . Использовалась модель турбулентности $k-\omega$ SST, которая достаточно хорошо описывает турбулентные течения в условиях отрыва пограничного слоя от гладких поверхностей. Тестирование вычислительной программы проводилось на нескольких стандартных задачах, в частности, на задаче обтекания трансзвуковым потоком симметричного профиля толщины 18 %, состоящего из дуг окружности [4].

3. Результаты расчетов. Было проведено исследование аэродинамических характеристик рассматриваемого профиля при длине хорды $L=0,5$ м и следующих параметрах натекающего потока воздуха: $T_\infty=250$ К, $p_\infty=54000$ Па, $\rho_\infty=0,6966$ кг/м³. Полученные решения показали заметное уменьшение коэффициента подъемной силы $C_L = F/0,5\rho_\infty U_\infty^2 Ld$, где F — подъемная сила и $d=1$ м — размах крыла в направлении оси z , при увеличении скорости U_∞ (см. рис. 1).

Зависимость C_L от двух параметров, U_∞ и α , может быть проиллюстрирована поверхностью в пространстве (C_L, U_∞, α) , которая представлена на рис. 2. На этом рисунке пунктирная линия определяет значения угла атаки и скорости свободного потока, при которых $C_L=0$. При меньших углах атаки или больших значениях U_∞ коэффициент C_L становится отрицательным. Наиболее неблагоприятными условиями являются значения скорости U_∞ более 260 м/с и угла атаки α менее $-1,7$ градуса. В этих условиях C_L может резко уменьшаться до значения $-0,2$. Такое поведение коэффициента подъемной силы объясняется неустойчивостью положения ударных волн вследствие слияния/расщепления местных сверхзвуковых областей, сформировавшихся на нижней стороне профиля (см. рис. 3).

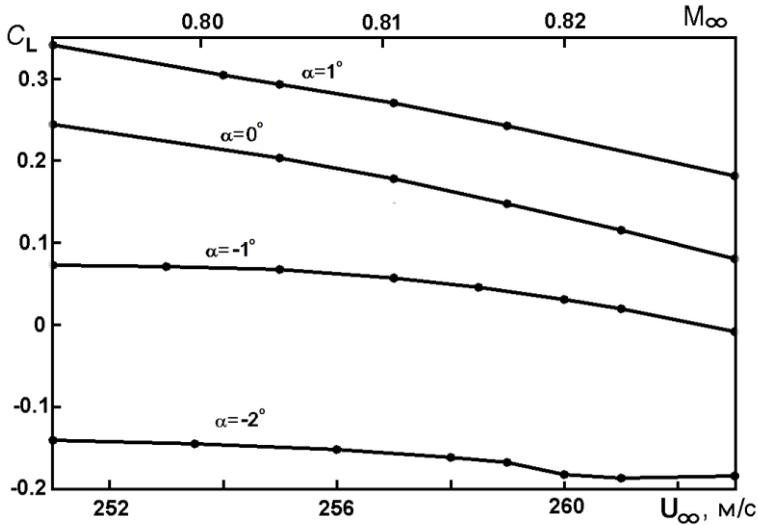


Рисунок 1. Зависимость коэффициента подъемной силы C_L от скорости U_∞ и числа Маха натекающего потока M_∞ при разных углах атаки α

Число Рейнольдса, подсчитанное по длине хорды профиля $L=0,5$ м и $U_\infty=256$ м/с, в рассмотренном примере равно $5,6 \times 10^6$.

Время установления стационарного обтекания профиля существенно зависело от граничных условий. При $U_\infty=262$ м/с и углах атаки α , близких к $-1,8^\circ$, требовалось около 4 секунд физического времени для достижения стационарного течения, в то время как при $\alpha > -1^\circ$ время установления было в несколько раз меньше.

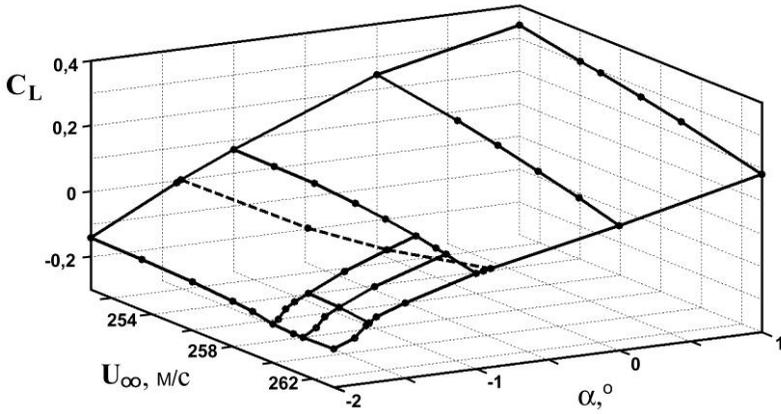


Рисунок 2. Зависимость C_L от U_∞ и α

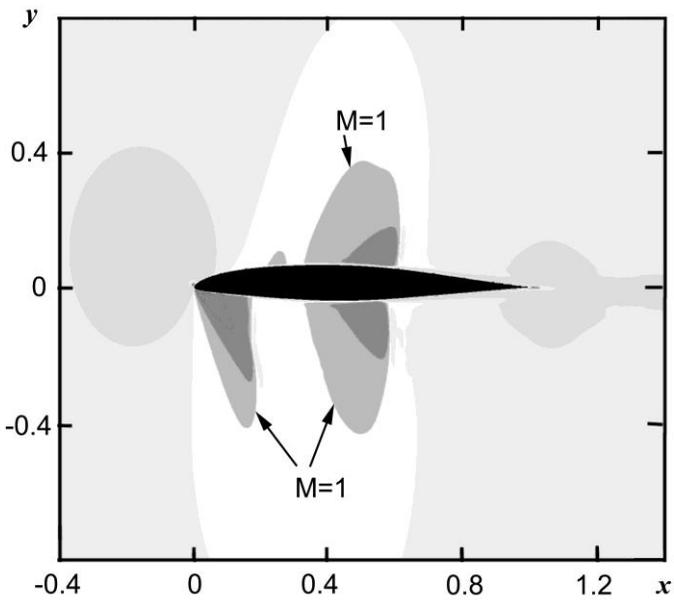


Рисунок 3. Местные сверхзвуковые зоны на профиле при $U_\infty=256$ м/с ($M_\infty=0,808$), $\alpha=-2^\circ$

Список литературы:

1. Кузьмин А.Г. Бифуркации транзвукового обтекания простых профилей с эллиптической и клиновидной носовыми частями // Прикл. механика и техническая физика. — 2010. — Т. 51, № 1. — С. 16—21.
2. Hafez M.M., Guo W.H. Some anomalies of numerical simulation of shock waves. Part II // Computers and Fluids. — 1999. — Vol. 28, — № 4—5. — pp. 721—739.
3. Jameson A. Airfoils admitting non-unique solutions of the Euler equations // AIAA Paper. — 1991. — № 91—1625. — 13 p.
4. Kuzmin A., Ryabinin A. Sensitivity of transonic flow past a symmetric airfoil to free-stream perturbations // E-print. Centre pour la Communication Scientifique Directe. — 8 p. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00648215>.
5. Kuzmin A.G., Ryabinin A.N. Airfoils admitting anomalous behavior of lift coefficient in descending transonic flight // E-print. — 11 p. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.iccfd.org/iccfd7>.
6. UIUC airfoil coordinates database // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html.

