



УДК 004.8

Г. Жомартқызы, Т.Г. Балова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ШКОЛ ВУЗА

Основной задачей экономики, ориентированной на инновационный путь развития, является развитие научно-образовательной сферы, в которой собственно и формируется научно-технический и инновационный потенциал страны. Важным понятием в системе научного потенциала страны является научное сообщество – высококвалифицированные кадры, обеспечивающие как развитие практически всех направлений научной деятельности, так и подготовку кадров для отраслей экономики [1].

Особое место в процессе реализации научной деятельности принадлежит вузам, в первую очередь, университетам, осуществляющим научно-педагогическую деятельность, реализующим процесс воспроизводства и развития интеллектуального капитала страны [2]. Именно в университетах создается институциональная среда, позволяющая формировать научные школы, обеспечивать, наряду с получением новых знаний, «воспроизводство» научной культуры в последующих поколениях ученых, реализовывать интеллектуальный потенциал как лидера школы – «учителя», так и молодых ученых – «учеников».

Приоритетная задача интеграции науки и образования – это развитие научных школ, которое должно быть главным результатом взаимодействия фундаментальной науки и образования. Приобщение к исследованиям, проводимым учеными научных школ, является лучшей школой для молодежи.

Научные школы обеспечивают постоянный рост квалификации участников школы, наличие нескольких поколений в связках «учитель-ученик», то есть преемственность поколений [3]. Развитие научных школ и научно-педагогических коллективов является основой для развития фундаментальных научных исследований и повышения качества подготовки и квалификации научно-педагогических кадров.

Научные школы образуют ту динамическую единицу науки, которая обеспечивает преемственность научного знания и создаёт оптимальные условия для его развития. Научная школа – это основной элемент коллективного сохранения и умножения знаний, одно из условий поддержки качества исследований, а значит, и качества подготовки научных кадров. Научная школа представляет собой четко выраженное направление научных исследований, проводимых в рамках конкретных специальностей научных работников.

Выявление научных школ в последнее время приобретает все большую значимость в связи с разработкой и развитием механизмов оценки результативности деятельности организаций при проведении конкурсов на финансирование проектов, их аттестации, аккредитации. Наличие научных школ является одним из важнейших критериев для зарубежных научных фондов, заключающих договоры на совместные научные исследования и выделяющие гранты, а также критерием, учитываемым при установлении рейтинга организации [3].

Одной из качественных характеристик общего развития и потенциала определенного научного направления является состояние научных школ. Вопросы создания, реорганизации и координация деятельности научных школ регулируются вузом. В управлении научной и инновационной деятельностью вуза основным вопросом остается *мониторинг развития научных школ*.

Таким образом, выделение, фиксирование, развитие, мониторинг развития научных школ является одной из первостепенных задач науки и образования.

В работе для реализации функций мониторинга предлагается подход к выявлению научных школ вуза, основанный на кластеризации научного сообщества по общим интересам.

Общая структура мониторинга развития научных школ вуза представлена на рис. 1.

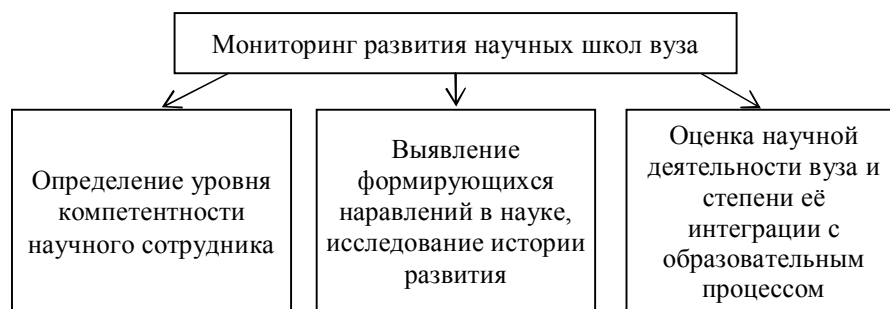


Рисунок 1 – Основные функции мониторинга развития научных школ вуза

Представленная схема организации мониторинга включает следующие основные функции: определение уровня компетентности научного сотрудника; выявление научных школ и научных направлений (формирующиеся направления в науке), исследование истории развития; оценка научной деятельности вуза и степени её интеграции с образовательным процессом.

Одним из подходов управления человеческим капиталом вуза является разработка модели специалиста (модели научного сотрудника).

В настоящее время можно выделить два способа создания и поддержки модели научного сотрудника: путем проведения обследования (квалификационный аудит организации) или путем отслеживания их работы в системе управления знаниями (научные документы, проекты) [4].

В работе поддерживается определение, данное в [4], где под моделью научного сотрудника понимается обоснованный набор взаимосвязанных свойств специалиста, которые могут быть формально описаны и использованы для поддержки эффективной работы со скрытыми знаниями.

В онтологии научных знаний модель специалиста имеет следующее формальное описание, включающее набор контекстных и контентных метаданных:

$$M_s = \{M_{context}, M_{content}\}, \quad (1)$$

где $M_{context}$ – контекстные метаданные описания специалиста; $M_{content}$ – контентные метаданные, описывающие компетентность специалиста.

Контекстные метаданные $M_{context}$ специалиста включают в себя следующие показатели:

- идентификация (ФИО, фотография, дата рождения, место работы);

- контактная информация (почтовый и электронный адрес, адрес персональной веб-страницы, номера телефонов);
- образование (дипломы, сертификаты и т. д.);
- профессиональные достижения (гранты, места в конкурсах, грамоты, медали и пр.).

Контентные метаданные $M_{content}$ представляют описание компетентности специалиста как набор показателей его компетентности:

$$M_{content} = \{C_{sa}, C_{cs}, C_{oe}\}, \quad (2)$$

где C_{sa} – компетентность специалиста в областях знаний, соответствующих рубрикам, описанным как классы в онтологии научных знаний $O_{нз}$; C_{cs} – показатель продуктивности научной деятельности специалиста (уровень разбросанности компетенции специалиста); C_{oe} – общая оценка научной деятельности.

Модель научной деятельности отдельного научного сотрудника определяется с помощью факторов научной активности. Эти факторы в онтологической информационной модели сгруппированы в следующие классы: Event (События), Project (Проекты), Publication (Публикации) (рис. 2).

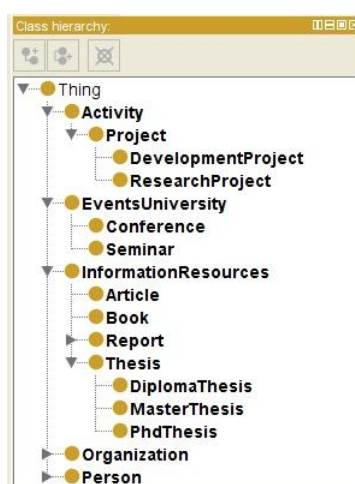


Рисунок 2 – Классы информационной модели, используемые для моделирования деятельности научного сотрудника вуза

Описание специалиста в соответствии с данной моделью называется *профилем* специалиста (метаданные, описывающие специалиста).

Расчет продуктивности научной деятельности специалиста (сотрудника вуза). Для оценки продуктивности научной деятельности сотрудника вуза предлагается использовать уровень разбросанности его компетенции.

Модель научной деятельности отдельного научного сотрудника (класс *Person*) определяется с помощью факторов научной активности. Эти факторы в онтологической модели сгруппированы в классы онтологии. Ниже приведены связи класса *Person* и класса фактора научной активности онтологической модели:

$$P_i \equiv P \cap \exists PersonHasIR. IR,$$

$$IR_i \equiv IR \cap \forall publHasDivis. SD_i (SD),$$

где P – персоны, IR – информационные ресурсы, SD – область знаний.

Каждый научный сотрудник работает хотя бы в одной области знаний по рубрике ВИНИТИ [5]. Поэтому классификация факторов научной активности осуществляется с

помощью данного рубрикатора отраслей знаний до 3 уровня, например:

Кибернетика → Искусственный интеллект → Инженерия знаний

Кибернетика → Искусственный интеллект → Экспертные системы

Кибернетика → Теория моделирования → Математическое моделирование.

Для анализа компетенции сотрудника по направленности определенной области знаний (рубрике) в данной работе предлагается метод вычисления показателя *продуктивности научной деятельности специалиста* C_{cs} .

Продуктивность научной деятельности специалиста C_{cs} вычисляется с помощью энтропии. Чем больше группируется количество работ сотрудника по определенной рубрике, тем меньше энтропия и выше компетенция научного сотрудника [6]. Сотрудник, который имеет высокую энтропию, как правило, работает по нескольким направлениям областей знаний/рубрики, то есть, человек имеет более низкую научную компетенцию:

$$C_{cs} = -\sum_i^N P_c \cdot \log_2(P_c), \quad (3)$$

$$P_c = \frac{P_i}{P}, \quad (4)$$

где P_i – количество работ сотрудника по рубрике $i = \overline{1, N}$; P – общее количество работ сотрудника.

Эмпирическим путем были определены пороговые значения продуктивности научной деятельности специалиста C_{cs} :

$0 < C_{cs} < 1$ – высокий уровень;

$1 \leq C_{cs} < 2$ – средний уровень;

$C_{cs} \geq 2$ – низкий уровень.

Анализ результатов персонального расчета C_{cs} для ведущих ученых вуза по областям знаний: «Общая физика», «Физика твердых тел», «Физика атома и молекулы», «Физика газов и жидкостей» и «Ядерная физика», подтверждает применимость формулы расчета энтропии научной компетентности для вычисления научной компетенции сотрудника.

Расчет общей оценки научной деятельности специалиста (сотрудника вуза). Продуктивность научной деятельности специалиста – количественный показатель, отражающий знания, навыки и умения по научному направлению соответствующей специальности.

Для принятия управленческих решений в разрезе разных подразделении вуза также необходим качественный анализ – определение профессиональной компетентности сотрудника/специалиста.

Каждый научный сотрудник имеет траекторию образовательной и научной деятельности (рис. 3): научная деятельность, образовательная деятельность, участие в конкурсах и грантовых проектах, международная мобильность.

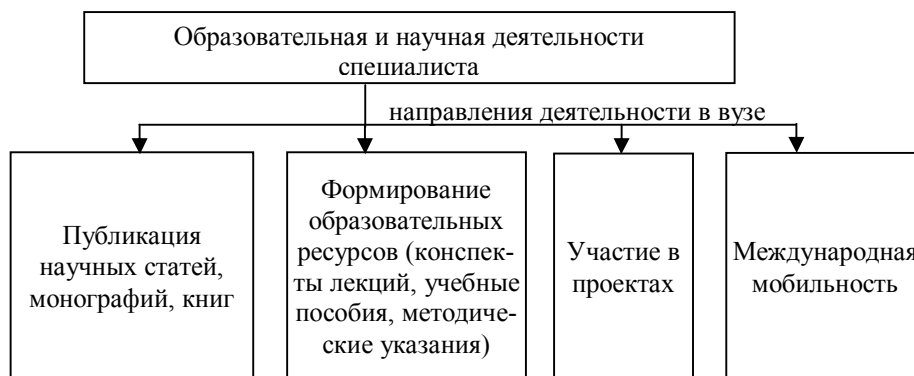


Рисунок 3 - Направления научной деятельности вуза

Эта схема оценки позволяет вычислить качественную характеристику общей оценки научной деятельности сотрудника.

Сотрудник вуза с высоким показателем научной деятельности:

- работает по всем направлениям научной деятельности;
- имеет высокий или средний показатель C_{CS} .

Сотрудник вуза со средним показателем научной деятельности:

- разрабатывает только образовательные курсы или участвует только в финансируемых проектах;
- имеет средний уровень продуктивности научной деятельности C_{CS} .

Сотрудник вуза с низким показателем научной деятельности:

- разрабатывает только образовательные курсы;
- имеет низкий показатель C_{CS} .

Подход к выявлению научных школ вуза, основанный на кластеризации научного сообщества вуза по общим интересам. Каждая научная школа или научное направление формирует научное сообщество по интересам и развивается в соответствии с определенными рубриками областей знания [7]. В качестве рубрикатора используется рубрикатор отраслей знаний ВИНТИ. В предлагаемом подходе модель научного сообщества описывается следующим образом:

$$M_{SC} = \{r_{1.1}, r_{1.2}, r_{2.3}, \dots\},$$

где r_i – рубрики, соответствующие отдельным направлениям науки и техники (одна подрубика может быть в составе нескольких научных направлений).

Модель научного сообщества приведена на рис. 4.

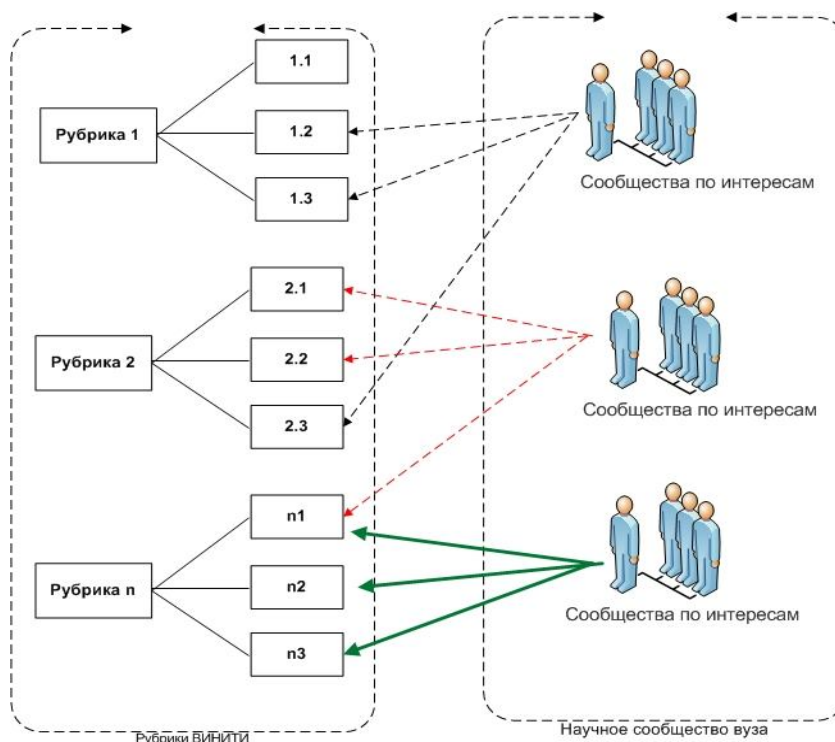


Рисунок 4 – Научное сообщество вуза на основе общих интересов

В предлагаемом подходе для выявления научных школ и научных направлений необходимо провести кластеризацию членов *научного сообщества* вуза на основе общих их интересов.

Для выявления научных школ и научных направлений в модели научного сообщества используется метод кластеризации DBSCAN. Основанием выбора плотностного метода кластеризации DBSCAN послужили следующие основные преимущества данного метода:

- идентификация количества кластеров (на основе понятия плотности точек);
- алгоритм кластеризации способен распознать кластеры различной формы;
- устойчивость к шумовым объектам.

Идея, положенная в основу алгоритма, заключается в том, что внутри каждого кластера наблюдается типичная плотность точек (объектов), которая заметно выше, чем плотность снаружи кластера (рис. 5). Плотность в областях с шумом ниже плотности любого из кластеров. Для каждой точки кластера её соседство заданного радиуса должно содержать не менее некоторого числа точек, это число точек задаётся пороговым значением [8, 9].

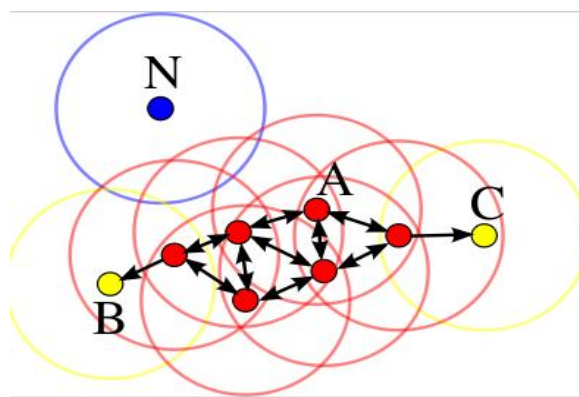
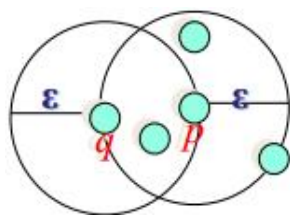


Рисунок 5 – Пример кластера произвольной формы:
A - ядровая точка; B, C - граничные точки.

