



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 34
ББК 67
Ф 50

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

Ф 50 «Физико-математические науки и информационные технологии: актуальные проблемы»: материалы международной заочной научно-практической конференции. (11 июня 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 134 с.

ISBN 978-5-4379-0104-5

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

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

ББК 67

ISBN 978-5-4379-0104-5

© НП «Сибирская ассоциация консультантов», 2012 г.

Оглавление

Секция 1. Математика	7
1.1. Теория вероятностей и математическая статистика	7
ЭТАПЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА КОНКРЕТНЫЕ ЦЕЛИ Шепель Вячеслав Николаевич Акимов Сергей Сергеевич	7
1.2. Дискретная математика и математическая кибернетика	12
ОПЕРАЦИИ НАД СЕТЯМИ ПЕТРИ Маслаков Максим Петрович Маслаков Денис Петрович	12
О КЛАССЕ ДИСКРЕТНЫХ ФУНКЦИЙ, ПРИНИМАЮЩИХ НА КАЖДОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗНАЧЕНИЕ, РАВНОЕ ОДНОМУ ИЗ ЕЕ ЧЛЕНОВ Поляков Николай Львович	17
Секция 2. Информационные технологии	27
2.1. Системный анализ, управление и обработка информации	27
МЕТОДЫ ИНТЕГРАЦИИ БАЗ ДАННЫХ ПО СВОЙСТВАМ ВЕЩЕСТВА Еркимбаев Адильбек Омирбекович Жицерман Владимир Юрьевич Кобзев Георгий Анатольевич	27
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ, СВОДИМЫХ К ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СО СТЕПЕНЯМИ ПЕРЕМЕННЫХ ПО МОДУЛЮ НЕ ПРЕВЫШАЮЩИМИ ЕДИНИЦУ Петров Андрей Юрьевич	33

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ КАК ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНЫМИ ОБРЫВАМИ И ВЕТВЛЕНИЯМИ ТРАЕКТОРИЙ Рыбаков Константин Александрович	38
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ЗАДАЧИ «УЧЕТ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ» ИС ОАО «ЗАИНСКИЙ ЗЖБИ») Федотова Наталья Геннадьевна	43
2.2. Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей	48
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ В ОНТОЛОГИИ С АКТИВНОЙ СЕМАНТИКОЙ Данилова Соелма Доржигушаевна Ким Насанбаир Бабудоржиевич	48
АНАЛИЗ ГОРОДА КАК СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Стяпшин Анатолий Александрович	53
РАЗРАБОТКА СОБСТВЕННОГО ПРИКЛАДНОГО ПРОТОКОЛА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО СИСТЕМУ ОБМЕНА ГОЛОСОВЫМИ СООБЩЕНИЯМИ С ОТЛОЖЕННЫМ ЧТЕНИЕМ Хабибулина Татьяна Васильевна Сурменко Сергей Леонидович	58
2.3. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	62
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ЗАДАЧ Микитась Галина Яковлевна Попова Ирина Александровна	62
МОДЕЛЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ОБЛАЧНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЗАРОЖДЕНИЯ И РОСТА ГРАДА Хучунаева Светлана Бузигитовна	73

2.4. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	79
ПРОКСИ-СЕРВЕР КАК СРЕДСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К СОЦИАЛЬНЫМ СЕТЯМ Исекетов Ержан Садыкович Кинцель Дмитрий Александрович	79
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СЕТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ЭНТРОПИЙНОМ АНАЛИЗЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛЕЙ ЗАГОЛОВКОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАКЕТОВ Булахов Николай Георгиевич Спиридонов Александр Алексеевич	83
Секция 3. Физические науки	87
3.1. Кристаллография, физика кристаллов	87
СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУР ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ ТЕЛ С ВЗАИМОПРОНИКАЮЩИМИ ОБОЛОЧКАМИ Рахимов Эльдор Гафурович Телегина Марианна Викторовна Титоров Дмитрий Борисович	87
3.2. Механика жидкости, газа и плазмы	92
ГОРЕНИЕ ПРОПАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ МЕЖДУ ДВУМЯ ЗДАНИЯМИ Хамидуллин Ильдар Раифович	92
3.3. Оптика	97
УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛИКОВ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ОДНОГО РЕЗОНАНСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА И ДВУХ НЕРЕЗОНАНСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СТОЯЧИХ ВОЛН Гарнаева Гузель Ильдаровна Нефедьев Леонид Анатольевич Ахмедшина Екатерина Николаевна Хакимзянова Эльза Ильдаровна	97