3.3. ОПТИКА

ОСОБЕННОСТИ КОГЕРЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ

Галев Камаль Ибрагим Салех

*аспирант кафедры «Биомедицинская техника», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
г. Тамбов
E-mail: Kamal-galeb@rambler.ru*

Потлов Антон Юрьевич

*ассистент кафедры «Биомедицинская техника»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов
E-mail: zerner@yandex.ru*

Абдулкарим Саиф Назар

*магистрант кафедры «Биомедицинская техника»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов
E-mail: sayfnazar1985@yahoo.com*

Проскурин Сергей Геннадьевич

*канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Биомедицинская техника»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов
E-mail: spros@tamb.ru*

Оптическая когерентная томография (ОКТ) возникла в конце восьмидесятих, в начале девяностых годов двадцатого века [2, с. 857]. В начале XXI века она заняла прочное место в ряду медицинской диагностической техники. ОКТ использует отражённый от поверхностей различной оптической плотности сигнал, и во многом аналогична ультразвуковой (УЗИ) диагностике. Глубина зондирования плотных биотканей ОКТ системами при использовании длин волн $\lambda=900\text{—}1300$ нм, составляет 1—2 мм, что существенно меньше чем у систем УЗИ и рентгеновских приборов. В связи с этим актуальны исследования направленные на увеличение глубины когерентного зондирования биологической ткани.

Цель настоящей работы — изучение особенностей определения разрешения в оптических методах томографических исследований,

внесение изменений в схему типичного ОКТ, позволяющих добиться наибольшей глубины когерентного зондирования биологической ткани.

Важной особенностью когерентного зондирования биологической ткани является наличие зависимости разрешения получаемого изображения от длины волны источника излучения и дисперсии пакета [1, с. 75]. При использовании импульсных фемтосекундных лазеров ($\lambda=800\text{—}1000$ нм, $\Delta\lambda=100\text{—}350$ нм) и тепловых источников излучения пространственное разрешение достигает 1 мкм. Такие системы позволяют визуализировать даже отдельные части клетки, но только лишь полупрозрачных, мало рассеивающих объектов. Глубина зондирования при этом составляет 0,3—0,6 мм, что в два раза больше глубины зондирования конфокального микроскопа. Необходимо отметить, что пока не существует фемтосекундных лазеров с центральной длиной волны свыше 1000 нм, а в биологической ткани наибольшая глубина проникновения излучения достигается на длине волны ~1300 нм. К тому же дисперсия пакета длиной более 3 мкм в биологической ткани только уменьшает глубину зондирования.

Другой особенностью когерентного зондирования биологической ткани является увеличение разрешения при нанесении специальных веществ на зондируемую поверхность (чаще всего глицерина) — метод оптического просветления. При оптическом просветлении, контраст изображения сначала увеличивается (через 5—7 мин), а потом резко падает. Структура сосудов перестают быть чётко видна, однако глубина когерентного зондирования увеличивается. Регистрируется сигнал от слоёв кожи с глубины ~ 1,6—1,8 мм, но с ухудшенным в 4—6 раз пространственным разрешением.

Также, следует отметить, что пространственное разрешение постепенно уменьшается с глубиной. В традиционной оптической когерентной томографии обычно увеличивают числовую апертуру линзы в плече образца, что позволяет различить структуры с разрешением $L_{ax}\approx 3\text{—}10$ мкм на глубине ~ 0,6—0,9 мм, что приблизительно в два, три раза превышает возможности конфокальной микроскопии. При относительно долгом (~ 4 секунд) времени получения изображения, микроскопическое дрожание руки пациента сказывается на качестве изображения верхних слоёв, которые оказываются размыты. Нижние слои после 0,5—0,6 мм в глубину не отражают этого дрожания. Разрешение в ткани глубже 0,5—0,6 мм во всех представленных случаях одинаково хотя изображение верхних слоёв отражает вибрации с амплитудой 10—20 мкм.

Это происходит из-за высокого пространственного разрешения, которое постепенно уменьшается с глубиной.

Более глубокие слои кожи возможно визуализировать только за счёт переходного квазидиффузионного когерентного режима регистрации фотонов. Уменьшение разрешения нижних слоёв в 3—5 раз по сравнению с верхними слоями соответствует наличию рассеяния излучения и перехода в промежуточный режим между когерентной и диффузионной томографией. Это и есть режим слабо рассеянных фотонов сохраняющих когерентность с опорным плечом интерферометра.

На рисунке 1 показана упрощённая схема традиционного оптического когерентного томографа. Излучение суперлюминесцентного диода ($\lambda=1298$ нм, $\Delta\lambda=52$ нм) поступает в разветвитель световодов 50х50 %, FC1, и далее на второй разветвитель световодов 50х50 %, FC2. Из последнего половина излучения поступает в опорное плечо интерферометра, другая половина поступает в плечо образца и фокусируется на образце при помощи системы линз. Отражённое от обоих плеч интерферометра излучение смешивается на балансных квадратичных фотоприёмниках D1 и D2. После балансной схемы, электрический сигнал поступает на полосовой фильтр, после него на спектроанализатор и на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). После АЦП цифровой сигнал записывается и обрабатывается на компьютере.

С целью повышения глубины когерентного зондирования биологической ткани, внесём изменения в сканирующую оптическую линию задержки (ОЛЗ), находящуюся в опорном плече. В частности, будем использовать ОЛЗ, основанную на применении дифракционной решётки, позволяющую добиться интенсивности, приходящей в каждое плечо интерферометра около $\sim 0,1$ мВт. Дальнейшее уменьшение интенсивности суперлюминесцентного диода сравнивает электрические шумы усилителя с шумами, которые определяются источником излучения. Это уже не даёт дополнительного увеличения соотношения сигнал/шум. Усовершенствованная линия задержки позволяет использовать обе длины волны (1,3 и 1,5 мкм) одновременно [4, с. 46]. С незначительной перестройкой угла наклона дифракционной решётки, последовательно, но с дополнительным увеличением контраста изображения на 10—15 %. Очевидно, что возможно использовать и другие длины волн в этом промежутке. Использование 2-х длин волн необходимо для получения дифференциальных изображений и определения оксигенации-деоксигенации гемоглобина в тканях и цельной крови.

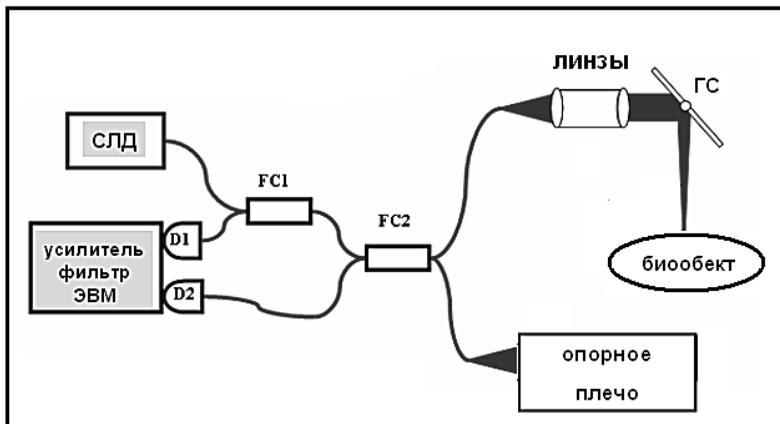


Рисунок 1. Схема оптического когерентного томографа выполненного на базе одномодовых световодов
СЛД — суперлюминесцентный диод; **FC1, FC2** — 1×2 и 2×2 разветвители световодов, в опорном плече находится сканирующая оптическая линия задержки; **ГС** — гальвано-сканер; **D1, D2** — инфракрасные приёмники излучения, включённые в балансную схему

Описанные усовершенствования важны с практической точки зрения, они позволяют уменьшить физические размеры ОЛЗ до $10 \times 3 \times 5 \text{ см}^3$ и использовать низко когерентный источник излучения, суперлюминесцентный диод, мощностью до 0,4 мВт. При использовании оптического циркулятора обратное влияние излучения на суперлюминесцентный диод можно практически исключить [3, с. 1161]. Это также позволит дополнительно уменьшить мощность источника в два раза. Растровое усреднение в пределах одного пикселя увеличивает соотношение сигнал/шум на 4—10 дБ. При таком соотношении можно зарегистрировать фотоны в переходном режиме от отражения и обратного рассеяние, к диффузионному режиму многократного рассеяния. Изменяя когерентность источника излучения, возможно добиться соответствия когерентного пакета пространственному разрешению в глубоких слоях биообъекта.