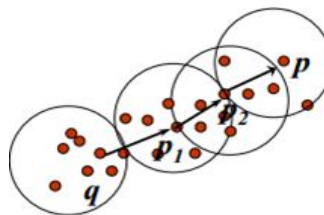
Кластер C_j – это не пустое подмножество объектов, удовлетворяющее следующим условиям, при заданных Eps и $MinPt$, где Eps - максимальное расстояние между соседними точками, $MinPt$ - минимальное число соседних точек:

- $\forall p, q$: если $p \in C_j$ и q плотнодостижим из p , то $q \in C_j$, при заданных Eps и $MinPt$;
- $\forall p, q \in C_j$: p плотно связан с q , при заданных Eps и $MinPt$.

Ниже для подробного описания точек приведен рис. 6.



а) плотнодостижимые точки



б) плотнодостижимые
и плотносвязанные точки класса

Рисунок 6 – Виды точек, формирующие классы в алгоритме DBSCAN

Таким образом, кластер – это множество плотносвязанных точек. В каждом кластере содержится хотя бы *MinPt* документов.

Для выполнения задачи кластеризации модель научного сообщества переводится в бинарную матрицу (рис. 7). Значения элементов матрицы соответствуют наличию или отсутствию работ по соответствующей рубрике.

Члены научного сообщества вуза	Рубрики								
	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	1	0	0	0	0	1	0	0	1
	1	0	0	0	0	1	0	0	1
	1	0	1	0	0	0	1	0	1
	1	0	0	0	0	1	0	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	1	0	0	0	0	1	0	0	1

Рисунок 7 – Матрица описания модели научного сообщества

Алгоритм кластеризации на основе плотности точек описан ниже [8].

Вход: множество объектов Q , параметры - Eps (расстояние между объектами класса), $MinPt$.

Определение непосредственно плотностидостижимых точек:

$$p \in N_{eps}(q), |N_{eps}(p)| \geq MinPt,$$

где q - ядровая точка, p - граничная точка. Точка p непосредственно плотностидостижима от точки q .

Определение всех плотностидостижимых, плотносвязанных точек текущего класса:

$$p \leftarrow p_{(i+1)} \leftarrow p_i \leftarrow q,$$

$$p \in N_{eps}(p_k), |N_{eps}(p_k)| \geq MinPt.$$

Выход: множество кластеров

Шум - подмножество объектов, которые не принадлежат ни одному кластеру,

$$p \in Q | \forall j \notin C, j = 1, |C|.$$

Для определения метрики расстояния между объектами используется косинусная мера близости объектов.

Для апробации предлагаемого подхода было выбрано научное сообщество ВКГТУ им. Д. Серикбаева и Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе [10]. Рассмотрены труды, научные направления и члены научного сообщества данных институтов. Результаты численных экспериментов подтвердили работоспособность используемого алгоритма кластеризации.

Данные исследования проводятся в рамках гранта № 0213РК00305 «Разработка онтологической базы знаний е-университета».

Список литературы

1. Криворученко В.К. Научные школы – важнейший элемент науки. url: <http://www.mosgu.ru/nauchnaya/school/>.
2. Трубина И.О. Формирование позитивной мотивации персонала вузов в процессе образования и развития научных школ / И.О. Трубина, И.Н. Забелина // Креативная экономика. – 2011. – № 1 (49). – С. 30–36.
3. НЦ НТИ РК. Научные школы и приоритетные направления развития страны. URL:

- <http://exclusive.kz/bez-rubriki/22068>.
4. Тузовский А.Ф. Создание и использование базы знаний профилей компетентности специалистов организаций // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – № 2. – С. 186-189.
 5. Всероссийский институт научной и технической информации. – url: <http://scs.viniti.ru/rubtree/main.aspx?tree=RV>.
 6. Baesso Procaci T. Wolfgang MatsuiSiqueira S. and Cristina Vasconcelos de Andrade L. (2014). Finding Reliable People in Online Communities of Questions and Answers. – Analysis of Metrics and Scope Reduction. In Proceedings of the 16th International Conference on Enterprise Information Systems. – P. 526-535. – DOI: 10.5220/0004954005260535.
 7. Iván Cantador, Pablo Castells: Extracting multilayered Communities of Interest from semantic user profiles: Application to group modeling and hybrid recommendations. Computers in Human Behavior 27(4): 1321-1336 (2011).
 8. Вольшакова Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: Учеб. пособие / Е.И. Вольшакова, Э.С. Клышинский, Д.В. Ландэ и др. – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с.
 9. Алгоритмы интеллектуального Интернета. Передовые методики сбора, анализа и обработки данных. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 480 с., ил. ISBN 978-5-93286-186-8.
 10. Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе. – url: <http://www.ioffe.ru/>.

Получено 24.09.2014

УДК 004.942

А.Н. Касенова, С.Ж. Рахметуллина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АДАПТИВНЫХ СЕТОК**

Металловедение – это одна из наиболее актуальных наук на данное время, поскольку изучение строения и свойств металлов, а также закономерностей изменения структуры под воздействием внешних факторов важны для модификации свойств металлов, упрочнения поверхностного слоя и создания новых металлов. Безусловно, одним из эффективных подходов в исследовании свойств металлов является математическое и компьютерное моделирование процессов в металлах. Математическое и компьютерное моделирование процессов теплопроводности в двухслойных материалах в зависимости от параметров воздействия дает возможность прогнозировать, какие именно структуры и фазы формируются в материалах в зависимости от достигаемых в процессе воздействия температур [1-4]. На основе результатов моделирования можно выбирать параметры воздействия так, чтобы формировать достаточно высокие температуры на границе покрытия с подложкой для ускорения диффузионных процессов с целью улучшения адгезии покрытия к подложке.

В данной статье рассматривается подход решения задачи теплопроводности с использованием метода адаптивных сеток. Преимущество данного подхода заключается в том, что на адаптивных сетках с небольшим количеством узлов можно добиться такой же точности решения, как на регулярных сетках с очень большим числом узлов. В двухслойных материалах в точках воздействия источника градиент температуры значительно выше, чем вдали от источника и использование метода адаптивных сеток позволяет адаптироваться расчетной сетке под поведение искомой функции, чем больше градиент функции, тем гуще сетка. В результате получаются не просто криволинейные сетки, а сетки, которые приспособ-

сабливаются к процессу изменения температуры на рассматриваемой области [5, 6].

Постановка задачи. Рассмотрим следующую постановку задачи теплопроводности [1, 2]. Удельный тепловой поток на расстоянии r от точки пересечения оси симметрии пучка с поверхностью образца задается выражением

$$q(r) = q_{\max} \cdot \exp(-k \cdot r^2), \quad (1)$$

где $q_{\max} = \frac{k \cdot N}{\pi}$; N – мощность пучка; $N = U_k \cdot I$; U_k – катодное напряжение; I – сила тока пучка; k – коэффициент сосредоточенности теплового потока; $k = \frac{1,125}{R_\pi^2}$.

Рассматривается образец бесконечной пластины толщины h , лежащей на поверхности полупространства, заполненного веществом с заданными теплофизическими характеристиками. В момент времени $t_0 = \frac{x_0}{v}$ на поверхности начинает действовать нормально-круговой источник, центр которого движется равномерно со скоростью v по оси X , и выключается в момент времени $t_1 = -t_0$, причем моменту времени $t = 0$ соответствует прохождение центром пучка точки с координатами $(0,0)$ (рис. 1).

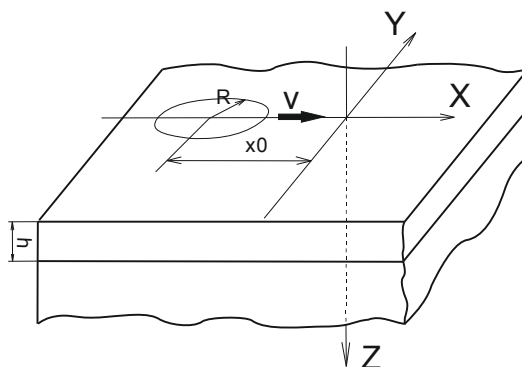


Рисунок 1 - Схематическое изображение двухслойного образца с движущимся пятном при нагреве электронным пучком с указанием выбора системы координат

Нагрев происходит в вакууме и единственным механизмом тепловых потерь с нагреваемой поверхности покрытия является тепловое излучение, описываемое уравнением Стефана-Больцмана

$$p = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4, \quad (2)$$

где p – поверхностная плотность мощности излучения $\left(\frac{Вт}{м^2}\right)$; σ – постоянная Стефана-Больцмана; ε – коэффициент черноты для материала покрытия.

Необходимо найти функции $T_1(x, y, z, t)$ – температура покрытия, и $T_2(x, y, z, t)$ – температура подложки, определенные в областях S_1 и S_2 , соответственно. Область S_1 определяется неравенствами $0 \leq z < h$, $t_0 \leq t \leq t_1$, а область S_2 неравенствами $h \leq z < \infty$ и $t_0 \leq t \leq t_1$ для обеих областей $x \in (-\infty, \infty)$ и $y \in (-\infty, \infty)$.

Рассмотрим точку P , принадлежащую поверхности двухслойного материала, тогда уравнение теплопроводности описывается следующими выражениями:

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{1}{c_1 \rho_1} \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_1 \cdot \frac{\partial T_1}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} \right) \right), \quad (3)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{1}{c_2 \rho_2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_2 \cdot \frac{\partial T_2}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} \right) \right), \quad (4)$$

где $r = \sqrt{(X_u(t) - x)^2 + y^2}$ – расстояние от точки P до центра нормально-кругового источника, $X_u(t) = X_0 + v \cdot t$; $\lambda_1 = \lambda_1(T)$, $\lambda_2 = \lambda_2(T)$ – коэффициенты теплопроводности материала покрытия и подложки, соответственно, рассматриваемые как функции от температуры; $C_1 = C_1(T)$ и $C_2 = C_2(T)$ – удельные теплоемкости материала покрытия и подложки, соответственно, также рассматриваемые как функции температуры; ρ_1 и ρ_2 – плотности материалов покрытия и подложки.

Задача (3)-(4) решается при следующих начальных и краевых условиях:
– начальные условия:

$$T_1(x, 0) = T_2(x, 0) = T^0, \quad (5)$$

где T^0 – начальная температура образца;

– краевые условия:

$$\text{при } z = 0, \quad x = p \quad \lambda_1 \cdot \left(\frac{\partial T_1}{\partial z} \right)_p = q_{\max} \cdot \exp(-kr^2) - \sigma \varepsilon \left((T_1)_p \right)^4; \quad (6)$$

$$\text{при } z = h \quad \lambda_1 \cdot \left(\frac{\partial T_1}{\partial z} \right) = \lambda_2 \cdot \left(\frac{\partial T_2}{\partial z} \right), \quad T_1 = T_2; \quad (7)$$

$$\text{при } z = \infty \quad T_2(x, z, t) = T_0, \quad (8)$$

где $P(x, 0)$ – точка на поверхности покрытия, а $(T_1)_p = T_1(x, y, 0)$ и $\left(\frac{\partial T_1}{\partial z} \right)_p$ – соответственно

значения температуры и нормальной производной температуры в точке P ; σ – постоянная Стефана-Больцмана; ε – коэффициент черноты для материала покрытия; λ_1 – коэффициент теплопроводности материала покрытия (зависящий от температуры); $r = (X_0 + v \cdot t) - x$ – расстояние от точки P до центра нормально-кругового источника; $z = h$ граница раздела покрытия и подложки; $\lambda_2 = \lambda_2(T_2)$ – коэффициент теплопроводности материала подложки.

Численное решение. Рассматривается двумерная по пространству задача, при вычислении значений функций $\lambda_1(T)$ и $\lambda_2(T)$ используется полиномиальная интерполяция по табличным значениям коэффициентов теплопроводности никеля и железа, то есть на каждом шаге по времени коэффициент теплопроводности является константой.

Для численного решения поставленной задачи применен метод переменных направлений на равномерной неподвижной и адаптивной сетке с шагом $h > 0$ [5].

Рассмотрен разностный аналог дифференциальной задачи (3)-(8) и начальные, граничные условия [7].

Начальное условие :

$$T_{1,i,j}^{n+1} = T_0, \quad T_{2,i,j}^{n+1} = T_0, \quad i = \overline{1, n_1}, \quad j = \overline{1, n_2} \quad (9)$$

Краевое условие для $z=0$:

$$T_{1,p,1}^{n+1} = T_{1,p,2}^{n+1} - \frac{h_2}{\lambda_1} \left[q_{\max} \cdot \exp(-k \cdot ((x_0 + v \cdot t) - (i-1)h_1)^2) - \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{1,p,1}^n)^4 \right], \quad (10)$$

$$p = x_0 + v \cdot \tau, \quad i = \overline{1, n_1}.$$

Краевое условие для границы $z=h$:

$$T_{1,i,n_2/2}^{n+1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} T_{1,i,n_2/2-1}^{n+1} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} T_{2,i,n_2/2+1}^{n+1}, \quad i = \overline{1, n_1} \quad (11)$$

$$T_{2,i,n_2}^{n+1} = T_0, \quad i = \overline{1, n_1}, \quad j = \overline{1, n_2}. \quad (12)$$

Граничное условие при $z=0$:

$$\begin{aligned} -\tau \frac{\lambda_{1,i-1/2,j}}{c_1 \rho_1 h_1^2} T_{1,i-1,j}^{n+1/2} + \left(1 + \tau \frac{\lambda_{1,i-1/2,j}}{c_1 \rho_1 h_1^2} + \tau \frac{\lambda_{1,i+1/2,j}}{c_1 \rho_1 h_1^2} \right) T_{1,i,j}^{n+1/2} - \tau \frac{\lambda_{1,i+1/2,j}}{c_1 \rho_1 h_1^2} T_{1,i+1,j}^{n+1/2} = \\ = T_{1,i,j}^n + \frac{\tau}{c_1 \rho_1 h_2} \left[\lambda_{1,i,j+1/2} \frac{T_{1,i,j+1}^n - T_{1,i,j}^n}{h_2} - \lambda_{1,i,j-1/2} \frac{T_{1,i,j}^n - T_{1,i,j-1}^n}{h_2} \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Граничное условие при $z=h$:

$$\begin{aligned} -\tau \frac{\lambda_{1,i,j-1/2}}{c_1 \rho_1 h_2^2} T_{1,i,j-1}^{n+1} + \left(1 + \tau \frac{\lambda_{1,i,j-1/2}}{c_1 \rho_1 h_2^2} + \tau \frac{\lambda_{1,i,j+1/2}}{c_1 \rho_1 h_2^2} \right) T_{1,i,j}^{n+1} - \tau \frac{\lambda_{1,i,j+1/2}}{c_1 \rho_1 h_2^2} T_{1,i,j+1}^{n+1} = \\ = T_{1,i,j}^{n+1/2} + \frac{\tau}{c_1 \rho_1 h_1} \left[\lambda_{1,i+1/2,j} \frac{T_{1,i+1,j}^{n+1/2} - T_{1,i,j}^{n+1/2}}{h_1} - \lambda_{1,i-1/2,j} \frac{T_{1,i,j}^{n+1/2} - T_{1,i-1,j}^{n+1/2}}{h_1} \right]. \end{aligned} \quad (14)$$

Система решается методом прогонки.

Алгоритм метода адаптивных сеток заключается в следующем:

- 1) на первом шаге по времени берется равномерная сетка на отрезке $[0,1]$ с шагом $h = 1/N$, $x_j^0 \in [0,1]$ – узлы этой сетки, x_h^0 – решение на равномерной сетке; метод эквираспределения:

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\omega \frac{\partial x}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\omega \frac{\partial x}{\partial \eta} \right) = 0, \quad (15)$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\omega \frac{\partial y}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\omega \frac{\partial y}{\partial \eta} \right) = 0; \quad (16)$$

- 2) строится управляющая функция

$$\omega = 1 + \alpha \left(\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right)^{1/4} \quad (17)$$

для нахождения n -го приближения x^n, y_h^n ;

$g_{11} = x_\xi^2 + y_\xi^2$ $g_{22} = x_\eta^2 + y_\eta^2$ $g_{12} = x_\xi x_\eta + y_\xi y_\eta$ $J = x_\xi y_\eta - y_\xi x_\eta$ – метрические коэффициенты;

- 3) методом прогонки решается задача

$$J \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\lambda \frac{g_{22}}{J} \frac{\partial T}{\partial \xi} - \lambda \frac{g_{12}}{J} \frac{\partial T}{\partial \eta} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\lambda \frac{g_{11}}{J} \frac{\partial T}{\partial \eta} - \lambda \frac{g_{12}}{J} \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) \quad (18)$$

для определения координат узлов новой сетки $x_j^{n+1} \in [0,1]$;

4) на построенной сетке $x_j^{n+1} \in [0,1]$ находится решение разностной задачи на адаптивной сетке.