Список литературы:

1. Галёв К.И.С., Потлов А.Ю., Проскурин С.Г. Исследование увеличения глубины когерентного зондирования // Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности, образовании и экологии: Доклады всероссийской научно-технической конференции./ Тула: Изд-во Инновационные технологии. — 2011. — С. 75—78.
2. Зимняков Д.А., Тучин В.В. Оптическая томография тканей // Квантовая электроника. — 2002. — № 10. — С. 849—867.
3. Проскурин С.Г., Ванг Р.К. Визуализация подкожных кровеносных сосудов человека посредством увеличения глубины когерентного зондирования // Квантовая электроника. — 2004. — № 12. — С. 1157—1162.
4. Proskurin S.G. Comparison of high and low coherence Doppler spectra for humansubcutaneous blood flow diagnostics in vivo // Proc. SPIE. — 2005. Vol. 5702. — p. 44—53.

3.4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ

Андреев Дмитрий Александрович

*студент 4 курса, специальность нанотехнология,
кафедра физики ОмГТУ г. Омск,
E-mail: kent4dima@rambler.ru*

Даньшина Валентина Владимировна

*канд. хим. наук, доцент ОмГТУ, г. Омск
E-mail: danshina_v@mail.ru*

Требования надежности, предъявляемые к современным конструкционным материалам, побуждают искать новые и эффективные способы исследования их поверхностей, одним из таких способов может являться метод применения нанометрового пространственного разрешения. Актуальность методики становится тем острее, что нанотехнологии и все, что с ними связано, является приоритетом государственного научно-технического развития в ближайшей перспективе.

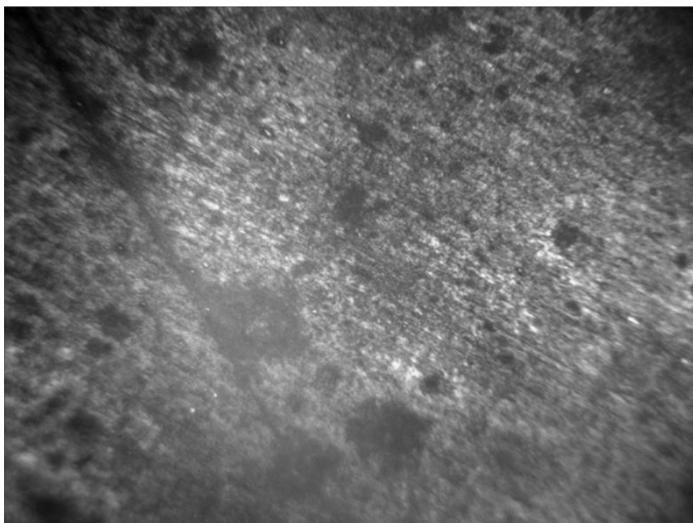
Цель работы: изучение поверхности меди с помощью применения нанотехнологического оборудования.

Медь широко используется в народном хозяйстве, особенно в областях электротехнологий и в машиностроении — для изготовления деталей. Важным требованием, предъявляемым, к медным деталям, является необходимость иметь поверхность, годную для эксплуатации. Гладкая и отполированная поверхность обеспечивает долговременную работу детали, нормальные условия работы, и перегрузки от внешних силовых воздействий. Оценивать степень годности поверхности детали к широкому использованию позволяет тестирование образцов этих поверхностей с помощью сканирующей микроскопии, как принципиально нового метода исследования, достаточно эффективного и точного.

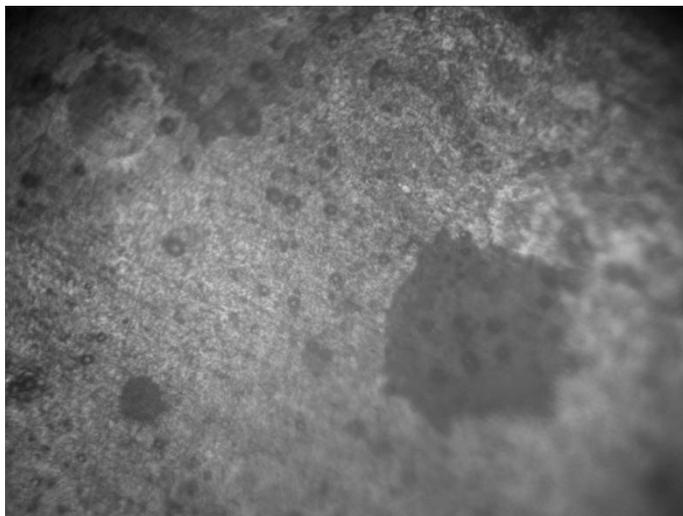
«Существует три класса экспериментальных методов. К первому относятся электрические и оптические измерения, используемые при исследовании полупроводников. Второй класс составляют химические методы. Химические методы являются удобным

инструментом для исследования процессов адсорбции-десорбции, связей с поверхностью одноатомных и многоатомных молекул. Третий класс включает в себя спектроскопические методы исследования, в ходе которых поверхность бомбардируется частицами и (или) испускает их» [1].

Новые технологии с переходом в область субмикронных и нанометровых масштабов требуют соответствующего диагностического инструментария, позволяющего обеспечивать контроль параметров и диагностику рабочих поверхностей. Изобретенные сравнительно недавно методы сканирующей микроскопии позволяют работать с субмикронными и даже атомарными разрешениями, обеспечивая высокую скорость и точность измерений. Поэтому неудивительно, что в настоящее время они широко используются для исследования, диагностики и модификации поверхностей. В ходе исследовательских экспериментов был произведен ряд изучений поверхностей меди. Исследования проводились на приборе «Биомед ММР2» и «Микрокатор 01 ИГПВ». На рисунках 1—3 представлены результаты наблюдений на «Биомед ММР2»:

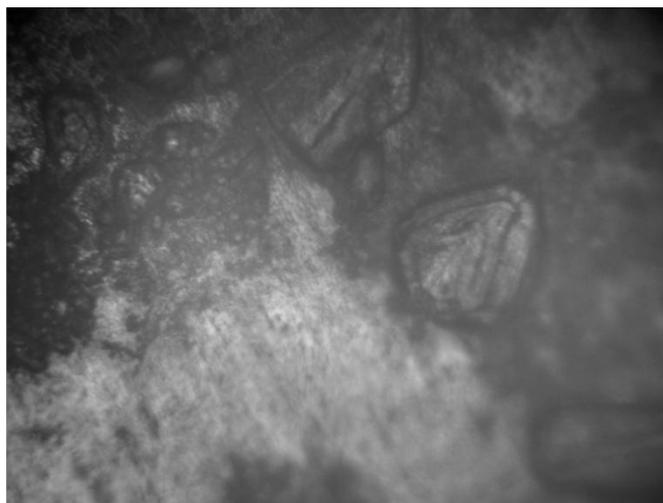


*Рисунок 1. Изображение чистой поверхности меди (16*16 мкм)*



*Рисунок 2. Поверхность меди, обработанная нашатырным спиртом (16*16 мкм)*

После обработки нашатырным спиртом поверхность становится более ровной.



*Рисунок 3. Поверхность меди, обработанная электролитом (16*16 мкм)*

После обработки электролитом (серная кислота) на поверхности меди появляются более выраженные углубления.

«Таким образом, исследование на уровне нанотехнологических масштабов и проведение необходимых коррекционных работ на этом уровне позволяет обеспечить значительное улучшение медных поверхностей, что решит многие технологические проблемы в том же самом машиностроении и деталиконструировании» [1].

При изучении поверхности меди использовал и другой прибор, такой как Микрокатор 01ИГПВ.



Рисунок 4. Микрокатор 01ИГПВ

Микрокатор является измерительным прибором с пружинной повышающей передачей.

Чувствительным элементом таких приборов служит плоская пружинная лента, закрепленная по концам и скрученная за середину. Если такую ленту растягивать, то ее средняя часть будет раскручиваться. Прикрепив к середине ленты стрелку и расположив рядом шкалу, получают прибор, позволяющий измерять весьма малые линейные перемещения (рис. 5).

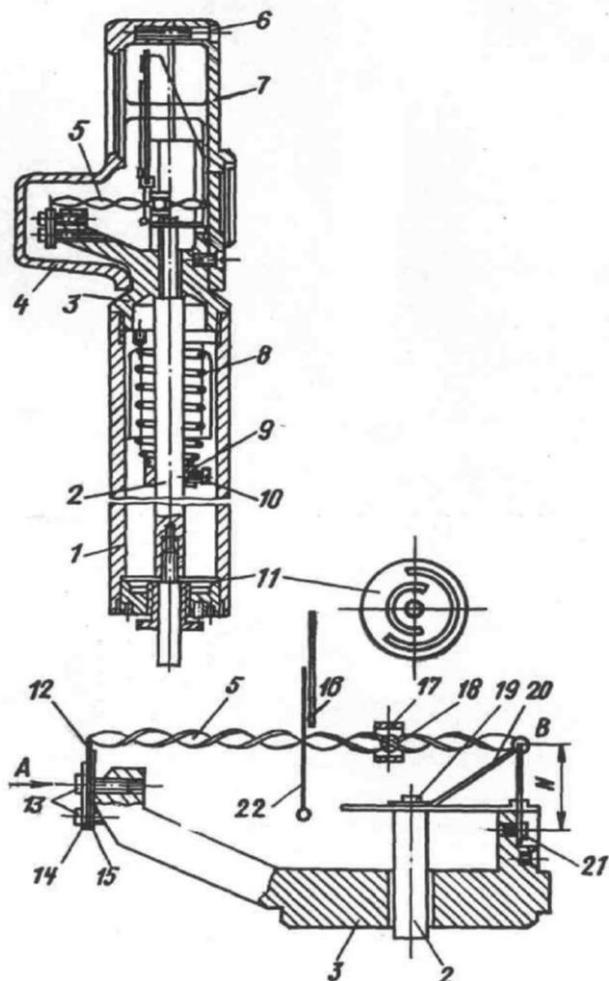


Рисунок 5. Принципиальная схема микроамперметра

«Измерительный стержень 2 подвешен на двух плоских пружинах, одна из которых выполнена в виде круглой мембраны 11 с кольцевыми вырезами для уменьшения жесткости, а другая является составной частью пружинного угольника 20, соединенного со скрученной лентой 5 из бериллиевой бронзы сечением 0,12x0,008 мм. Передний конец ленты припаян к плоской пружине 12.

При перемещении измерительного стержня угольник 20 поворачивается, что приводит к растяжению ленты и повороту прикрепленной к ней в середине стрелки 22 относительно шкалы 16» [2].

Стрелка выполнена из тонкой стеклянной или алюминиевой трубки диаметром 0,06. 0,08 мм.

Измерительное усилие создается пружиной 8, опирающейся нижним концом на кольцо 9, закрепляемое в нужном положении на измерительном стержне винтом 10.

Плавное перемещение стрелки и исключение ее вибрации обеспечивается демпфером — короткой трубкой 17, охватывающей ленту 5 и заполненной маслом.

«Время успокоения стрелки микрокатера не должно превышать 0,5 сек. Шкала микрокатера имеет ± 30 делений с интервалом $s=1$ мм. Наиболее часто применяются микрокаторы с ценой деления $l=0,5; 1; 2; 5$ мкм и диапазоном показаний соответственно $\pm 15; \pm 30; \pm 60; \pm 150$ мкм» [2].

Высокая чувствительность пружинного механизма микрокатера требует особо бережного отношения с ним. Поднимать и опускать измерительный стержень следует плавно, без ударов. Снимать и устанавливать измерительный наконечник следует, перемещая его вдоль оси стержня, не допуская поворота, который может повредить пружинную подвеску.

Микрокаторы обладают значительными преимуществами перед остальными приборами с механической передачей: большим передаточным отношением, высокой долговечностью (пружинный механизм выдерживает 900 000 циклов условных измерений), меньшими погрешностями показаний.

При измерении микрокаторами используют метод сравнения с мерой: по шкале определяют отклонение контролируемого размера от установочной меры, по которой прибор был установлен на нуль.

Исследуемый образец меди представлен на рис. 6 а, б, где а) — 1-ая сторона образца, б) — 2-я сторона образца.

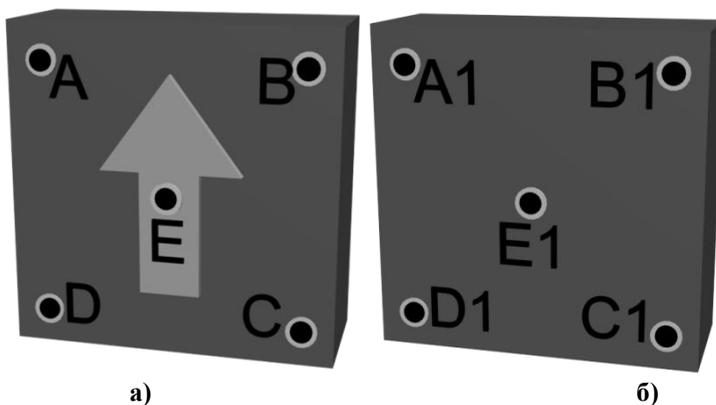


Рисунок 6. Схема измерения точек, толщины образца меди

В таблице 1 представлены результаты измерения толщины исследуемого образца меди.

Таблица 1.

Отклонение формы продольного сечения

Измеряемый размер	Применяемые инструменты	$\Delta 1$, мм	$\Delta 2$, мм	$\Delta 3$, мм	$\Delta_{ср}$, мм
A	Микрокатор	1,902	1,908	1,903	1,904
B	Микрокатор	1,91	1,91	1,908	1,909
C	Микрокатор	1,913	1,918	1,917	1,916
D	Микрокатор	1,916	1,918	1,919	1,918
E	Микрокатор	1,916	1,916	1,916	1,916
A1	Микрокатор	1,908	1,907	1,906	1,907
B1	Микрокатор	1,904	1,905	1,908	1,906
C1	Микрокатор	1,916	1,919	1,918	1,918
D1	Микрокатор	1,915	1,916	1,917	1,916
E1	Микрокатор	1,916	1,916	1,916	1,916

Из полученных данных, можно сделать вывод о том, что поверхность исследуемой меди имеет не ровную поверхность, точнее имеет отклонение от плоскости. Таким образом, для выравнивания поверхности можно использовать шлифовальные устройства, но при такой обработке поверхности часть материала придётся потерять. Хочется применить метод нанесения плёнки на поверхность меди, которая будет улучшать триботехнические характеристики меди. Если этого достичь, тогда можно будет забыть о существующих проблемах, окисления или обгорания меди на контактах в машиностроение и приборостроении.