Алгоритм численной реализации математической модели распространения температуры в двухслойном материале с применением метода переменных направлений на адаптивной сетке состоит из следующих шагов:

- на первом шаге по времени присваиваются значения функции, рассчитанные на равномерной сетке;
- строится управляющая функция и с помощью управляющей функции определяются координаты узлов новой сетки;
- на построенной сетке находится решение разностной задачи на адаптивной сетке.

Компьютерная реализация. Численный алгоритм методом переменных направлений реализован программно на языке программирования Visual Fortran, для визуализации результатов расчетов использованы графики и анимация в программе TecPlot. Расчеты получены с точностью $\varepsilon = 0,00001$. Данные, полученные в результате работы системы, отображающие распределение температурного поля на равномерном графике, представлены на рис. 2 и 3. Распределение температуры на адаптивной сетке представлено на рис. 4 и 5. На рис. 4 и 5 можно увидеть, что сгущение сетки происходит там, где наиболее высокая температура (на графике выделена область), и сгущение передвигается вместе с источником.

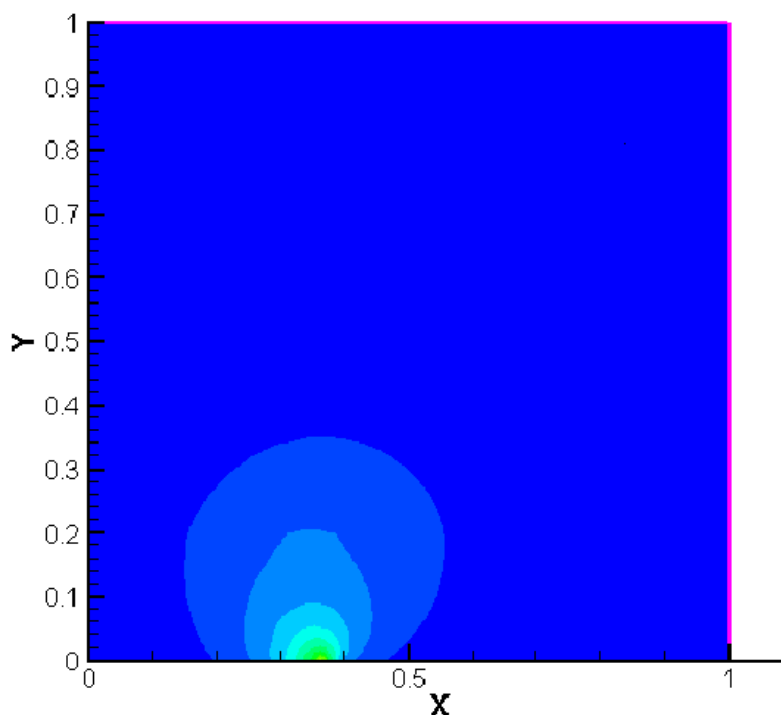


Рисунок 2 – Распределение температуры в начальный момент времени на равномерной сетке

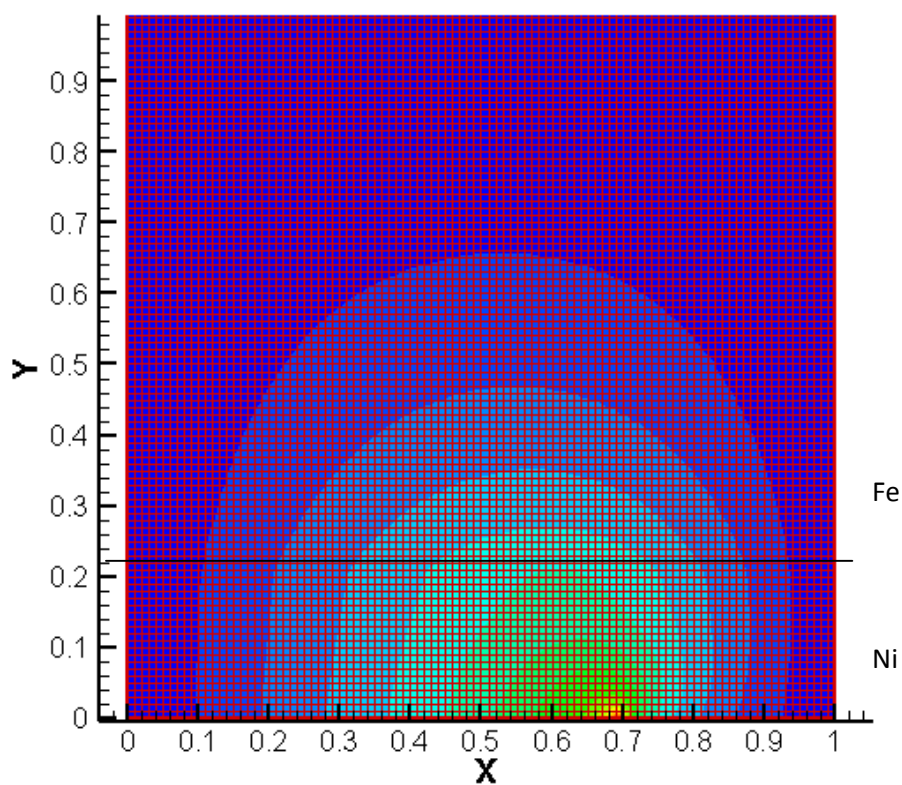


Рисунок 3 – Распределение температуры в конечный момент времени на равномерной сетке

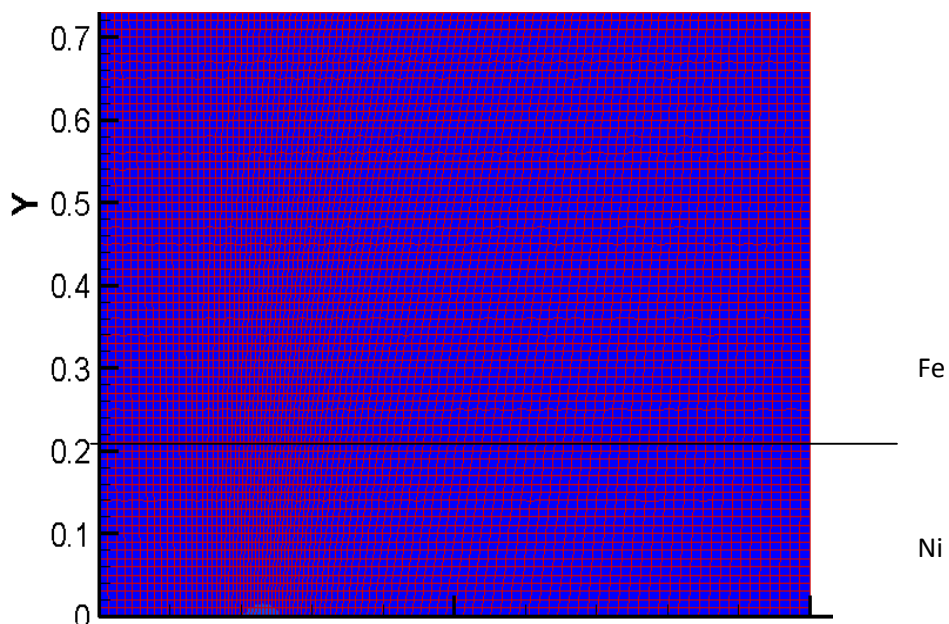


Рисунок 4 – Распределение температуры в начальный момент времени на адаптивной сетке

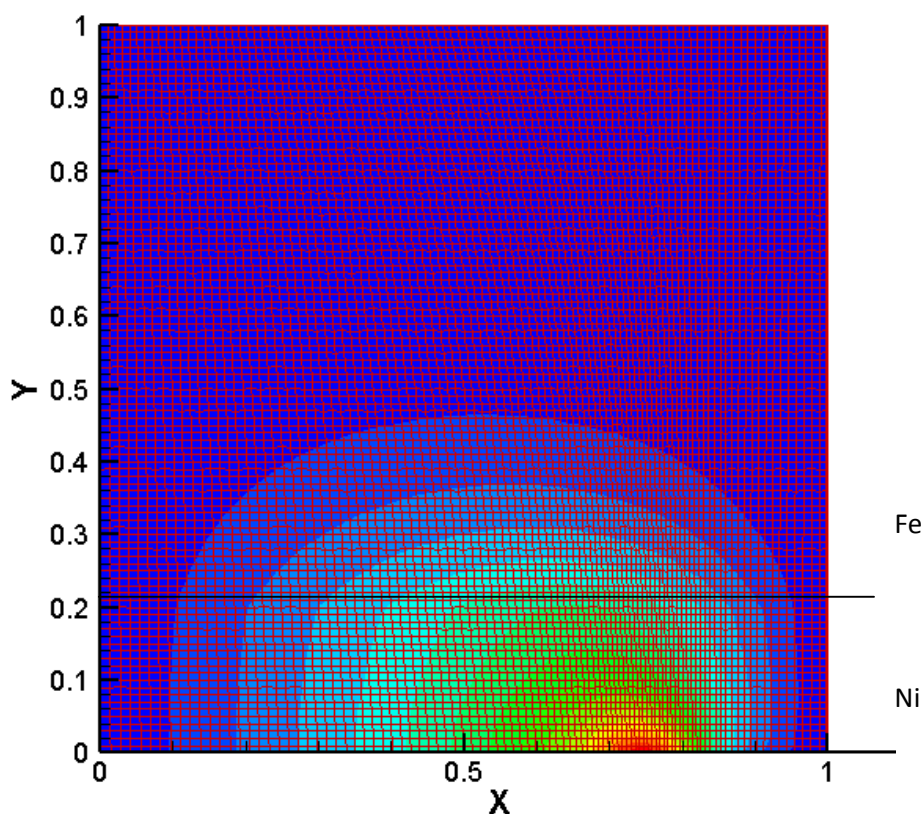


Рисунок 5 – Распределение температуры в конечный момент времени на адаптивной сетке

Таким образом, в данной статье предложено решение нелинейной задачи теплопроводности двухслойных поглотителей под воздействием движущегося источника с использованием метода адаптивных сеток. Решение применено для расчетов температурных полей, образующихся при нагреве двухслойных металлических поглотителей, результаты расчетов показали, что данный подход может быть применен для решения задач теплопроводности в двухслойных поглотителях. Результаты расчетов согласуются с результатами предыдущих исследований авторов публикаций [1-4]. Расчетные температурные профили позволяют прогнозировать достижение заданных температур на поверхности покрытия и на границе покрытия с подложкой при использовании определенных параметров источника (мощности, времени воздействия). Представленный в данной работе метод решения уравнения теплопроводности на равномерной и адаптивной сетке может использоваться как составной элемент при создании численных алгоритмов решения и более трудных задач, таких, например, как система уравнений фильтрации или система Навье-Стокса.

Список литературы

1. Darya Alontseva, Alexander Krasavin, Alexander Pogrebnjak, Alyona Russakova Modification of Ni -Based Plasma Detonation Coatings by a Low-Energy DC E-beam// Acta Physica Polonica A, 2013, Vol. 123, No 5, P.867-870.
2. Алонцева Д.Л. Модификация электронным облучением структурно-фазового состояния и

- свойств плазменно-детонационных покрытий на основе Ni-Cr. / Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин, А.Д. Погребняк и др. // Перспективные материалы. – 2013. – № 1. – С. 5-12.
3. Евтушенко А.А. Расчет температурного поля при лазерном облучении слоистого композита / А.А. Евтушенко, Е.Г. Иваник, Я. Матысяк // Инженерно-физический журнал. – 1999. – Т. 72. – № 1. – С. 132-137.
 4. Dauletbekova A., Schwartz K., Sorokin M.V., Maniks J., Rusakova A., Koloberdin M., Akilbekov A., Zdorovets M. LiF crystals irradiated with 150MeV Kr ions: Peculiarities of color center creation and thermal annealing. Nuclear Instruments and methods in Physics Research B. – 2013. – Vol. 295. – P. 89-93.
 5. Хахимзянов Г.С. Разностные схемы на адаптивных сетках: Задачи для уравнений в частных производных с одной пространственной переменной / Г.С. Хахимзянов, Ю.И. Шокин. – Новосибирск, 2005. – Ч. 1.
 6. Шокин Ю.И. О монотонизации явной схемы предиктор-корректор / Ю.И. Шокин, Ю.В. Сергеева, Г.С. Хахимзянов // Вестник КазНУ. Серия: Математика, механика, информатика. – 2005. – № 2. – Алматы, 2005. – С. 103-114.
 7. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983.

Получено 25.08.2014

УДК 681.586:53.087.92

Ф.У. Маликова, О.В. Киселева

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

П.Т. Харитонов

Пензенский государственный университет, Россия, Пенза

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АВТОГЕНЕРАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Актуальность задачи измерения RLC-параметров остается высокой, так как параметрические датчики весьма широко применяются в научно-технической практике. Так например, в последнее время создан ряд емкостных датчиков в микроминиатюрном исполнении [1], которые характеризуются малыми значениями рабочей емкости. Благодаря относительной простоте и надежности, а также удобству использования в информационных и управляющих системах в качестве преобразователей емкости в унифицированные сигналы частотно-временной группы широко используются RC- и LC- генераторы.

Важным недостатком применения параметрических генераторов является то, что частота колебаний на их выходе связана с параметрами частотозависимой цепи, включающей измеряемую емкость, нелинейной зависимостью. Это не позволяет непосредственно использовать такие преобразователи для измерения малых ёмкостей. Для линеаризации характеристики преобразования используются адаптивные к изменению ёмкости датчика схемы с автоподстройкой других элементов (чаще всего резисторов). Однако изменение сопротивления подстроечного резистора также должно быть нелинейным, что затрудняет его реализацию и вносит дополнительные погрешности.

Растущие требования к точности и метрологической надежности средств измерения, в том числе преобразователей, используемых для применения совместно с параметрическими датчиками неэлектрических величин, стимулируют поиск новых и совершенствование известных способов измерения. Здесь, прежде всего, актуально использование методов, разработанных в теории систем автоматического регулирования, в частности теории инвариантности. На основании результатов исследований в данной области [2] предлагается схема генераторного преобразователя для емкостных датчиков, реализующая принцип временного разделения каналов преобразования и ориентированная на исполь-

зование в составе измерительно-вычислительных комплексов.

Идея построения преобразователя заключается в том, что в типовой схеме RC-генератора измеряемая емкость включается не в частотозависимую цепь, а в интегратор (рис. 1).

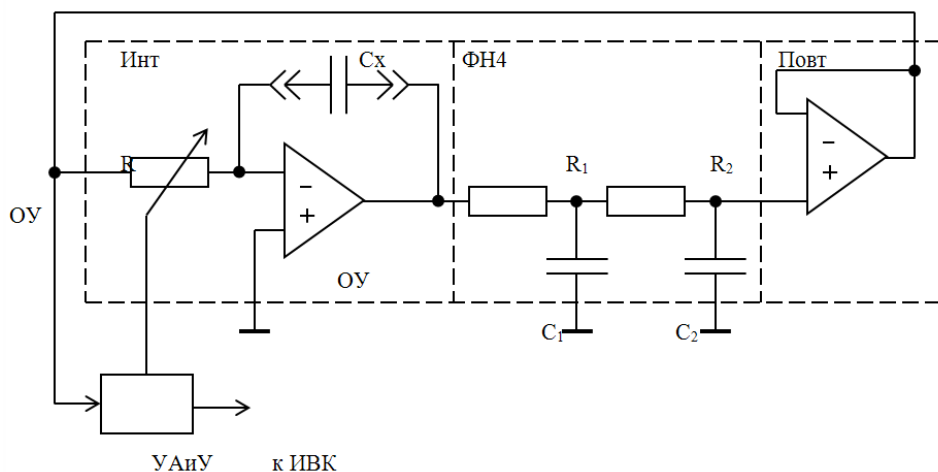


Рисунок 1 – Схема преобразователя

Схема содержит частотозависимую цепь – фильтр нижних частот ФНЧ – на двух RC-цепочках R_1C_1 и R_2C_2 , повторитель напряжения Повт на операционном усилителе ОУ, а также интегратор Инт на ОУ, в цепь отрицательной обратной связи которого включается измеряемая емкость C_x датчика, а вход соединяется с выходом повторителя через управляемый резистор сопротивлением R . Изменение значения R производится по сигналу узла анализа и управления УАиУ.