Список литературы:

1. Андреев Д.А. Исследование поверхности меди с нанометровым пространственным разрешением. // XIII Международная научно-инновационная конференция аспирантов, студентов и молодых исследователей с элементами научной школы «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ — В ПРАКТИЧЕСКИЕ ДЕЛА».—2012. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://roszitlp.3dn.ru/konferencii-/2012/sbornik-2012-2chast.pdf>.
2. Пахоменко А.Н., Романова О.Г. Измерение гладких деталей относительным методом: метод. указания. — Тольятти, ТГУ, 2005 — 400 с.

3.5. ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА РАСПЫЛА НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ДВУХ ВИДОВ ТОПЛИВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Аскарова Алия Сандыбаевна

*д-р физ.-мат. наук, профессор, Казахский национальный университет
имени аль-Фараби, г. Алматы*

Болегенова Салтанат Алихановна

*д-р физ.-мат. наук, профессор, Казахский национальный университет
имени аль-Фараби, г. Алматы*

Березовская Ирина Эдуардовна

*PhD, старший преподаватель, Казахский национальный университет
имени аль-Фараби, г. Алматы*

Максимов Валерий Юрьевич

*PhD докторант, преподаватель, Казахский национальный
университет имени аль-Фараби, г. Алматы*

Оспанова Шынар Сабитовна

*PhD докторант, преподаватель, Казахский национальный
университет имени аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: shinar_ospanova87@mail.ru*

Данная статья посвящена актуальной проблеме теплофизики — определению оптимальных параметров сжигания жидкого топлива в камере сгорания. В настоящее время, основным источником вырабатываемой энергии остается энергия различных типов топлив, несмотря на то, что применение ядерной энергии в промышленно развитых странах расширяется, а методы использования энергии солнца, ветра и приливов интенсивно разрабатываются. Ограниченность ресурсов топлива приводит к необходимости организации более экономичных способов его сжигания [5, с. 344].

Горение жидких топлив отличается рядом специфических особенностей, обусловленных протеканием химических реакций в условиях динамического и теплового взаимодействия реагентов, интенсивного массопереноса при фазовых превращениях, а также зависимостью параметров процесса, как от термодинамического состояния системы, так и от ее структурных характеристик.

Так как исследование горения невозможно без его детального изучения, то на первый план выходит проблема фундаментального исследования закономерностей процессов тепломассопереноса при сжигании различных топлив.

Численное исследование горения жидких топлив является сложной задачей теплофизики, так как требует учета большого количества взаимосвязанных процессов и явлений. Поэтому вычислительный эксперимент становится все более важным элементом исследования процессов горения и проектирования различных устройств, использующих процесс горения. Можно с уверенностью говорить, что его роль будет возрастать и в дальнейшем. Поэтому все большее распространение в теплофизике получают методы вычислительной гидродинамики, поскольку появляется возможность оптимизировать эксперимент на основе его виртуального прототипа.

К настоящему времени становится все более ясным, что все проблемы, возникающие в аэро- и гидродинамике при численном решении уравнений Навье-Стокса, вряд ли будут решены. Поэтому в связи со всевозрастающим применением численных исследований при решении научно-технических задач важно обеспечить как можно большую научную и практическую «жатву». Это возможно лишь при условии глубокого проникновения методов математического моделирования в ту или иную предметную область.

Решение задачи о распылении и горении жидкого топлива осуществляется методами численного моделирования с использованием дифференциальных уравнений, описывающих турбулентное течение при наличии химических реакций, и представлены основными уравнениями: неразрывности, движения, внутренней энергии, k - ε модель турбулентности, а так же начальными и граничными условиями.

Уравнение неразрывности для компоненты реакции m имеет вид:

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \bar{\nabla}(\rho_m \bar{u}) = \bar{\nabla} \left[\rho D \bar{\nabla} \left(\frac{\rho_m}{\rho} \right) \right] + \rho^c + \rho^s \delta_{m1}, \quad (1)$$

где: D — коэффициент диффузии,

ρ_m — массовая плотность жидкой фазы,
 ρ — полная массовая плотность,
 $\dot{\rho}_m^c$ — химический источниковый член;
 $\dot{\rho}^s$ — источниковый член вследствие впрыска;
 u — скорость жидкости.

Уравнение неразрывности для жидкости, имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{\nabla}(\rho \bar{u}) = \dot{\rho}^s \quad (2)$$

Уравнение движения для смеси жидкостей:

$$\frac{\partial(\rho \bar{u})}{\partial t} + \bar{\nabla}(\rho \bar{u} \bar{u}) = -\frac{1}{a^2} \bar{\nabla} p - A_0 \bar{\nabla} \left(\frac{2}{3} \rho k \right) + \bar{\nabla} \bar{\sigma} + \bar{F}^s + \rho \bar{g}, \quad (3)$$

где: p — давление жидкости,

α — безразмерная величина, A_0 равно 0 при ламинарном течении и 1 — при турбулентности. Тензор вязких напряжений имеет вид:

$$\sigma = \mu \left[\bar{\nabla} \bar{u} + (\bar{\nabla} \bar{u})^T \right] + \lambda \bar{\nabla} \bar{u} \bar{I}. \quad (4)$$

где: μ — динамическая вязкость жидкости,

λ — коэффициент вязкости,

g — ускорение свободного падения и

I — удельная внутренняя энергия.

Уравнение внутренней энергии представлено ниже:

$$\frac{\partial(\rho \bar{I})}{\partial t} + \bar{\nabla}(\rho \bar{u} \bar{I}) = -\rho \bar{\nabla} \bar{u} + (1 - A_0) \bar{\sigma} \bar{\nabla} \bar{u} - \bar{\nabla} \bar{J} + A_0 \rho \varepsilon + \dot{Q}^c + \dot{Q}^s, \quad (5)$$

где: \dot{Q}^c — источниковый член, обусловленный тепловыделением в результате химической реакции и \dot{Q}^s — тепло, которое приносит впрыскиваемое топливо. Вектор теплового потока J складывается из электропроводности и переноса энтальпии.

При использовании модели турбулентности ($A_0=1$) решаются уравнения для кинетической энергии турбулентности k и скорости ее диссипации ε :

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{u} k) = -\frac{2}{3} \rho k \bar{\nabla} \cdot \bar{u} + \sigma \cdot \nabla \bar{u} + \bar{\nabla} \cdot \left[\left(\left(\frac{\mu}{Pr_k} \right) \bar{\nabla} k \right) \right] - \rho \varepsilon + \dot{W}^s, \quad (6)$$

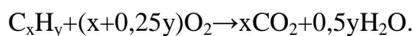
$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{u} \varepsilon) = & -\left(\frac{2}{3} c_{\varepsilon 1} - c_{\varepsilon 2} \right) \rho \varepsilon \bar{\nabla} \cdot \bar{u} + \bar{\nabla} \cdot \left[\left(\left(\frac{\mu}{Pr_\varepsilon} \right) \bar{\nabla} \varepsilon \right) \right] + \\ & + \frac{\varepsilon}{k} \left[c_{\varepsilon 1} \sigma \bar{\nabla} \bar{u} - c_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon + c_s \dot{W}^s \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Величина \dot{W}^s возникает вследствие взаимодействия с распылителем. Константы $c_{\varepsilon 1}, c_{\varepsilon 2}, c_s, Pr_k, Pr_\varepsilon$ определяются из эксперимента [3, с. 7—9].

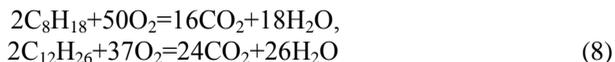
На основном участке развития струи процессы испарения и смесеобразования распыленного топлива протекают более интенсивно. При мало изменяющемся угле раскрытия струи возрастает ее боковая поверхность по мере удаления от распылителя форсунки. При впрыскивании в цилиндр двигателя топливной струи с небольшим углом рассеивания ее боковая поверхность уменьшается, что приведет к уменьшению количества испарившегося топлива за период задержки воспламенения. Изменение величины угла рассеивания топливной струи позволяет интенсифицировать “закрутку” воздушного заряда что, в итоге, положительно отразится на топливной экономичности двигателя [2, с. 758—761].

При высоких давлениях рабочей смеси, топлива с окислителем, используется дизельное топливо. Топливо воспламеняется за счет температуры рабочей смеси при высоком давлении. Вследствие этого, характерной особенностью дизельных двигателей является отсутствие системы воспламенения топлива. Основной характеристикой дизельного топлива является цитановое число. Оно характеризует процентное содержание цитана в смеси эталонного топлива. В качестве компонента дизельного топлива используется додекан $C_{12}H_{26}$.

Основным химическим свойством предельных углеводородов, определяющих их использование в качестве топлива, является реакция горения. В общем случае уравнение реакции горения для любого углеводорода C_xH_y , можно записать в следующем виде:



В настоящей работе использовали два вида жидкого топлива: октан (C_8H_{18}) и додекан ($C_{12}H_{26}$). Химические реакции для этих двух видов топлив представлены ниже:



В данной работе с использованием стохастической математической модели (описанной в работе [4, с. 254—261]), проводилось исследование угла распыла α от 2^0 до 14^0 при оптимальных значениях давления (P) и массы (m), которые определены в работе [1, с. 219], для октана P=100 бар и m=6 мг и для додекана P=80 бар и m=7 мг. Жидкое топливо при температуре 298 К распыляется через сопло, расположенное в центре основания цилиндрической камеры высотой 15 см и радиусом 2 см. Топливо, впрыскиваемое в камеру сгорания, которая заполнена воздухом при температуре 800 К, проходит процесс быстрого испарения и сгорает в газовой фазе. Процесс горения жидкого топлива в среднем занимает 4 мс. Время распыления жидкого топлива равно $1.4 \cdot 10^{-3}$ с. Количество контрольных ячеек — 600. Температура стенок камеры сгорания равна 353 К. Площадь сопла инжектора составляет $2 \cdot 10^{-4}$ см².

На рисунках 1—3 представлены результаты вычислительного эксперимента по влиянию угла распыла жидкого топлива на распределение температуры в камере сгорания, образования концентрации углекислого газа и топлива.

Анализ рис. 1 показывает, что при увеличении угла распыла от 2^0 до 10^0 температура в камере сгорания монотонно повышается для обоих топлив. Максимальная температура в камере сгорания 1964 К для октана и 1991 К для додекана достигается при α равном 10^0 . При дальнейшем увеличении α , для октана изменение температуры не наблюдается, а для додекана имеет место незначительное понижение температуры.

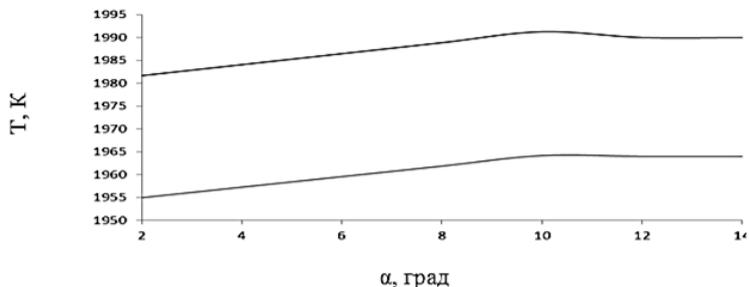


Рисунок 1. Распределение температуры в камере сгорания в зависимости от значения угла распыла α (синяя линия — октан (C_8H_{18}) при $P=100$ бар, красная линия — додекан ($C_{12}H_{26}$) при $P=80$ бар)

На рис. 2 изображена зависимость концентрации CO_2 от значения угла распыла. Из рисунка 2 видно, что с увеличением угла распыления октана от 20^0 до 100^0 выделяется небольшое количество углекислого газа, которое соответствует значениям концентрации от 0,1007 г/г до 0,1008 г/г, а для додекана от 0,1019 г/г до 0,1022 г/г. Дальнейшее увеличению α практически не меняет величины CO_2 в камере сгорания для обоих топлив.

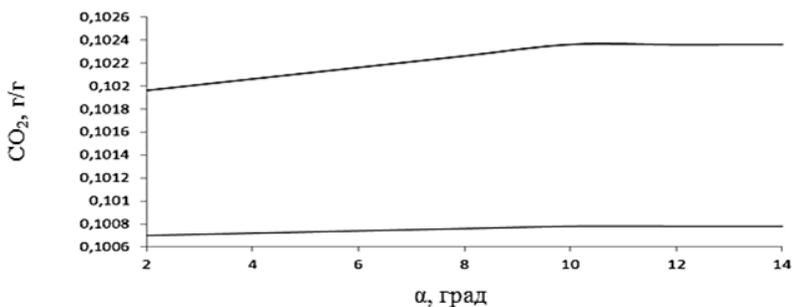


Рисунок 2. Распределение концентрации CO_2 в камере сгорания в зависимости от значения угла распыла α (синяя линия — октан (C_8H_{18}) при $P=100$ бар, красная линия — додекан ($C_{12}H_{26}$) при $P=80$ бар)

Для обоих топлив небольшое количество углекислого газа (рис. 2) выделяется при максимальной температуре в камере сгорания

(рис. 1), что можно использовать для более выгодной организации процесса горения жидкого топлива.

Как показывают кривые на рис. 3 с увеличением угла распыления от 20° до 100° концентрация обоих видов топлив уменьшается. При значении более 100° — концентрация топлива практически не меняется, что согласуется с предыдущим результатом, изображенном на рис. 2. Для октана наблюдается практически линейная зависимость концентрации топлива в камере сгорания и концентрации образующегося в результате горения топлива углекислого газа от угла распыления.

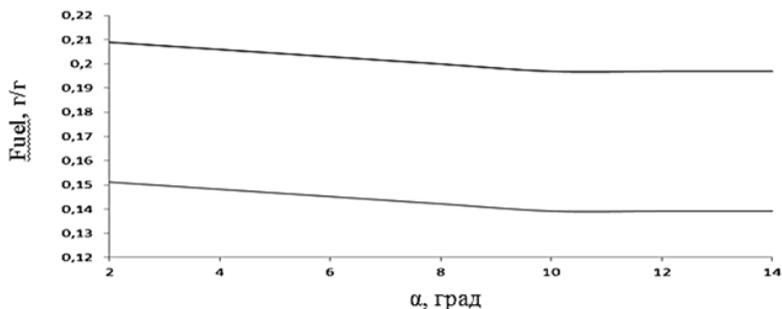


Рисунок 3. Распределение концентрации топлива в зависимости от значения угла распыла α (синяя линия — октан (C₈H₁₈) при P=100 бар, красная линия — додекан (C₁₂H₂₆) при P=80 бар)

В условиях данной задачи, при оптимальных значениях давления в камере сгорания и массы топлива, для лучшей организации процесса горения октана и додекана применительно к углу распыления установлено, что наиболее эффективно процесс горения двух топлив протекает при значении угла распыла 100° , когда температура в камере сгорания прогревается до максимальных значений 1964 К для октана и 1991 К для додекана, топливо сгорает без остатка, а концентрация углекислого газа незначительна и не превышает значения предельно допустимой концентрации вредных веществ.