Условие существования в схеме автоколебаний имеет вид

$$k = \frac{R_1 R_2}{\left(\frac{R_1 + R_2}{C_1} + \frac{R_1}{C_2} \right)} > C_x R. \quad (1)$$

При этом частота колебаний определяется параметрами частотозависимой цепи ФНЧ:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}. \quad (2)$$

Из выражения (1) следует, что автоколебания возникают (и прекращаются) при достижении соотношения

$$k = C_x R. \quad (3)$$

Таким образом, если изменять значение R до возникновения (R_+) или прекращения (R_-) автоколебаний, т.е. до достижения равенства (3), то можно определить искомое значение C_x из простого соотношения

$$C_x = k/R_+ = k/R_-. \quad (4)$$

Таким образом, генерируемые в схеме колебания (точнее, факт их наличия/отсутствия) служат лишь индикатором окончания такта преобразования, а искомое значение емкости вычисляется из выражения, определяющего условие существования автоколебаний. За счет временной избыточности («уравновешивания по частоте» [3]) обеспе-

чивается простое линейное уравнение преобразования.

Значение R , фиксируемое в момент возбуждения/срыва колебаний и используемое для расчета искомого значения C_x , определяется при достижении нулевого фазового сдвига ($\Delta\varphi=0$), вещественности коэффициента усиления и его равенства единице (ноль децибел).

В идеальном случае в выражении (4) $R_+=R_-$, однако из-за влияния различных факторов, прежде всего неидеальности параметров ОУ и временной нестабильности других параметров схемы, возможно появление нелинейности типа гистерезиса. Этот фактор может быть устранен введением дополнительной временной избыточности, заключающейся в определении срыва колебаний при изменении значения R в двух тактах - «снизу» и «сверху», и усреднении этих значений. Тогда

$$C_x = k / \langle R \rangle. \quad (5)$$

Рассмотрим для оценки порядка величин изменение фазы колебаний $\Delta\varphi$, вносимое интегратором. В идеале $\varphi_u = \pi/2$. С учетом конечного значения коэффициента усиления А ОУ и конечной ширины полосы его пропускания θ сдвиг фазы равен $\varphi'_u = \pi/2 - \Delta\varphi$, где $\Delta\varphi$ - паразитный фазовый сдвиг,

$$\Delta\varphi \cong \frac{\omega_0}{A \cdot \theta}, \quad (6)$$

где ω_0 – частота генерируемых колебаний, определяемая по формуле (2).

Из выражения (6) следует, что дополнительный фазовый сдвиг $\Delta\varphi$, вносимый интегратором, пренебрежимо мал, так как в реальных схемах $A\theta \gg \omega_0$.

Влияние на фазовый сдвиг выходного сопротивления ОУ повторителя также пренебрежимо мало вследствие охвата ОУ стопроцентной отрицательной обратной связью.

Входное сопротивление повторителя имеет комплексный характер, за счет чего также вносится паразитный фазовый сдвиг. Оценить его также можно по формуле (6).

Таким образом, при использовании современных ОУ (например фирмы National Semiconductor) с параметрами $A > 100$ дБ, $\theta \sim 10 \div 50$ МГц, вносимые ими паразитные фазовые сдвиги пренебрежимо малы. Даже при суммарном «уходе» фазы $\Delta\varphi = 1\%$, отклонение частоты от расчетной составляет $< 10^{-4}\%$. Экспериментальные исследования преобразователя проводились по схеме (рис. 2).

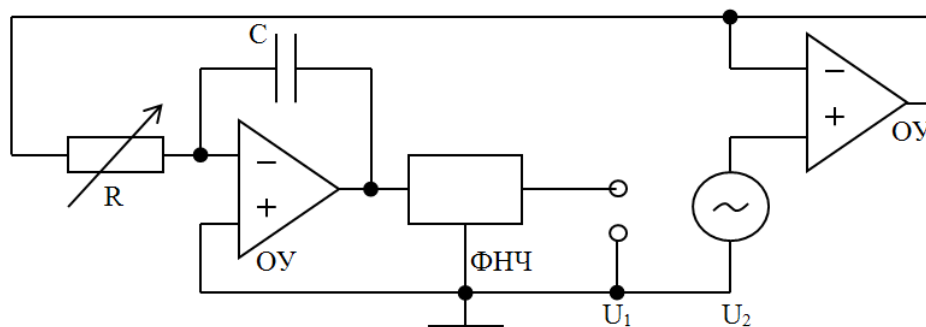


Рисунок 2 – Схема экспериментов с преобразователем

В качестве опорного источника переменного напряжения U_2 использовался генератор-калибратор переменного напряжения широкополосный Н5-3 производства ООО «РИП-Импульс». Напряжение U_1 и фазовый сдвиг измерялись вольтметром ВЗ-59 и фазометром

ФК2-18, соответственно. Измеряемая емкость равнялась 100нФ; расчетная частота автоколебаний $\omega_0=1\ 854,95$ Гц. Расчетное значение регулируемого сопротивления $R=285$ Ом. Погрешность измерения, приведенная к емкости, не превышала 0,1 %. Результаты экспериментальных исследований показаны на рис. 3.

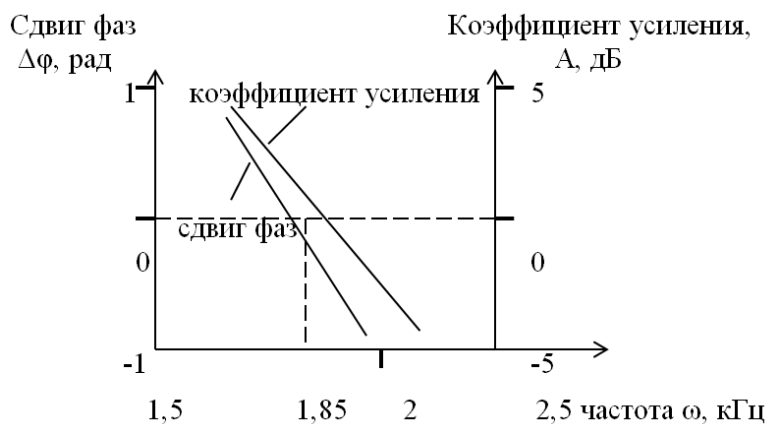


Рисунок 3 – Результаты экспериментальных исследований

Перспективно применение предложенных схем преобразования информативной емкости датчиков в частоту в различных вариантах измерителей физических параметров [4-7]. При этом возможно существенное снижение погрешности измерения соответствующих физических параметров за счет повышения точности преобразования информативной емкости в частоту.

Описанный преобразователь в силу простоты, метрологической и эксплуатационной надежности, а также наличия непосредственного цифрового выхода целесообразно использовать в составе различных компьютеризированных информационных и управляющих систем.

Список литературы

1. Попов В.С. Измерительные преобразователи параметров электрических цепей в частоту. – М.: Энергия, 1977. – 192 с.
2. Свистунов, В.Л. Пути реализации принципа двухканальной инвариантности в средствах измерений параметров электрических цепей // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – № 3. – Т. 46. – С. 34-37.
3. Свистунов, В.Л. Измерительные преобразователи приращения информативного параметра датчиков с уравниванием по частоте // Датчики и системы. – 2003. – № 9. – С. 42-47.
4. А.с. СССР № 1429715, 1988. Цифровой измеритель температуры и влажности / П.Т. Харитонов.
5. А.с. СССР № 1578492, 1990. Цифровой измеритель параметров жидкости / П.Т. Харитонов, В.П. Буц, Г.А. Франк и др.
6. А.с. СССР № 1567963, 1990. Цифровой измеритель влажности / Харитонов П.Т.
7. Пат. RU № 2289105. Уровнемер топлива / П.Т. Харитонов, В.П. Буц, В.Г. Недорезов. – Оpubл. 10.12.2006 г.

References

1. Popov V.S. Measuring parameters of power converters goals frequency / V.S. Popov. – Moscow: Energiya, 1977. – 192 s.

2. Whistleblowers B.L. Ways to implement the principle of invariance of dual-channel measurements in the media circuits / B.L. Whistlers // Math. universities. Instrument. - 2003. - № 3. - v. 46. - P.34-37.
3. Whistleblowers B.L. Measuring transducers increment informative parameter sensors with frequency trim / BL Whistlers // Sensors and Systems. - 2003. - № 9. - P.42-47.
4. Kharitonov P.T. Digital temperature and humidity / Auto. St. USSR number 1429715, 1988.
5. Kharitonov P., Buts V.P., Frank G.A., Golobokov S.V. Digital measuring fluid parameters / Auto. St. USSR number 1578492, 1990.
6. Kharitonov P.T. Digital moisture meter / Auto. St. USSR number 1567963, 1990.
7. Kharitonov P.T., Buts V.P. Nedorezov V.G. Fuel level gauge. Patent RU № 2289105 from 10.12.2006g.

Получено 22.08.2014

УДК 004.42

А.А. Нетесов, С.Ж. Рахметуллина, А.А. Бубликов, З.Т. Хасенова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ «МЕТЕО» ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
«ЭКО ПРОГНОЗ»**

Стремительное развитие информационных технологий затронуло все области научных исследований. Благодаря информационным технологиям стало возможно развитие широкого класса современных теоретических и прикладных областей научного исследования, связанных с атмосферой. К таким областям относятся: прогнозирование погоды, исследования изменения климата, мониторинг загрязнения окружающей среды, в том числе и атмосферного воздуха. Это обусловлено тем, что математические модели этих сложных процессов описываются системами дифференциальных уравнений в частных производных, с большим количеством неизвестных и параметров. Как правило, такие задачи могут быть решены только с использованием численных методов, численное решение задач связано с громадным объемом вычислений, зачастую требующим использования наиболее мощных суперкомпьютеров. Кроме того, при моделировании процессов, связанных с атмосферой, используются экспериментальные данные наблюдений о состоянии атмосферы с наземных станций, метеозондов, авиации, различных систем дистанционного зондирования. Усвоение такого обширного набора данных из различных источников невозможно без использования современных систем обработки, сбора и передачи информации [1-2]. Немаловажным является и то, что результаты моделирования и анализа данных должны храниться для дальнейшего использования. Изучение регионального и глобального климата, исследования геоэкологии и вариационного усвоения данных связаны с необходимостью поддержания огромных архивов данных, постоянный доступ к которым должен обеспечиваться из любой точки планеты.

Коллектив ВКГТУ им. Д. Серикбаева выполняет научные исследования в направлении развития информационных технологий экологического мониторинга [3-5]. Разработана система «ЭКО прогноз», позволяющая по данным автоматизированной системы наблюдений за качеством воздуха выполнять моделирование процесса загрязнения атмосферного воздуха; локализацию источников выбросов; визуализацию полученных данных. Для моделирования процесса загрязнения и локализации источников загрязнения необходимы

данные метеополей. На данный момент существуют эффективные модели, описывающие атмосферные процессы на мезомасштабном уровне, реализованные программно и позволяющие использовать их для краткосрочных, долгосрочных прогнозов погоды, моделирования атмосферных процессов и т.д. Современные системы атмосферного моделирования представляют собой досконально проработанные программные комплексы с широкой областью применений. Целью данного исследования является разработка приложения, необходимого для управления мезомасштабной моделью и извлечение выходных метеоданных для их дальнейшего использования при моделировании процесса переноса загрязняющих веществ и локализации источников загрязнения.

Таким образом, основной задачей проектируемой системы является разработка приложения, необходимого для управления мезомасштабной моделью и извлечение выходных данных выбранных метеопараметров. В соответствии с функциональными требованиями приложение должно:

- иметь интерфейс управления входными данными модели;
- выполнять корректный запуск всех компонентов модели;
- иметь базу справки входных параметров;
- выполнять корректное извлечение данных из выходного файла.

Для достижения поставленной цели проведен анализ существующих систем, основанных на математических моделях динамики атмосферы. Самыми распространенными мезомасштабными моделями на данный момент являются:

– HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) – модель HIRLAM является гидростатической моделью типа «сетка-точка», динамический ядро которой основано на полунеконформной полулагранжевой дискретизации примитивных многоуровневых уравнений, используя гибриды координат по вертикали. При необходимости может быть использована модель Эйлера [6].

– COSMO (Consortium for Small-scale Modelling) – COSMO-модель является негидростатической моделью прогнозирования и ограниченной району. Она была разработана как для оперативного численного прогноза погоды и различных научных приложений на мезо- β и γ мезо-масштабе. COSMO-модель основана на термодинамических уравнениях, описывающих сжимаемый поток во влажной атмосфере. Различные физические процессы учитываются параметризацией схем [7].

– WRF (Weather Research and Forecasting), WRF-модель содержит эластические негидростатические уравнения, учитывает неоднородность поверхности. В модели реализована технология организации расчетов во вложенных областях с односторонним или двухсторонним влиянием. Используется зависящая от поверхности система координат, сгущающаяся к поверхности Земли сетка, решение строится на основе консервативных разностных схем 2-го и 3-го порядков аппроксимации для нестационарных членов и 2-6 порядка – для адвективных членов. WRF представляет собой гибкую, открытую к модификациям программную систему, находящуюся в свободном доступе. Высокая степень машинезависимости программного кода позволяет использовать WRF практически в любом программном окружении для широкого спектра вычислительных платформ. Есть параллельная версия для многопроцессорных систем [8].

На основе анализа существующих систем в качестве модели метеодинамики была выбрана WRF (динамическое ядро AWR), поскольку она является моделью общего пользования, может быть установлена без каких-либо лицензионных условий и используется в Гидрометцентре Казахстана.

WRF компилируется из исходного кода с использованием достаточно сложного меха-

низма сборки, который пытается определить тип используемой компьютерной архитектуры и предлагает пользователю выбор из возможных вариантов компоновки. На многопроцессорных системах доступны варианты без распараллеливания и в режимах параллельных вычислений с совместно используемой памятью и с распределённой памятью. Механизм сборки WRF протестирован для различных ОС семейства UNIX, включая ряд дистрибутивов Linux. В процессе компоновки для анализа и построения всех необходимых файлов используются некоторые вспомогательные программы, реализованные на языке C, сценарии Perl и командных процессоров csh и bash, а также ряд стандартных для ОС семейства UNIX программных средств: make, m4, sed и awk [9-12]. Компиляция системы WRF может быть осуществлена с помощью различных компиляторов, включая коммерческие (PGI, Intel, PathScale) и свободно распространяемые (gfortran, gcc, g95).

В компонентах WRF, связанных непосредственно с моделированием, для проведения вычислений не требуется никаких сторонних программных библиотек. Единственной необходимой для всех компонент, как правило, является библиотека NetCDF поскольку для ввода-вывода данных в WRF и WPS обычно используется именно формат NetCDF.

В модуле вариационного усвоения данных WRF-Var используются некоторые дополнительные библиотеки для поддержки различных форматов данных метеонаблюдений, а также библиотеки вычислительной линейной алгебры BLAS, LAPACK и BUFR. Для компиляции системы подготовки данных WPS с поддержкой формата GRIB2 необходимы также библиотеки JasPer (реализация стандарта JPEG2000 сжатия с потерей данных), PNG (метод сжатия без потери данных) и zlib (используется в библиотеке PNG).

Данные, полученные в результате моделирования, представлены в формате NetCDF, для извлечения данных использовалась библиотека на языке программирования c++, которая предоставляет доступ к файлу с данными, доступ ко всем измерениям и непосредственно доступ к самим данным.

Проектируемое приложение может вносить изменения во входные данные, которые используются системой подготовки данных WPS и само ядро моделирования WRW. После завершения процесса моделирования приложение извлекает данные, проводит конвертацию данных, необходимую для некоторых метеопараметров. Структура проектируемого приложения представлена на рис. 1.