Список литературы:

1. Аскарова А.С., Болегенова С.А., Березовская И.Э., Рыспаева М.Ж., Максимов В.Ю. Численное моделирование влияния массы впрыска октана и додекана при высоких давлениях на процесс горения в камере сгорания при высоких давлениях // Матер. VII Между. науч.-практ. конф. «Образование, наука, инновации — вклад молодых исследователей». — Кемерово, 2012. — с. 758—761.
2. Витман Л.А., Кацнельсон Б.Д., Палеев И.И. под ред. Кутателадзе С.С. Распыливание жидкости форсунками. М.: Государственное энергетическое издательство, 1962. 265 с.
3. Amsden A.A., O'Rourke P.J., Butler T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. — Los Alamos, 1989. — 160 p.
4. Gorokhovski M., Chtab-Desporter A., Voloshina I., Askarova A. Stochastic simulation of the spray formation assisted by a high pressure // Proceed. of 6th Internat. Symposium on Multiphase Flow, Heat mass transfer and energy conversion. — Xi'an, 2009. — P. 254—261.
5. Vinkovic I, Simoens S., Gorokhovski M. Large eddy simulation of droplet dispersion for inhomogeneous turbulent wall flow // Int. J. of Multiphase Flow. — Vol. 32, № 3, 2005. P. 344—364.

3.6. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, В ТОМ ЧИСЛЕ ФИЗИКА ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

СПИН-ЗАПРЕЩЕННЫЕ НЕАДИАБАТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ С УЧАСТИЕМ АКТИВНОГО ЦЕНТРА ФЕРРЕДОКСИНА

Лыхин Александр Олегович

*инженер кафедры информационно-управляющих систем СибГАУ,
студент СФУ, г. Красноярск
E-mail: alexandr_lykhin@mail.ru*

Кузубов Александр Александрович

*канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., СибГАУ, доцент СФУ
г. Красноярск
E-mail: alex_xx@rambler.ru*

Елисеева Наталья Сергеевна

*инженер кафедры информационно-управляющих систем СибГАУ,
аспирант СФУ, г. Красноярск
E-mail: nataxa1.09@mail.ru*

*Исследование выполнено при поддержке Министерства
образования и науки Российской Федерации, соглашение
14.В37.21.0916*

Одной из наиболее актуальных задач в области динамики химических реакций является изучение неадиабатических процессов [2, 5]. Реализация неадиабатических эффектов в системах с переходными металлами напрямую связана со спин-орбитальным взаимодействиям между электронными состояниями с разным спином. В этой связи, актуальной задачей является рассмотрение железосодержащих белков, и в частности ферредоксина. В роли активного центра этого белка выступает кластер $[2\text{Fe}-2\text{S}]$, который связан с 4 цистеиновыми остатками, формирующими близкое к тетраэдрическому окружение для каждого атома Fe. Рассмотренная модель активного центра характеризуется, заменой цистеиновых остатков на тиометильные группы.

Применение теории функционала плотности в моделировании структуры активного центра ферредоксина, показало возможность существования окисленной формы кластера $[2\text{Fe}-2\text{S}-4(\text{SCH}_3)]^{2-}$ в виде одной из 17 равновесных конформаций, отличающихся величиной двугранного угла образуемого атомами Fe–Fe–S–C [3]. На основании квантово-химических расчетов приведенной модели были рассмотрены пять наиболее энергетически выгодных структур окисленной формы кластера $[2\text{Fe}-2\text{S}-4(\text{SCH}_3)]^{2-}$ отличающихся величинами двугранных углов Fe–Fe–S(Cys)–C, где S(Cys) — терминальные атомы серы. Моделирование отобранных конформеров проводилось в рамках теории функционала плотности в квантово-химическом пакете GAMESS [4]. Расчеты проводились с использованием обменно-корреляционного функционала PBE [6] в базисном наборе def2-TZVP [7] характеризующимся высокой точностью приближения. Оптимизация конформеров проводилась без наложения ограничений по симметрии до достижения стандартного критерия сходимости. Были рассмотрены конформеры в антиферромагнитном состоянии (S=0) и в триплетном спиновом состоянии. Для наиболее энергетически выгодных конформеров также рассчитывались состояния с более высокой мультиплетностью.

Атомы железа и связанные с ними мостиковые атомы серы S3 и S4 расположены практически в одной плоскости. Выход атома серы из плоскости трёх атомов не превышает 4° (рисунок 1). Отличия между конформерами связаны с различным положением тиометильных групп.

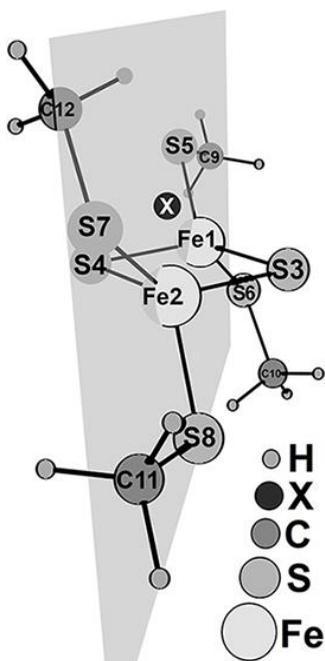


Рисунок 1. Структура конформера A1 кластера $[2\text{Fe}-2\text{S}-4(\text{SCH}_3)]^{2-}$

Согласно значениям таблицы 1 наиболее энергетически выгодную конфигурацию в синглетном спиновом состоянии имеют два конформера — D1 и E1. В случае триплетного состояния конформер C3. Распределение спиновой плотности на атомах железа синглетного состояния кластера свидетельствует об антиферромагнитном упорядочении спинов, при котором неспаренные электроны с одинаковым спином локализованы на разных атомах Fe. Рассчитанные спиновые плотности для Fe1 и Fe2 равны по абсолютным значениям и противоположны по знаку. В соответствии со значениями квадратов длины вектора спинового момента можно определить величину суммарного спинового числа, которая округленно для значений S^2 4 и 2 составляет $3/2$ и 1. Так как заряды атомов железа равны, то в случае $S^2 \approx 2$, каждый из электронов локализуется на одном из атомов железа. При этом проекции спина у электронов направлены в противоположные стороны, что дает суммарную проекцию спина равную 0. В случае $S^2 \approx 4$, электронное облако третьего электрона делокализовано между атомами железа и мостиковыми атомами серы. Моделирование структур фиксиро-

ванной геометрии С3 и Е1 в состояниях с различной мультиплетностью свидетельствует о том, что для данных конформеров основным является триплетное и синглетное спиновые состояния соответственно.

Таблица 1.

Относительные энергии оптимизированных структур

Структура	E, ккал/моль	Атомная спиновая плотность		Спин S_z	S^2
		Fe1	Fe2		
A1	11,4	-0,367	0,365	0	2,266
A3	5,5	-0,343	0,498	1	4,051
B1	11,0	-0,369	0,360	0	2,207
B3	5,5	-0,347	0,499	1	4,076
C1	1865,9	-0,721	0,348	0	2,165
C3	3,8	-0,349	0,504	1	4,042
D1	0	-0,504	0,503	0	4,000
D3	9,0	-0,320	0,490	1	4,065
E1	0,1	-0,504	0,503	0	4,001
E3	9,4	-0,324	0,492	1	4,029
X1	0,9	-0,505	0,504	0	4,007

При оптимизации синглетного состояния структуры С3 был получен конформер X1 близкий по энергии к D1 и E1 и вместе с тем имеющий геометрию наиболее близкую к исходной структуре С3 (рисунок 2). Триплет-синглетный переход С3 ($S=1$) в X1 ($S=0$), осуществляется смещением внешних атомов серы, связанных с одним центром. С другой стороны переходы между конформерами D1 или E1 и С3 связаны с перемещением тиометильных групп.