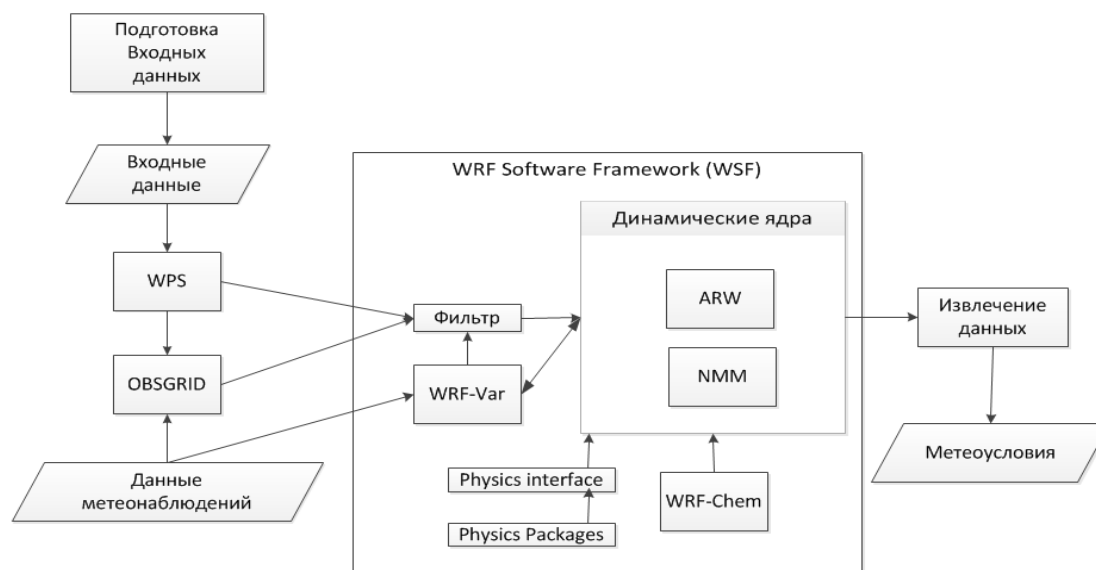


Рисунок 1 - Структура проектируемого приложения

Основные компоненты WRF изображены на рис. 1 и включают в себя динамические ядра, программные модули представления физических процессов (PhysicsPackages) и интерфейс их взаимодействия с динамическими ядрами (PhysicsInterface), модуль вариационного усвоения данных метеонаблюдений WRF-Var и модель химического состава WRF-Chem. Внешними компонентами WRF являются: система подготовки входных данных WRFP reprocessing System (WPS), система объективного анализа данных стандартных метеонаблюдений OBSGRID, различные программные визуализации и последующая обработка (пост-процессинга) выходных данных WRF (результатов моделирования). Модуль подготовки данных предоставляет возможность пользователю выбрать данные, необходимые для моделирования (время, местность, период прогноза и т.д.). Интерфейс модуля подготовки данных представлен на рис. 2.

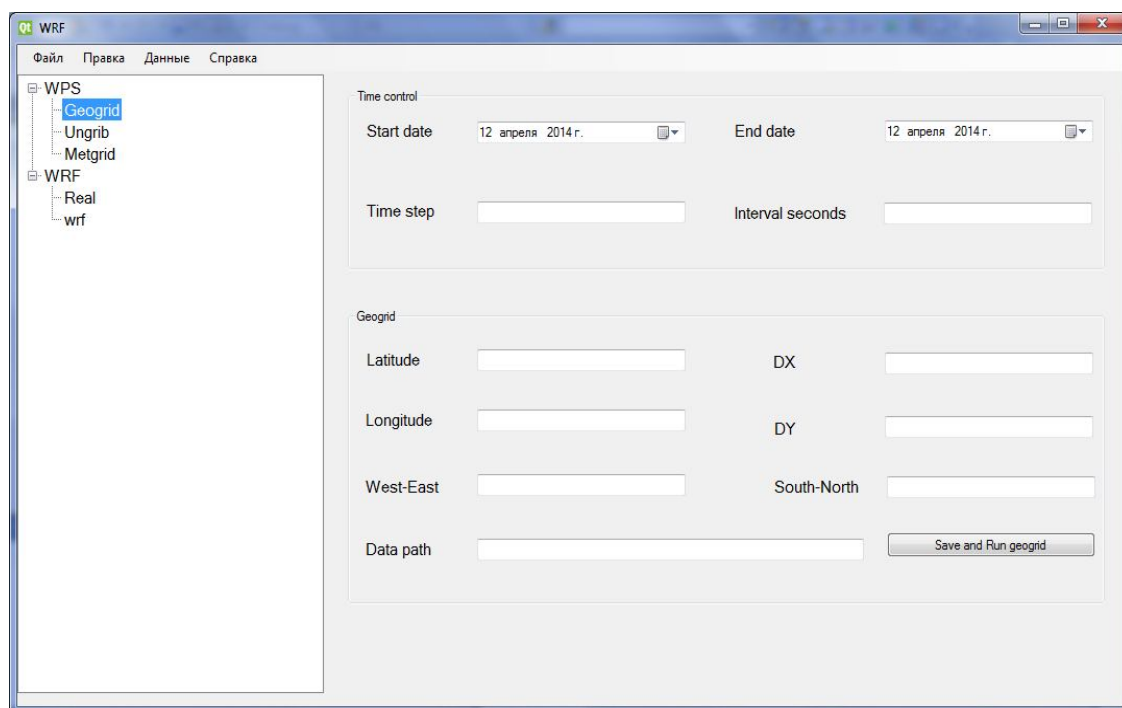


Рисунок 2 - Интерфейс пользователя

После подготовки входных данных последовательно запускаются модули системы WRF (geogrid→ungrib→metgrib→real→wrf), после запуска всех систем запускается wgf.exe и производит расчет метеопараметров (результат расчета wgf.exe представлен на рис. 3).

После расчета выходные данные записываются в файл формата NetCDF, модуль извлечения данных открывает данный файл, производит поиск необходимых метеопараметров и записывает данные в базу данных. После чего эти данные использует модуль локализации источников и модуль расчета концентрации. Схема взаимодействия подсистемы «Метео» с другими модулями представлена на рис. 4.

```

Terminal - alexey@alexey-X58A-UD3R: ~/WRF/WRFV3/test/em_real
File Edit View Terminal Go Help
Timing for main: time 2013-11-28_05:36:00 on domain 1: 1.14269 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:38:00 on domain 1: 1.08688 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:40:00 on domain 1: 1.08691 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:42:00 on domain 1: 1.14169 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:44:00 on domain 1: 1.08720 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:46:00 on domain 1: 1.08746 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:48:00 on domain 1: 1.14226 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:50:00 on domain 1: 1.08843 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:52:00 on domain 1: 1.08861 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:54:00 on domain 1: 1.14244 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:56:00 on domain 1: 1.08870 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_05:58:00 on domain 1: 1.08884 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:00:00 on domain 1: 1.14418 elapsed seconds
Timing for Writing wrfout_d01_2013-11-28_06:00:00 for domain 1: 0.03860 elapsed seconds
Timing for processing lateral boundary for domain 1: 0.00548 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:02:00 on domain 1: 2.22914 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:04:00 on domain 1: 1.08872 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:06:00 on domain 1: 1.14218 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:08:00 on domain 1: 1.08653 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:10:00 on domain 1: 1.08605 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:12:00 on domain 1: 1.15004 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:14:00 on domain 1: 1.08648 elapsed seconds
Timing for main: time 2013-11-28_06:16:00 on domain 1: 1.08780 elapsed seconds

```

Рисунок 3 - Результаты расчетов WRF



Рисунок 4 - Схема взаимодействия подсистем

Таким образом, спроектирована и разработана подсистема «Метео» информационной системы «ЭКО прогноз», приложение позволяет производить корректный запуск всех компонентов модели WRF, корректное извлечение данных из выходного файла и записывать данные в базу данных. Использование подсистемы «Метео» в контуре информационной системы «ЭКО прогноз» позволяет моделировать метеодинамику атмосферы для решения ряда задач: моделирования загрязнения атмосферного воздуха, усвоения данных экологического мониторинга, локализации источников загрязнения по данным мониторинга.

Список литературы

1. Пененко В.В. Вычислительные аспекты моделирования динамики атмосферных процессов и оценки влияния различных факторов на динамику атмосферы // Некоторые проблемы вычислительной и прикладной математики. - Новосибирск: Наука, 1975. - С. 61-76.

2. Penenko V., Baklanov A., Tsvetova E., Mahura A. Direct and inverse problems in a Variational concept of Environmental modeling. Pure Appl. Geophys. 169 (2012), 447-465.
3. Темирбеков Н.М. Математические модели и информационные технологии пограничного слоя атмосферы / Н.М. Темирбеков, М.Н. Мадияров, Ф.Н. Абдолдина и др. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ. им. Д. Серикбаева, 2011. – С. 168.
4. Пененко А.В. Разработка алгоритма усвоения данных для модели конвекции-диффузии примеси в атмосфере на основе нестационарной двухслойной дискретно-аналитической численной схемы / А.В. Пененко, А.В. Кусаинова // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2013. – № 2. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2013.
5. Rakhmetullina S., Turganbayev Y., Gromaszek K. Application of variational data assimilation algorithms in the ecological monitoring system, Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska, 2012 | nr 4a | 33-35.
6. Официальный сайт модели HIRLAM[Electronic resource]http://www.hirlam.org.
7. Официальный сайт модели COSMO[Electronic resource]http://www.cosmo-model.org.
8. Официальный сайт модели WRF[Electronic resource].:http://www.wrfmodel.org/index.php.
9. HerbertSchildt. Полный справочник по C++. 4-е издание.
10. Аверкин В.П. Программирование на C++: Учеб. пособие / В.П.Аверкин, А.И. Бобровский и др.; Под ред. А.Д. Хомоненко. – Корона-Принт.
11. Якушев Д. Философия программирования на языке C++.
12. Макс Шлее – Qt4.5. Профессиональное программирование на C++.

Получено 24.07.2014

УДК 004.42

И.М. Проскуряков, С.Ж. Рахметуллина, Н.Ф. Денисова, А.А. Бубликов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АДАПТАЦИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «ЭКО ПРОГНОЗ» ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Разработка информационных систем мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в промышленно развитых городах является одним из актуальных направлений развития информационных технологий экологического мониторинга. Коллектив ВКГТУ им. Д. Серикбаева ведет активную работу по данному направлению и выполняет финансируемые научно-исследовательские работы [1-3]. Выбор направления научно-исследовательской работы коллектива обусловлен запросами природоохранных предприятий региона и неблагоприятной экологической ситуацией. В рамках научных исследований коллективом разработана информационная система экологического мониторинга «ЭКО Прогноз» [4]. Информационная система, по данным автоматизированная система наблюдений за качеством воздуха, позволяет выполнять: расчет метеополей; расчет концентраций загрязняющих веществ в атмосфере; локализацию источников выбросов; визуализацию полученных данных. Система построена на клиент-серверной архитектуре. Взаимодействие пользователей с системой осуществляется посредством web-интерфейса.

С повсеместным распространением мобильных устройств возникла необходимость в создании мобильной версии приложения. Актуальность адаптации приложения к мобильным устройствам обуславливается широким использованием мобильных устройств для поиска и просмотра информации. Несколько лет назад адаптация сайтов для мобильных устройств осуществлялась только для самых крупных порталов и развлекательных сайтов, создавались так называемые WAP-версии сайтов. На сегодняшний день это актуально для всех направлений, в том числе и для web-приложений, осуществляющих обработку и отображение актуальных данных мониторинга. Развитие данного направления

позволяет пользователям web-приложения «ЭКО прогноз» получать информацию в режиме реального времени независимо от своего местоположения.

Таким образом, основной задачей данного исследования является адаптация web-приложения «ЭКО прогноз» для мобильных устройств.

Мобильная версия приложения «ЭКО прогноз» должна удовлетворять следующим требованиям:

- иметь адаптивный интерфейс для мобильных устройств;
- выполнять корректную обработку запросов мобильных устройств;
- иметь инструментарий для получения детального анализа данных экологического мониторинга;
- иметь интерактивную карту, необходимую для отображения результатов обработки данных;
- иметь административную панель для работников центра экологической безопасности;
- иметь инструментарий редактирования и добавления новых объектов на интерактивную карту;
- иметь инструментарий обеспечивающий вывод интерактивных отчетов и графиков.

На сегодняшний день одной из самых распространенных технологий представления данных мобильным устройствам являются WAP-представления [5]. Со временем название «WAP-сайт» стало применяться ко всем сайтам, специально предназначенным для отображения на дисплеях мобильных устройств, вне зависимости от протокола передачи данных (WAP, GPRS, 3G).

WAP-сайт обычно создаётся с учётом следующих условий:

- условие языка. WAP-браузер поддерживает не все теги языка разметки HTML, в результате чего «HTML-сайт» не будет корректно отображаться на дисплее мобильного устройства;
- условие трафика. WAP-трафик изначально стоил гораздо дороже, чем GPRS-трафик, поэтому WAP-сайт в интересах пользователей должен был иметь небольшой размер. Кроме того, в некоторых моделях мобильных телефонов размер подгружаемых страничек был ограничен аппаратно (около 3 килобайт);
- условие удобства пользования. При посещении WAP-сайтов перемещение по страничке требует от пользователя совершения множества «кликов», а перемещение по внутренним ссылкам заставляет его ждать длительное время. При создании WAP-сайтов необходимо учитывать этот человеческий фактор.

У WAP-сайтов есть также много других специфических и узкопрофессиональных особенностей. Для создания WAP-сайта может быть использована система управления содержанием.

Не менее распространенной технологией представления данных мобильным устройствам является разработка мобильных приложений. Мобильное приложение – это специально разработанное приложение под конкретную мобильную платформу (iOS, Android, Windows Phone). Обычно приложение разрабатывается на языке высокого уровня и компилируется в код ОС, дающий максимальную производительность. Одним из основных преимуществ разработки мобильных приложений является – наиболее близкий к ОС и привычный для пользователей интерфейс. Мобильное приложение наиболее тесно интегрировано с платформой и дает возможность реализовать привычный отзывчивый интерфейс. Недостатком данного подхода является факт несовместимости различных ОС, которые используют мобильные устройства.

Еще одной разновидностью данного подхода является мобильное приложение, кото-

рое включает в себя компонент браузера. В этом случае часть мобильного приложения чаще всего используется для навигации и интеграции с ОС, а web-компонент – для показа контента. Главными недостатками обоих подходов является то, что для реализации проекта на всех или каких-то определенных платформах требуется разработать приложение для каждой из платформ отдельно, причем на каждой свои среда и язык разработки, свои стандарты интерфейса [6,7].

Одной из самых простых технологий представления данных для мобильных устройств является проектирование адаптивного web-дизайна, обеспечивающего отличное отображение сайта на различных устройствах, подключённых к интернету. Целью адаптивного web-дизайна является универсальность web-сайта для различных устройств. Для того чтобы web-сайт был удобно просматриваемым с устройств различных разрешений и форматов, по технологии адаптивного web-дизайна не нужно создавать отдельные версии web-сайта для отдельных видов устройств. Один сайт может работать на смартфоне, планшете и ноутбуке. Проектирование начинается с адаптивной версии веб-сайта для мобильных устройств. На этом этапе необходимо правильно передать смысл и основные идеи с использованием небольшого экрана и всего одной колонки. Содержимое при необходимости сокращают, удаляя второстепенные информационные блоки и оставляя самое важное.

Так как существует необходимость использования MS SQL Server для реализации доступа к данным, в качестве программной реализации информационной системы выбран ASP.NET MVC Framework, который объединяет большинство принципов проектирования web-приложений, ориентированных на разработку для мобильных устройств. ASP.NET MVC Framework - для создания веб-приложений, который реализует шаблон Model-view-controller. Model-view-controller - схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента таким образом, чтобы модификация одного из компонентов оказывала минимальное воздействие на остальные. Данная схема проектирования часто используется для построения архитектурного каркаса, когда переходят от теории к реализации в конкретной предметной области [8]. Концепция MVC представлена на рис. 1.

Концепция MVC позволяет разделить данные, представление и обработку действий пользователя на три отдельных компонента:

- Model. Модель предоставляет знания: данные и методы работы с этими данными, реагирует на запросы, изменяя своё состояние. Не содержит информации о том, как эти знания можно визуализировать.
- View. Отвечает за отображение информации (визуализацию). Часто в качестве представления выступает форма (окно) с графическими элементами.
- Controller. Обеспечивает связь между пользователем и системой: контролирует ввод данных пользователем и использует модель и представление для реализации необходимой реакции.

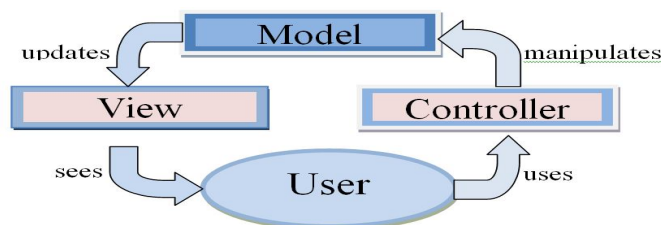


Рисунок 1 – Концепция Model-view-controller

Для программной реализации web-приложения «ЭКО прогноз», ориентированного на мобильные устройства, использован ASP.NET MVC 4 фреймворк. Для корректного отображения данных и манипуляции с ними выбрана идея разделения адаптивного дизайна. Разделение представлений происходит за счет включения в проект файла Global.asax. Файл Global.asax, или файл приложения ASP.NET, является дополнительным файлом, содержащим код для отклика на события уровня приложения и уровня сеанса, создаваемые ASP.NET или модулями HTTP. Файл Global.asax расположен в корневой папке приложения ASP.NET. Во время выполнения Global.asax анализируется и компилируется в динамически создаваемый класс. NET Framework - производный от базового класса `HttpApplication`. Среда ASP.NET настраивается таким образом, что любой непосредственный URL-запрос к файлу Global.asax автоматически отклоняется, а внешние пользователи не могут загружать или просматривать находящийся в нем код. При открытии сеанса файл Global.asax определяет к какому типу устройств относится аппарат, обратившийся к серверу, и направляет его на соответствующее представление. В случае «мобильного обращения» к web-приложению происходит событие перенаправления на представления с расширением `cshtml`, содержащие суффикс `mobile`. Такие представления используют адаптивный дизайн, содержащий мета-тег `viewport` с интегрированным jQuery Mobile фреймворком. jQuery Mobile - сенсорно-ориентированный веб-фреймворк, разрабатывается командой jQuery, создателей jQuery [9]. Разработка сфокусирована на кросс-браузерности с уклоном в сторону смартфонов и планшетов. Схема перенаправления устройств представлена на рис. 2.

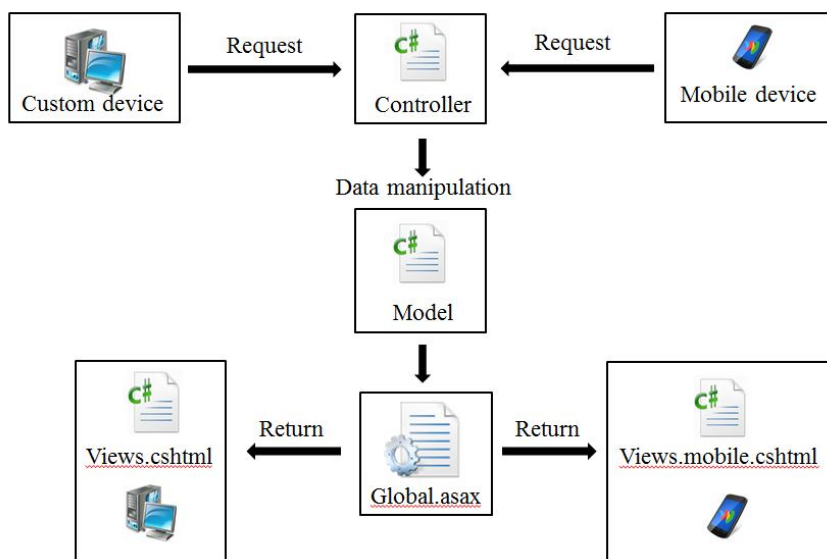


Рисунок 2 – Схема перенаправления устройств

Таким образом, выполнена адаптация web-приложения «ЭКО прогноз» для мобильных устройств с использованием технологии адаптивного web-дизайна. На рис. 3-6 представлены результаты работы мобильной версии приложения.

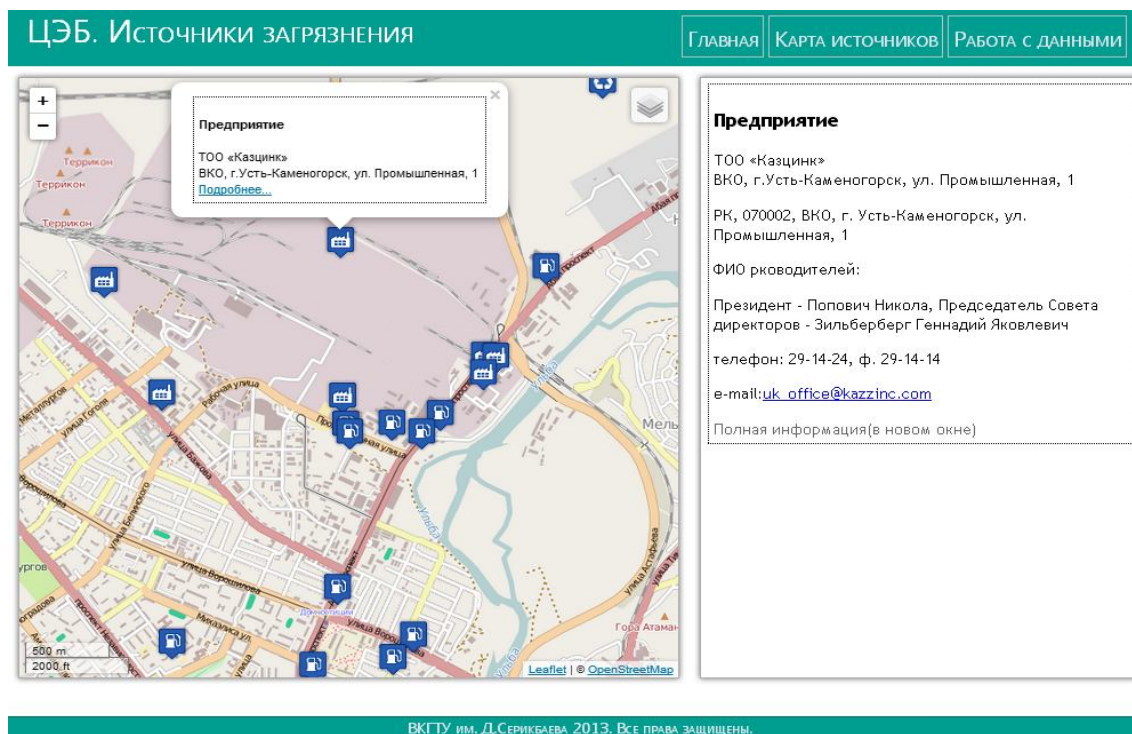


Рисунок 3 – Пример отображения страницы на ПК (Интерактивная карта)



Рисунок 4 – Пример отображения страницы на ПК (Панель редактирования объектов)

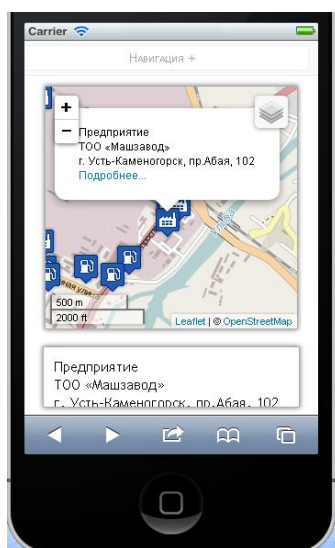


Рисунок 5 – Пример отображения страницы на мобильном устройстве (Интерактивная карта)

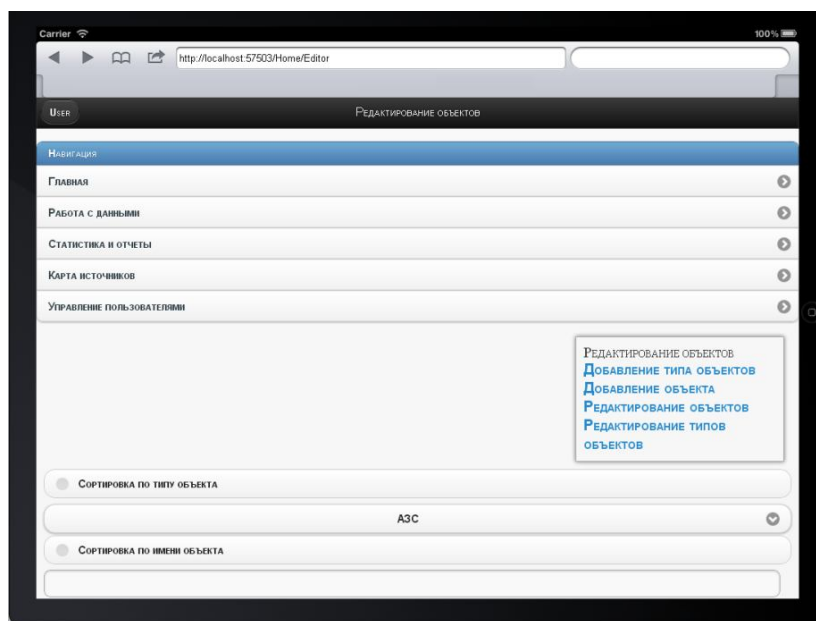


Рисунок 6 – Пример отображения страницы на мобильном устройстве (Панель редактирования)

Разработанная мобильная версия приложения «ЭКО прогноз», с использованием технологии адаптивного web-дизайна, позволяет, используя любые мобильные приложения, устройства различных разрешений и форматов, использовать все возможности web-приложения. Разработанное мобильное приложение удовлетворяет всем поставленным требованиям и позволяет использовать такие функции информационной системы «ЭКО прогноз», как моделирование динамики атмосферы, моделирование загрязнения атмо-

сферного воздуха, определение размещения источников загрязнения, визуализацию результатов моделирования.

Работа проводилась в рамках государственного заказа по бюджетной программе 120 «Грантовое финансирование Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан».

Список литературы

1. Application of Algorithm of Variational Assimilation of the Data in the System of Ecological Monitoring, S Rakhmetullina, Y Turganbayev, K Gromaszek, Informatyka Automatyka Pomiary – Poland, Lublin 2012.
2. Пененко В.В. Алгоритмы локализации источников загрязнения атмосферного воздуха в рамках автоматизированной системы экологического мониторинга / В.В. Пененко, С.Ж. Рахметуллина, А.В. Пененко // Тезисы симпозиума XIX. Рабочая группа «Аэрозоли Сибири», 27-30 нояб. 2012 г. – Томск.
3. Темирбеков Н.М. Математические модели и информационные технологии пограничного слоя атмосферы / Н.М. Темирбеков, М.Н. Мадияров, Ф.Н. Абдолдина и др. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ. им. Д. Серикбаева. – 2011. – С. 168.
4. Жумагулов Б.Т. Информационная система экологического мониторинга и применение вариационных алгоритмов / Б.Т. Жумагулов, Н.М. Темирбеков, С.Ж. Рахметуллина и др. // Вестник национальной инженерной академии Республики Казахстан, 2013. – № 1.
5. Джесс Чедвик и др. ASP.NET MVC 4: разработка реальных веб-приложений с помощью ASP.NET MVC. – Изд-во «Вильямс», 2013. – 432 с.
6. Адам Фримен ASP.NET MVC 4 с примерами на C# 5.0 для профессионалов, 1-4-е издание. – Изд-во «Вильямс», 2013. – 688 с.
7. Гамма Э. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон и др. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.
8. Официальный сайт поддержки продуктов Microsoft <http://msdn.microsoft.com/>.
9. Гарднер Л. Разработка веб-сайтов для мобильных устройств / Л. Гарднер, Д. Григсби. – СПб.: Питер, 2013. – 447 с.

Получено 14.08.2014

УДК 614.8

Д.А. Рыбакова, А.Е. Бакланов, А.И. Квасов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ**

«Энергетику мы будем развивать в её традиционных видах. Необходимо поддержать поиски и открытия по очистке выбросов ТЭС, повсеместной экономии электроэнергии на основе новейших технологий в производстве и в быту».

*Послание Президента РК народу Казахстана
от 17 января 2014 года*

Распределение и регулирование тепловой энергии как внутри, так и снаружи зданий в соответствии с потребностью являются одними из основополагающих подходов энергосбережения.

В 2008 году управлением совместно с акиматами городов и районов проведена инвентаризация теплоисточников и объектов инженерной инфраструктуры. Проведенный в Восточно-Казахстанской области анализ показал, что средний процент износа котельного оборудования составляет 70 %, тепловых сетей – 65 %, водопроводных и канализационных – 85 %, очистных сооружений и КНС – 75 % и 70 %, соответственно. Разработан проект программы модернизации объектов инженерной инфраструктуры Восточно-Казахстанской области на 2009-2015 годы и направлен в Канцелярию премьер-министра Республики Казахстан.

При этом использование современных технологий управлением тепловыми пунктами, объединенными в единую сеть, позволит значительно сэкономить электрическую энергию и более правильно осуществить распределение тепла в жилых и промышленных помещениях.

Преимущества наличия в распределенных автоматизированных системах управления (АСУ) механизмов конвейерного выполнения задач следует из теории развития производства и преобразования информации. В работе предлагается методика типизации задач в АСУ теплового пункта с конвейерным типом обработки данных, так как одним из этапов организации технологии обработки данных является этап определения типовых задач и типовых последовательностей задач, которые организуются в конвейерный план обработки данных. Очевидно, что при организации однотипных последовательностей задач в конвейерный план повышается эффективность работы распределенных АСУ.

Теоретические и методологические аспекты типизации задач в модульных системах обработки данных (СОД) отражены в работах отечественных и зарубежных авторов: А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, [1] А.С. Миронов, Е.Н. Сидоров, А.А. Ашимов, Ю.Ю. Кесс, В.М. Ревако, А.В. Товмасын, Б. Дюрин, П. Одделл, Х. Берж, О. Оре. Модели и методы обработки информации в технических и организационно-технологических системах рассмотрены в работах В.В. Воеводина, Б.А. Головкина, К.Г. Самофалова, Г.М. Луцкого [2], А.Б. Барских, Е.Л. Шлимовича, А.П. Шабанова, Д. Филлипса, А. Гарсия-Диаса, Р.В. Конвея, В.Л. Максвелла, Л.В. Миллера [3]. Конвейерное выполнение типовых задач в распределенных АСУ определяет новый этап в проектировании АСУ, требует модельно-алгоритмического обеспечения выполнения задач и адаптации методики типизации задач для СОД конвейерного типа.

Предложенная нами технология обработки данных предоставляет возможность формирования показателей эффективности работы отдельных процессоров, реализующих конвейерные планы, СОД и АСУ тепловым пунктом в целом. Реализация этой технологии даст существенный эффект на практике, так как совершенствуется внутренняя технология работы АСУ. Помимо этого, описанный подход дает следующие преимущества: увеличение пропускной способности конвейерной системы обработки данных; обеспечение однородности функций конвейерной системы обработки данных, что позволяет снизить требования к АСУ теплового пункта; уменьшение времени и улучшение качества коммуникаций в системе, связывающие и координирующие работу нескольких тепловых пунктов.

Рассмотрим модельно-алгоритмические процедуры, позволяющие проследить влияние процесса накопления информации в АСУ на эффективность планирования задач при их конвейерном выполнении. Для класса задач в распределенных АСУ проблема минимизации ресурсов решается в общем виде с помощью метода оценки достаточной мощности СОД.

В основе метода лежит математический аппарат теории массового обслуживания с ожиданием (с очередью). Задача разработки модели, позволяющей получить оценку

мощности СОД с накоплением информации, является в настоящее время актуальной. Данная задача относится к проблеме минимизации ресурсов АСУ тепловых пунктов. С использованием в качестве инструмента известного математического аппарата для оценки мощности СОД будем использовать модель оценки влияния процесса накопления информации на эффективность конвейерной обработки данных в АСУ:

$$P(\leq T_{\text{зад}}) \geq 1/Q(P_{\text{const}}^{k=1}(0) + P_{\text{const}}^{k=2}(1) + P_{\varphi\{\tau[V(t)]\}}^{k \geq 3}(j \leq J)),$$

где $T_{\text{зад}}$ – заданное максимально допустимое значение времени ожидания требованием обслуживания;

$P(\leq T_{\text{зад}})$ – заданное минимально допустимое значение вероятности неперевышения $T_{\text{зад}}$;

Q – максимальное количество требований, обслуживаемых в непрерывном интервале времени (интервале занятости);

$V(t)$ – объём записанной информации. Значение $V(t)$ изменяется со временем;

$\tau[V(t)]$ – длительность одного интервала обслуживания. Является зависимой от объёма $V(t)$ информации величиной и определяется как:

$$\tau[V(t)] = (\tau_{\text{const}} + \tau_{\text{var}}[V(t)])/M,$$

где M – количество процессоров в СОД;

τ_{const} – постоянная составляющая интервала обслуживания, определяемая в основном временем, затрачиваемым непосредственно на выполнение работ по обслуживанию требования;

$\tau_{\text{var}}[V(t)]$ – составляющая интервала обслуживания, которая зависит от объёма информации. Параметр $\tau_{\text{var}}[V(t)]$ определяется временем, затрачиваемым на выполнение действий с информацией и принятие решений;

k – порядковое место требования в интервале занятости;

j – время ожидания для k -го требования, выраженное в количестве интервалов обслуживания;

$P_{\text{const}}^{k=1}(0)$ – вероятность того, что требование, поступившее в СОД, не ожидает обслуживания. В одном интервале занятости таким требованием может быть только первое требование ($k=1$), при этом $P_{\text{const}}^{k=1}(0)$ для любого значения Q является постоянной, равной 1;

$P_{\text{const}}^{k=2}(0)$ – вероятность того, что длительность ожидания обслуживания второго (по порядку обслуживания в системе) требования ($k=2$) равна одному интервалу обслуживания. В одном интервале занятости $P_{\text{const}}^{k=2}(0)$ для любого значения Q является постоянной, равной 1;

$P_{\varphi\{\tau[V(t)]\}}^{k \geq 3}(j \leq J)$ – вероятность того, что любое требование, начиная с третьего, по порядку обслуживания в интервале занятости, ожидало не более j интервалов обслуживания;

$j=1, 2, \dots, J$, J – максимально допустимое время ожидания, выраженное в количестве интервалов обслуживания. Параметр J соответствует параметру $T_{\text{зад}}$ и является зависимым от параметра $\tau[V(t)]$.