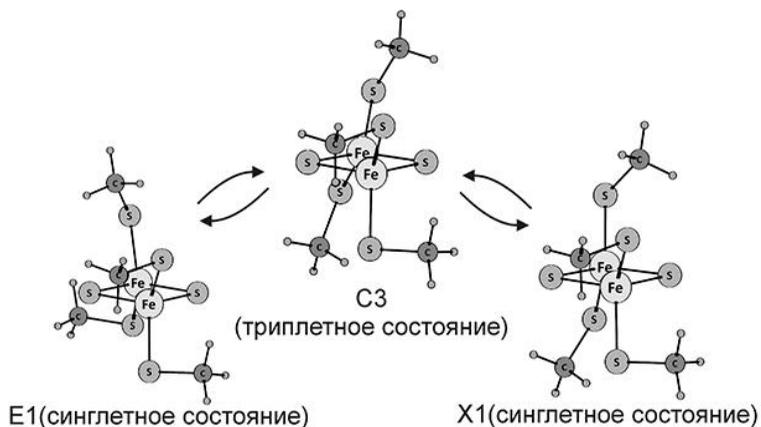


Рисунок 2. Структура наиболее выгодных конформеров кластера

Путь перехода между конформерами был разделен на 10 промежуточных геометрий. Плавное изменение положений атомов, при переходе от одной структуры к другой, достигалось путём интерполяции геометрических параметров системы во внутренних координатах [1]. На рисунках 3 и 4 представлены два различных триплет-синглетных перехода.

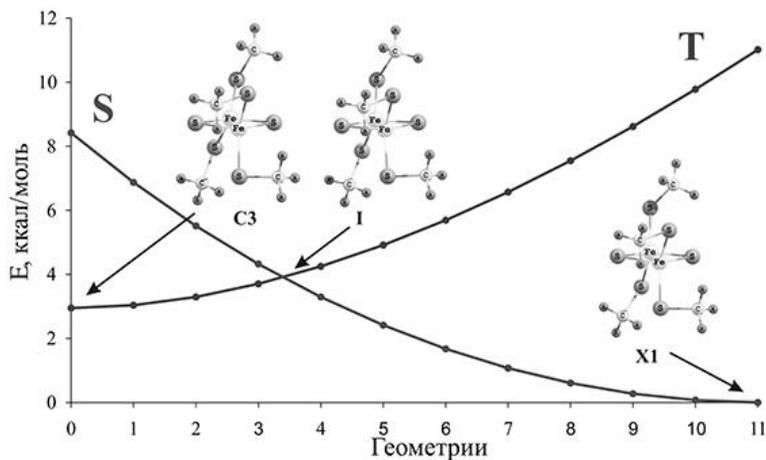


Рисунок 3. Триплет-синглетный переход I

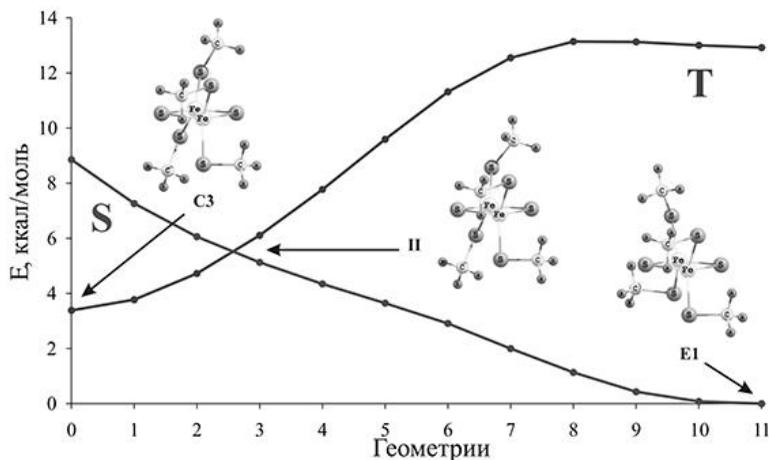


Рисунок 4. Триplet-синглетный переход II

Геометрия, соответствующая пересечению кривых, использовалась в качестве исходной при поиске минимума энергии на пересечении синглетной и триплетной поверхностях потенциальной энергии. Поиск минимума проводился при помощи процедуры МЕХ пакета GAMESS по стандартным критериям. Полученные переходные состояния близки по геометрическим параметрам и отличаются лишь расположением одной метильной группы.

В случае перехода II полученная геометрия, отвечающая минимуму энергии на пересечении синглетной и триплетной поверхностях потенциальной энергии, оказалась ниже точки пресечения кривой на рис. 6 на 2,8 ккал/моль. В результате разница между энергией конформера С3 в триплетном спиновом состоянии и переходным состоянием I и II переходов равны 0,95 и 0,91 ккал/моль соответственно.

Таким образом, незначительные энергетические различия в полученных структурах обуславливают высокую вероятность переходов между устойчивой конформацией С3 в триплетном спиновом состоянии и конформерами E1 и X1 с одновременным понижением мультиплетности системы до синглетного состояния. Подобные переходы представляются очень важными в процессах спин-орбитального взаимодействия. Воздействуя на геометрические параметры модельного кластера активного центра ферредоксина $[2\text{Fe}-2\text{S}-4(\text{SCH}_3)]^{2-}$, в частности положения лигандов, можно достичь изменения мультиплетности системы. С одной стороны, данные

переходы обуславливают возможность существования кластера в различных спиновых состояниях, с другой открывают широкие возможности по применению в рамках спин-запрещенного неадиабатического катализа.

Список литературы:

1. Bode, B.M. MacMolPlt: a graphical user interface for GAMESS / B.M. Bode, M.S. Gordon // *J. Mol. Graph. Mod.* — 1998. Vol. 16. — P. 133—138.
2. Cui, G. Adiabatic and nonadiabatic bond cleavages in Norrish type I reaction / G. Cui, Z. Sun, W. Fang // *J. Phys. Chem. A.* — 2011. Vol. 115. № 36. — P. 10146—10153.
3. De Oliveira, F.T. DFT study of the intrinsic conformations of [2Fe–2S–4(SCH₃)]²⁻ clusters and their influence on exchange coupling / F.T. De Oliveira, E. Münck, E.L. Bominaar // *Inorganica Chimica Acta.* — 2008. Vol. 361. — P. 1192—1196.
4. General atomic and molecular electronic structure system / Schmidt, M.W. et al. // *Journal of Computational Chemistry.* — 1993. Vol. 14. — P. 1347—1363.
5. Mahapatra, S. Excited electronic states and nonadiabatic effects / S. Mahapatra // *Accounts of Chemical Research.* — 2009. Vol. 45. № 8. — P. 1004—1015.
6. Perdew, J.P. Generalized gradient approximation made simple / J.P. Perdew, J. Burke, M. Ernzerhof // *Physical Review Letters.* — 1996. Vol. 77. — P. 3865—3868.
7. Weigend, F. Balanced basis sets of split valence, triple zeta valence and quadruple zeta valence quality for H to Rn: design and assessment of accuracy / F. Weigend, R. Ahlrichs // *Phys. Chem. Chem. Phys.* — 2005. Vol. 7. — P. 3297—3305.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

«ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»

Материалы международной заочной научно-практической
конференции

26 ноября 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 03.12.12. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 9,625. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3