Модель позволяет получить зависимость между максимальным количеством Q требований, обслуживаемых в СОД в непрерывном интервале времени (интервале занятости), и объёмом $V(t)$ записанной информации при условии соблюдения заданных значений времени T ожидания требованиями обслуживания и вероятности $P(\leq T_{\text{зад}})$ его неперевышения. Рассмотренная модель позволяет определить зависимость между мощностью СОД и объёмом информации, постепенно накапливаемой и осваиваемой процессорами

конвейерного плана обработки данных. Важным применением модели является выбор стратегии для организации процесса обслуживания требований с возможностью количественной оценки различных вариантов при распределении основных задач между процессорами.

Зависимость объёма $V(t)$ информации от времени t определяется в основном исходя из состава предметных сущностей в среде обеспечения деятельности потребителей задач и условий функционирования СОД, предоставляющей такие задачи. Например, на рис. 1 показана зависимость объёма записанной информации от времени её обновления при организации АСУ тепловых пунктов с конвейерным типом обработки данных.

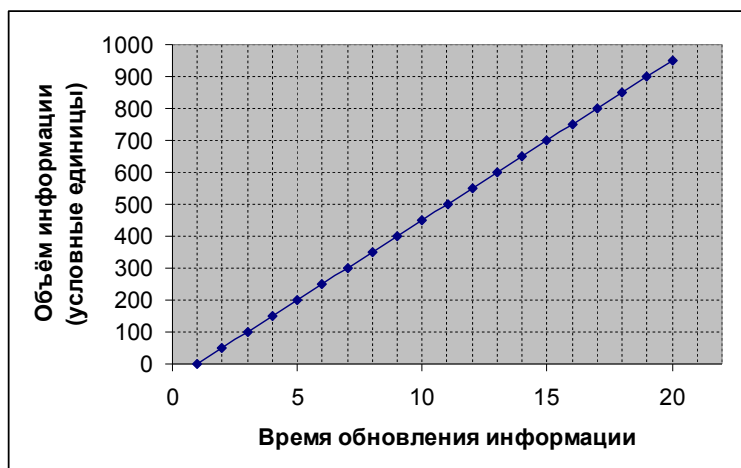


Рисунок 1 - Зависимость объёма записанной информации от времени её обновления

Зависимость переменной составляющей $\tau_{\text{var}}[V(t)]$ интервала обслуживания определяется в основном исходя из класса процессоров СОД, организации обслуживания требований, поступающих от потребителей задач. Например, на рис. 2 показано изменение переменной $\tau_{\text{var}}[V(t)]$ в зависимости от времени обновления информации.

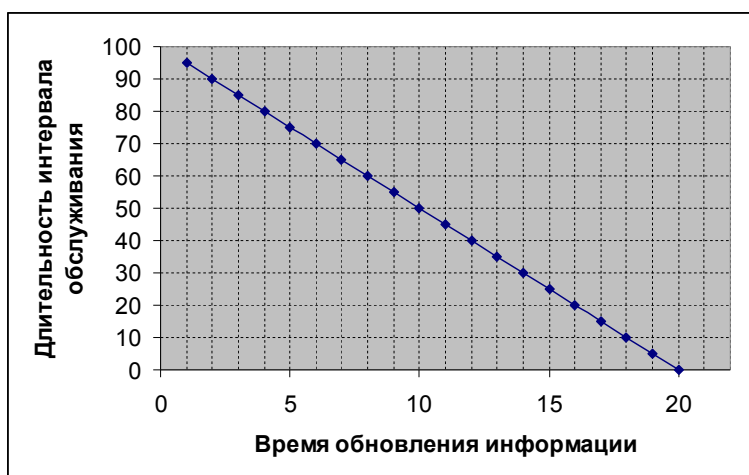


Рисунок 2 - $\tau_{\text{var}}[V(t)]$ в зависимости от времени обновления информации

Данные графики позволяют выбрать режим конвейерной обработки данных и управления тепловыми пунктами в зависимости от количества тепловых пунктов и требуемого времени обновления информации.

Разработанная модель системы с конвейерной обработкой данных с накоплением информации имеет прикладное значение, которое наиболее отчетливо видно при организации работы нескольких тепловых пунктов, объединённых в единую систему, где апробирован данный подход.

Список литературы

1. Кульба В.В. Автоматизированные информационно-управляющие системы социально-экономических и организационных структур / В.В. Кульба, С.А. Косяченко, В.Н. Лебедев // «Проблемы управления». – 2009. – Вып. 3. – № 1.
2. Самофалов К.Г. Основы теории многоуровневых конвейерных вычислительных систем / К.Г. Самофалов, Г.М. Луцкий. – М.: Радио и связь, 1989.
3. Конвей Р.В. Теория расписаний / Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер. – М.: Наука, 1975.
4. Рыбакова Д.А. Конвейерная организация выполнения задач в работе АСУ тепловым пунктом // «Энергетика и топливные ресурсы Казахстана». – 2010. – № 3.
5. Рыбакова Д.А. Автоматизация тепловых пунктов / Д.А. Рыбакова, А.Е. Бакланов, А.И. Квасов // II Межвуз. науч.-практ. конф., февр. 2009 г. – Усть-Каменогорск, 2009.
6. Рыбакова Д.А. Автоматизированная система регулирования работы тепловых пунктов с использованием конвейерной технологии обработки данных / Д.А. Рыбакова, А.Е. Бакланов, А.И. Квасов // IV Междунар. заочная науч.-практ. конф. «Научная дискуссия: вопросы технических наук», нояб. 2012 г. – М., 2012.
7. Рыбакова Д.А. Применение автоматизированной системы регулирования для оптимальной и эффективной работы тепловых пунктов // Междунар. заочная науч.-практ. конф. «Научная дискуссия: инновации в современном мире», 22 окт. 2013 г. – М., 2013.

Получено 25.08.2014

УДК 517.95

О.С. Сатыбалдиев

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.

Ғ.Х. Мұхамедиев

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.

ФУРЬЕ ӘДІСІН ҚОЛДАНЫП СЫМ ТЕМІРДІҢ СУУ ЗАҢДЫЛЫҒЫН ЕСЕПТЕУ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 < x < L, \quad t > 0 \quad (1)$$

тендеуі стержендегі жылудың таралу тендеуі немесе жылу өткізгіштік тендеуі деп аталатындығы белгілі.

Мына мазмұнды есепті қарастыралық.

$0 < x < L$, $0 < t < \infty$ облысында

$$u(0, t) = u_1, \quad u(L, t) = u_2, \quad 0 \leq t < \infty \quad (2)$$

шекаралық шартын және

$$u(x,0) = f(x), 0 \leq x \leq L \quad (3)$$

бастапқы шартын қанағаттандыратын (1) теңдеудің шешімін табу қажет болсын. (2) шарт стерженнің $x=0$ және $x=L$ шеттеріндегі сәйкес температуралары u_1 мен u_2 тұрақты екендігін, ал стерженнің бастапқы температурасы $f(x)$ функциясы арқылы өрнектелетіндігін көрсетеді. $f(x)$ функциясы $[0, L]$ сегментінде үзіліссіз дифференциалданады және (2) шекаралық және (3) бастапқы шарттарының $f(0) = u_1, f(L) = u_2$ үйлесімдік шарттарын қанағаттандырады.

(1)–(3) есебінің шешімін табу үшін Фурье әдісін қолданамыз [1]. (1) теңдеудің нөлден өзгеше және (2), (3) шарттарын қанағаттандыратын шешімін

$$u(x,t) = \chi(x)T(t) \quad (4)$$

түрінде ізделік.

$$(1) \text{ теңдеуден } a^2 \chi'' T = \chi T',$$

немесе

$$\frac{\chi''}{\chi} = \frac{1}{a^2} \frac{T'}{T} \quad (5)$$

теңдігін аламыз. (5) теңдіктің сол жағы тек қана x -ке, ал оң жағы тек қана t -ға тәуелді. Онда (5) теңдік тек $\frac{\chi''}{\chi} = \frac{1}{a^2} \frac{T'}{T} = \text{const}$ жағдайында ғана орындалады, яғни

$$\frac{\chi''}{\chi} = \frac{1}{a^2} \frac{T'}{T} = \mu, \quad (6)$$

мұндағы μ - тұрақты шама. Сонымен, (1) дербес туындылы дифференциалдық теңдеуді айнымалыларды бөлу әдісінің көмегі арқылы

$$\chi'' + \mu \chi = 0, \quad (7)$$

$$T' + a^2 \mu T = 0 \quad (8)$$

екі қарапайым дифференциалдық теңдеулерге алып келдік.

(7) теңдеудің шешімінің түрі μ санының таңбасына байланысты болғандықтан, $\mu < 0$, $\mu = 0$ және $\mu > 0$ жағдайларын бөлек-бөлек қарастырамыз.

(7), (8) теңдеулердің шешімдері:

- $\mu < 0$, яғни $\mu = -\lambda^2, \lambda > 0$ жағдайында $\chi(x) = A_1 \cos \lambda x + B_1 \sin \lambda x, T(t) = C_1 e^{a^2 \lambda^2 t}$ түрлерінде;

- $\mu = 0$ жағдайында $\chi(x) = D_1 + E_1 x, T(t) = C_2$ түрлерінде;

- $\mu > 0$, яғни $\mu = \lambda^2, \lambda > 0$ жағдайында $\chi(x) = C_3 e^{-\lambda x} + C_4 e^{\lambda x}, T(t) = C_5 e^{a^2 \lambda^2 t}$ түрлерінде жазылады да, (4) теңдік бойынша

$$u = (A_1 \cos \lambda x + B_1 \sin \lambda x) C_1 e^{-a^2 \lambda^2 t} = (A \cos \lambda x + B \sin \lambda x) e^{-a^2 \lambda^2 t} \quad (9)$$

$$u = (D_1 + E_1 x) C_2 = D + Ex \quad (10)$$

$$u = (C_3 e^{-\lambda x} + C_4 e^{\lambda x}) C_5 e^{a^2 \lambda^2 t} = (C e^{-\lambda x} + S e^{\lambda x}) e^{a^2 \lambda^2 t} \quad (11)$$

функциялары (1) теңдеудің шешімдері болады. Мұндағы $A = A_1 C_1, B = B_1 C_1, D = D_1 C_2, E = E_1 C_2, C = C_3 C_5, S = C_4 C_5$ - еркін тұрақтылар. (1) теңдеу - сызықтық теңдеу, олай болса (9), (10), (11) шешімдердің қосындысы, яғни

$$u = D + Ex + (A \cos \lambda x + B \sin \lambda x) e^{-a^2 \lambda^2 t} + (C e^{-\lambda x} + S e^{\lambda x}) e^{a^2 \lambda^2 t} \quad (12)$$

функциясы да осы теңдеудің шешімі болады.

$A, B, D, E, C, S, \lambda$ – тұрақтыларын (12) шешім (2) шекаралық шарт пен (3) бастапқы шартты қанағаттандыратындай етіп таңдаймыз.

Стерженнің сол жақ шетіндегі шекаралық шарттан басталық

$$u(0, t) = u_1 = D + A e^{-a^2 \lambda^2 t} + (C + S) e^{a^2 \lambda^2 t}, \quad (0 < t < \infty),$$

яғни

$$(D - u_1) \cdot 1 + A \cdot e^{-a^2 \lambda^2 t} + (C + S) e^{a^2 \lambda^2 t} = 0, \quad \forall t \in (0, +\infty).$$

$1, e^{a^2 \lambda^2 t}$ және $e^{-a^2 \lambda^2 t}$ функциялары $(0, +\infty)$ аралығында сызықты тәуелсіз болғандықтан, соңғы теңдіктен

$$D - u_1 = 0, \quad A = 0, \quad C + S = 0, \quad \text{яғни} \quad D = u_1, \quad A = 0, \quad S = -C$$

теңдіктерін аламыз. D, A және S мәндерін (12) теңдікке қойып

$$u = u_1 + Ex + B \sin \lambda x e^{-a^2 \lambda^2 t} + C(e^{-\lambda x} + e^{\lambda x}) e^{a^2 \lambda^2 t} \quad (13)$$

теңдігін аламыз.

Стерженнің оң шетіндегі шекаралық шартты пайдаланып,

$$u(L, t) = u_2 = u_1 + E \cdot L + B \sin \lambda L e^{-a^2 \lambda^2 t} + C(e^{-\lambda L} + e^{\lambda L}) e^{a^2 \lambda^2 t},$$

яғни

$$(E \cdot L + u_1 - u_2) \cdot 1 + B \sin \lambda L e^{-a^2 \lambda^2 t} + C(e^{-\lambda L} + e^{\lambda L}) e^{a^2 \lambda^2 t} = 0, \quad \forall t \in (0; +\infty)$$

теңдігін аламыз. Жоғарыдағыдай $1, e^{-a^2 \lambda^2 t}$ және $e^{a^2 \lambda^2 t}$ функцияларының сызықты тәуелсіздіктеріне сәйкес

$$C(e^{-\lambda L} + e^{\lambda L}) = 0 \quad (14)$$

$$EL + u_1 - u_2 = 0, \quad (15)$$

$$B \sin \lambda L = 0. \quad (16)$$

теңдіктерін аламыз. (14), (15) теңдіктерден C мен E - нің мәндерін тауып алып (13) теңдікке қойсақ,

$$u = u_1 + \frac{u_2 - u_1}{L} x + B \sin \lambda x e^{-a^2 \lambda^2 t} \quad (17)$$

теңдігін аламыз.

(16) теңдіктен $B = 0$ немесе $\sin \lambda L = 0$ теңдігі шығады.

Егер $B = 0$ болса, онда (17) теңдікте $B \sin \lambda x e^{-a^2 \lambda^2 t}$ қосылғышын жоғалтамыз да, (1) теңдеудің

$$u(x, t) = u_1 + (u_2 - u_1) \frac{x}{L}$$

түріндегі шешіміне, яғни температура өзгеру үдерісі t уақытынан тәуелсіз болатын жағдайға келеміз. Сондықтан

$$B \neq 0 \quad \text{және} \quad \sin \lambda L = 0 \quad (18)$$

жағдайын таңдаймыз. (18) теңдеудің шешімі, $\lambda > 0$ екенін ескерсек,

$$\lambda_k = \frac{k\pi}{L}, \quad k = 1, 2, \dots$$

сандары болады.

Сонымен, (17) функция $\lambda = \lambda_k$ болғанда (1) теңдеудің (2) шекаралық шарттарын қанағаттандыратын шешімі болады.

Олай болса, суперпозиция қағидасы бойынша

$$u(x,t) = u_1 + (u_2 - u_1) \frac{x}{L} + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin \frac{k\pi}{L} x e^{-\left(\frac{k\pi a}{L}\right)^2 t}. \quad (19)$$

функциясы да (1) теңдеудің (2) шартты қанағаттандыратын шешімі болады.

Енді (3) бастапқы шарттың орындалуын қарастырайық. (3) шарт бойынша $u(x,0) = f(x)$ болғандықтан, (19) теңдіктен

$$f(x) - u_1 - (u_2 - u_1) \frac{x}{L} = \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin \frac{k\pi}{L} x, \quad 0 < x < L \quad (20)$$

теңдігін аламыз.

Бұл арада мынандай мәселелер туындайды:

(20) теңдік орынды болатындай етіп, B_k коэффициенттерін анықтауға бола ма, егер болса, B_k коэффициенттерін қалай табуға болады?

$F(x) = f(x) - u_1 - (u_2 - u_1) \frac{x}{L}$ функциясы, $F(0) = F(L) = 0$ шартын қанағаттандыратындықтан, ол Стеклов теоремасы [2] бойынша $\chi'' + \lambda^2 \chi = 0$, $\chi(0) = 0$, $\chi(L) = 0$.

Штурм – Лиувиль есебінің $\lambda_1 = \frac{\pi}{L}$, $\lambda_2 = \frac{2\pi}{L}$, ..., $\lambda_k = \frac{k\pi}{L}$, ...

меншікті мәндеріне сәйкес $\sin \frac{\pi}{L} x$, $\sin \frac{2\pi}{L} x$, ..., $\sin \frac{k\pi}{L} x$, ...

меншікті функциялары бойынша Фурье қатарына жіктеледі:

$$F(x) = \sum_{k=1}^{+\infty} C_k \sin \frac{k\pi}{L} x, \quad C_k = \frac{2}{L} \int_0^L F(x) \sin \frac{k\pi}{L} x dx.$$

Олай болса, жіктелінудің жалғыздығы бойынша, (20) теңдікте

$$B_k = C_k = \frac{2}{L} \int_0^L F(x) \sin \frac{k\pi}{L} x dx = \frac{2}{L} \int_0^L \left(f(x) - u_1 - \frac{u_2 - u_1}{L} x \right) \sin \frac{k\pi}{L} x dx \quad (21)$$

болады.

Сонымен, B_k коэффициенттері (21) формула арқылы анықталған (1) – (3) есептің (19) теңдік түріндегі шешімін құрдық.

Мысалдар қарастыралық.

1-мысал.

$$u_t = 1,14 u_{xx} \quad (0 < x < 10, t > 0), \quad u(0,t) = 20, \quad u(10,t) = 80 \quad (t \geq 0),$$

$$u(x,0) = 0,8x^2 \quad (0 \leq x \leq 10)$$

есебінің шешімін құрыңыз.

Шешімі: есептің шарты бойынша

$$a^2 = 1,14, \quad L = 10, \quad u_1 = 20, \quad u_2 = 80, \quad f(x) = 0,8x^2$$

(21) формула бойынша B_k коэффициентін табамыз:

$$B_k = \frac{2}{10} \int_0^{10} (0,8x^2 - 8x) \sin \frac{k\pi}{10} x dx = 320 \frac{(-1)^k - 1}{\pi^3 k^3} = \begin{cases} -\frac{640}{k^3}, & k = 2m-1, \\ 0, & k = 2m, m=1,2,\dots \end{cases}$$

(19) формула бойынша қарастырылып отырған есептің

$$u(x,t) = 8x - \frac{640}{\pi^3} \sum_{m=1}^{+\infty} \frac{1}{(2m-1)^3} \sin \frac{(2m-1)\pi}{10} x e^{-0,0114\pi^2 t}$$

түріндегі шешімін аламыз.

Іс жүзінде соңғы теңдіктің орнына $u(x,t)$ функциясының

$$u(x,t) \approx 8x - \frac{640}{\pi^3} \sum_{m=1}^{+\infty} \frac{1}{(2m-1)^3} \sin \frac{(2m-1)\pi}{10} x e^{-0,0114\pi^2 t}$$

түріндегі қатардың алғашқы бірнеше мәнімен шектелген жуықтауы қолданылады. Бұл арада көңіл аударатын бір жайт, ол $e^{-0,0114\pi^2 t}$ функциясы экспоненциалды кемімелі болғандықтан, t неғұрлым үлкен болса, жуықтаудың дәлдігі солғұрлым жоғары болатындығы.

Келтірілген мысалда біз B_k коэффициентін (21) формуланы пайдаланып таптық. Егер $F(x) = f(x) - u_1 - (u_2 - u_1) \frac{x}{L}$ функциясы $\sin \frac{k\pi}{L} x$ түріндегі функциялардың қосындысы түрінде берілсе, B_k коэффициентін (21) формуладан гөрі (20) формуланы пайдаланып тапқан қолайлы болады. Енді осындай жағдайға бір мысал келтірейік.

2-мысал.

$$u_t = 10u_{xx} \quad (t > 0, 0 < x < 3): u(x,0) = 5 \sin 3\pi x - 2 \sin 7\pi x + x - 2 \quad (0 \leq x \leq 3)$$

$$u(0,t) = -2, \quad (t \geq 0) \quad u(3,t) = 1, \quad (t \geq 0)$$

есепінің шешімін құрыңыз.

Шешімі: есептің шарты бойынша

$$a^2 = 10, \quad L = 3, \quad u_1 = -2, \quad u_2 = 1, \quad f(x) = 5 \sin 3\pi x - 2 \sin 7\pi x + x - 2.$$

B_k коэффициентін анықтаймыз. Біздің есепте

$$F(x) = f(x) - u_1 - (u_2 - u_1) \frac{x}{L} = 5 \sin 3\pi x - 2 \sin 7\pi x + x - 2 + 2 - (1+2) \frac{x}{3} = 5 \sin 3\pi x - 2 \sin 7\pi x \quad \text{функциясы}$$

синустардың қосындысы түрінде жазылғандықтан, B_k коэффициентін (20) теңдікті пайдаланып табу қолайлы болады:

$$5 \sin 3\pi x - 2 \sin 7\pi x = \sum_{k=1}^{+\infty} B_k \sin \frac{k\pi}{3} x.$$

Бұл теңдіктен $k \neq 9; 27$ болғанда $B_k = 0$ болатыны және $B_9 = 5, B_{27} = -2$ екені шығады.

Олай болса, (19) теңдік бойынша қарастырылып отырған есептің шешімі

$$u(x,t) = -2 + x + 5 \sin 3\pi x \cdot e^{-30\pi t} - 2 \sin 7\pi x \cdot e^{-490\pi t} \quad \text{функциясы болады.}$$

Әдебиеттер тізімі

1. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1981. – 512 с.
2. Левитан Б.М. Операторы Штурма-Лиувилля и Дирака / Б.М. Левитан, И.С. Саргсан. – М.: Наука, 1988. – 371 с.

Получено 4.08.2014

УДК 004.913

П.А. Эккерт, Е.М. Турганбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СТАТИСТИКИ**

Качественное образование является основой процветания экономики любого государства. Однако для повышения его качества необходима своевременная оценка текущей ситуации, которая невозможна без реальной информации о состоянии всех составляющих частей образовательной системы страны [1]. Разнородность критериев оценки качества образования приводит к тому, что задача оценки качества формализуется в классе слабо-структурированных задач, для решения которых требуются специальные математические и статистические методы анализа. Для корректного анализа, в свою очередь, необходимо наличие актуальных данных из первоисточников – первичных организаций (детских садов, школ, колледжей, вузов и т.д.) [2].

На территории Республики Казахстан существует множество информационных систем сбора данных образовательной статистики, но ни одна из внедренных информационных систем на сегодняшний день не способна в полной мере соответствовать современным требованиям по сбору и анализу данных [3]. Применение разнородных информационных систем с различными показателями ведет к невозможности оперативного сбора требуемого перечня данных для осуществления анализа и, как следствие этого, оперативной оценки качества образования. Внедрение новой информационной системы, способной охватить все образовательные организации и обладающей достаточным набором характеристик для удовлетворения современных требований по сбору и анализу данных, представляется весьма актуальным. Это позволит решить ряд задач, связанных с своевременностью ввода, а также с однородностью данных. Для корректной работы такой информационной системы необходим полный ввод всех показателей всеми организациями. Поэтому начало работы информационной системы должно осуществляться единовременно во всех организациях образовательной сферы.

Однако в настоящий момент на территории Республики Казахстан существует около 10000 образовательных организаций [4]. Единовременное внедрение информационной системы во всех организациях, с учетом их разнородности и отдаленности, требует колоссальных трудозатрат большого количества квалифицированных специалистов. Таким образом, неотъемлемой частью единой информационной системы мониторинга и оценки качества знаний должна быть возможность интеграции с уже существующими информационными системами.

В связи с вышесказанным, целью данной работы является доработка единой информационной системы образовательной статистики с применением интеграции с уже существующими информационными системами для осуществления анализа и оценки качества образования в Республике Казахстан [5].

Интеграция информационных систем может осуществляться двумя методами:

1. Регламентированный обмен данными посредством защищенных каналов связи с ограниченным числом адаптированных информационных систем - «Закрытая интеграция».

2. Загрузка данных из произвольного количества информационных систем (локальных информационных систем сбора данных образовательной статистики, образовательных порталов, систем социологических исследований и т.д.) посредством определенных протоколов – «Открытая интеграция» [6].

Закрытая интеграция существующих информационных систем образовательной статистики способна решить ряд задач с получением уже имеющихся данных из других статистических информационных систем, но не способна решить проблемы избыточности ввода одного и того же набора данных в локальные информационные системы и в единую информационную систему сбора и анализа данных образовательной статистики.

В связи с этим предлагается смешанный подход: применение возможностей закрытой интеграции единой информационной системы сбора данных образовательной статистики с внедренными в Республике Казахстан системами, а также открытого получения данных из локальных информационных систем и образовательных порталов. Данный метод приведет к снижению трудозатрат первичных организаций на дублирующийся ввод одного и того же набора значений показателей в различные информационные системы, а также к получению необходимых данных для оперативной оценки качества образования (рис. 1).



Рисунок 1 – Интеграция информационных систем

В настоящее время в Республике Казахстан функционирует ряд региональных баз данных образовательной статистики, ведется активное внедрение общереспубликанских информационных систем, в подсистемах которых ведется учет некоторой статистической информации:

- «E-learning» - портал электронного обучения;
- «НОбД» - национальная образовательная база данных (в рамках внедрения проекта электронного обучения «E-learning»);
- «ЕСУВО» - единая система управления высшим образованием;
- «ИАСУР» - информационно-аналитическая система управления развитием.

Для интеграции вышеприведенных систем с единой системой сбора и анализа данных образовательной статистики необходимо наличие средств обмена данными в каждой из систем. Каждая интегрированная информационная система должна иметь возможность быстрого обмена данными в любой момент времени по общим протоколам. Кардинальное изменение данных в одной из информационных систем не должно приводить к изменению протоколов и форматов обмена.

Для реализации данной задачи наиболее целесообразным является применение обмена данными посредством файлов формата XML. Для подтверждения подлинности источника данных целесообразно использование электронно-цифровой подписи (ЭЦП) файлов обмена. Таким образом, каждый участник обмена данными несет ответственность за предоставляемую информацию[7].

Вышеизложенный способ предполагает обмен данными внутри интегрируемых информационных систем, а также получение данных из внешних источников с точным подтверждением автора информации. Данный способ позволяет осуществлять интеграцию множества разнотипных информационных систем в единое целое по принципу модели черного ящика. Это позволяет сохранять уникальные возможности каждой интегрируемой информационной системы при получении необходимых статистических данных.

Национальный удостоверяющий центр в данном случае выступает в качестве сторонней организации, участвующей в процессах установления и проверки подлинности электронно-цифровой подписи. Схема взаимодействия информационных систем с применением ЭЦП представлена на рис. 2.

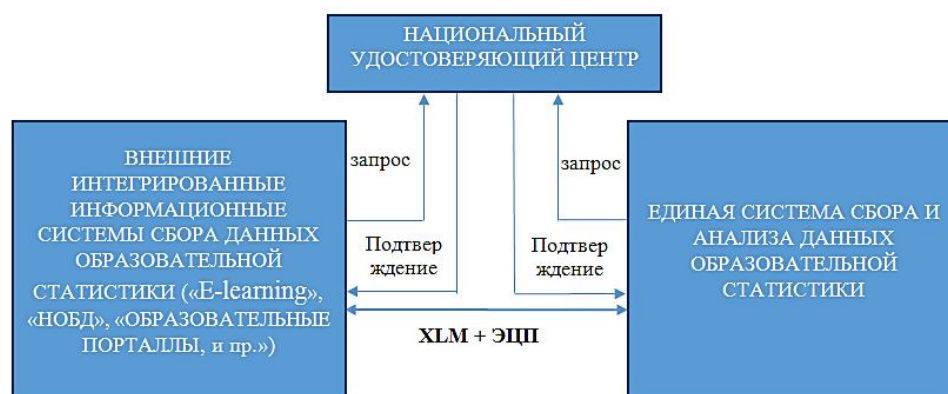


Рисунок 2 – Взаимодействие информационных систем при интеграции

Установка ЭЦП позволяет защитить информацию в файлах данных от несанкционированного изменения и осуществляется за счет дополнительного реквизита электронного документа, полученного в результате криптографического преобразования информации с использованием электронного регистрационного свидетельства и закрытого ключа. После добавления ЭЦП файл обладает юридической достоверностью электронного документа [7].

Таким образом, при обмене информацией посредством подписанных файлов данных производится одновременная передача сразу двух файлов: 1 – файл данных; 2 – файл ЭЦП. Данные файлы сохраняются в течение регламентированного времени на сервере, что позволяет проверить подлинность статистической информации позднее.

Для сопоставления корректности информации достаточно применение повторного чтения данных из файлов XML и сопоставление промежуточных и итоговых результатов с аналогичными результатами в базе данных (рис. 3).

Для осуществления сбора данных из различных информационных систем необходимо жесткое следование классификаторам показателей, применяемых на определенный период. В случае соблюдения требований к классификации показателей, применение метода сложной сводки данных из различных источников для проведения анализа не существенно превышает трудоемкость применения тех же методов в рамках одной информацион-

ной системы. При этом полнота статистической информации прямо пропорциональна соотношению числа респондентов к общему количеству учреждений образовательной деятельности:

$$p_{\text{стат.}} = \frac{V_{\text{респ.}}}{V_{\text{общ.}}}$$

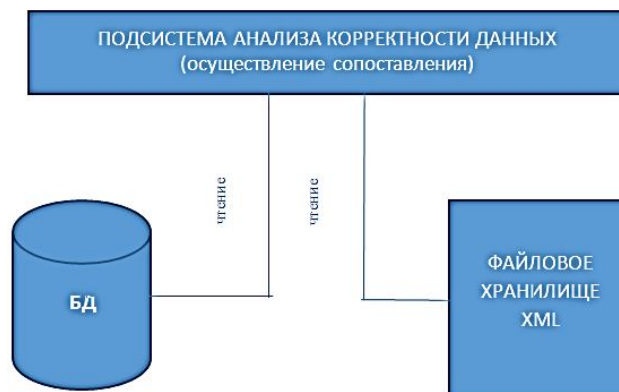


Рисунок 3 – Сверка корректности данных

Таким образом, интеграция информационных систем сбора данных образовательной статистики является наиболее целесообразным способом увеличения полноты данных при минимуме экономических затрат на период внедрения единой системы сбора и анализа данных образовательной статистики.

В ходе выполнения данной работы была спроектирована модель интеграционного взаимодействия образовательных информационных систем с единой системой сбора и анализа данных образовательной статистики, а также рассмотрены ключевые методы сбора образовательной статистики в единую информационную систему сбора и анализа данных. Данный подход является гибким и хорошо масштабируемым, что дает ему большие перспективы дальнейшего развития не только в системе сбора данных образовательной статистики, но и в других глобальных статистических информационных системах.

Список литературы

1. Международная стандартная классификация образования (МСКО). Международные нормативные акты ЮНЕСКО. – М.: ИЦПКПС, 1998.
2. Управление качеством образования в регионе на основе показателей и индикаторов: Сб. инструктивно-методических материалов. – М.: Логос, 2008.
3. Данные национального центра образовательной статистики и оценки РК. – 2013.
4. Национальный доклад о состоянии и развитии системы образования Республики Казахстан. – Астана: Министерство образования и науки РК, 2013.
5. Жумагулов Б.Т. Разработка информационной системы образовательной статистики Республики Казахстан / Б.Т. Жумагулов, Н.М. Темирбеков, Н.Ф. Денисова и др. // Вестник НИА РК. – 2012. – № 2 (44). – С. 75-80.
6. Когаловский М.Р. Методы интеграции данных в информационных системах. – М.: Институт проблем рынка РАН. – 2010. – С. 2-7.
7. Закон РК Об электронном документе и электронной цифровой подписи от 7 янв. 2003 года, № 370-II (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.01.2014 г.).

Получено 17.07.2014