3.4. Приборы и методы экспериментальной физики	102
ИССЛЕДОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВОЙ СТРУКТУРЫ КАПЕЛЬНЫХ ЗАРОДЫШЕЙ ГРАДА Хучунаев Бузигит Муссаевич Хучунаева Светлана Бузигитовна Хучунаев Азамат Бузигитович	102
3.5. Теоретическая физика	108
В КАКОМ ЯЩИКЕ НАХОДЯТСЯ ОПЕРАЦИИ СИММЕТРИИ ПРОСТРАНСТВА МИНКОВСКОГО? ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ПЕРВОГО ТИПА Бадретдинов Явит Сафтдинович	108
3.6. Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва	118
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНИНЫ ПОМОЛА ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ФАКЕЛА Бекетаева Меруерт Турганбеккызы Аскарова Алия Сандыбаевна Болегенова Сымбат Алихановна Максимов Валерий Юрьевич Габитова Зарина Хамитовна	118
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ УГЛЕРОД — ИНЕРТНЫЙ МАТЕРИАЛ ПРИ ПОСЛОЙНОЙ ЗАГРУЗКЕ Вагнер Сергей Александрович Салганский Евгений Александрович	126

СЕКЦИЯ 1.

МАТЕМАТИКА

1.1. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

ЭТАПЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА КОНКРЕТНЫЕ ЦЕЛИ

Шепель Вячеслав Николаевич
д-р экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО ОГУ, г. Оренбург

Акимов Сергей Сергеевич
аспирант факультета информационных технологий,
ФГБОУ ВПО ОГУ, г. Оренбург
E-mail: elite17@yandex.ru

Одной из главнейших задач статистики на сегодняшний день — как на основании частных результатов статистического наблюдения за анализируемыми событиями или показателями выявить и описать существующие между ними взаимосвязи. Эта проблема — проблема статистического исследования зависимостей — одно из ключевых понятий современной статистики. Самое частое определение, которое предлагают различные пособия по статистике, звучит как: «Зависимость статистическая — это взаимосвязь двух признаков или величин» [3, с. 384].

Данное определение имеет свои погрешности, не совсем полностью охватывает термин «зависимость». Легко привести примеры зависимости, когда во взаимной увязке оказываются не два, и не три, а четыре, и более показателей.

Таким образом, мы можем предложить свое, более точное определение зависимости, как взаимосвязи двух или более признаков или величин.

Сам процесс исследования зависимостей в статистике очень сильно распылен между различными подходами. Зависимости изучаются, главным образом, с помощью корреляционно-регрессионного, факторного анализа, а также индексного метода. Данную проблематику исследовал целый ряд зарубежных ученых, достаточно вспомнить Г. Пааше, Э. Ласпейреса или Фишера.

Из отечественных ученых хочется выделить таких, как Чернов, Лабутин, Степанов, Саркисян, Мхитарян и, особенно Айвазян.

С.А. Айвазян выделяет семь основных этапов в процессе статистического исследования зависимостей [1, с. 24].

Остановимся на целях исследования. Как правило, выделяют три основных цели исследования:

- установление самого факта наличия (или отсутствия) статистически значимой связи между Y и X ;
- прогноз (восстановление) интересующих нас индивидуальных Y или средних значений $Y_{ср}$ исследуемых результирующих показателей по заданным значениям X соответствующих объясняющих переменных;
- выявление причинных связей между объясняющими переменными X и результирующими показателями Y , частичное управление значениями Y путем регулирования величин объясняющих переменных X [2, с. 47].

Рассмотрим этапы, выделяемые Айвазяном во взаимосвязи с целями исследования. Данная постановка вопроса — определение этапов исследования зависимостей во взаимосвязи с целями исследования уже не раз поднималась многими авторами.

Для начала зададимся первой конечной целью исследования — установим сам факт наличия или отсутствия статистически значимой связи между Y и X .

Первый этап (по Айвазяну) — это постановочный этап, на котором определяются элементарные единицы статистического исследования (или элементарный объект исследования), набор показателей, с обязательным разделением их на «входные» и «выходные», совокупность элементарных объектов исследования, и т. д. Данный этап, разумеется, будет присутствовать при первой конечной цели статистического исследования, и, более того, он будет справедлив вне зависимости от конечной цели исследования.

Второй этап — информационный. Он подразумевает проведение сбора необходимой статистической информации, что дает (в зависимости от ситуации) условия активного или пассивного эксперимента, и в итоге, при завершении второго этапа исследователь располагает исходными статистическими данными.

Данный этап также справедлив для всех типов конечной прикладной цели исследования.

Третий этап — корреляционный анализ. Как мы знаем, корреляционный анализ — это совокупность методов обнаружения корреляционной зависимости между двумя случайными признаками или факторами. Главной целью корреляционного анализа является получение некоторой информации об одной переменной с помощью другой переменной, или, проще говоря, нахождение связи между двумя переменными, то есть частный случай общей задачи исследования зависимостей. Результатом корреляционного анализа является получение коэффициента (коэффициентов) корреляции, который (которые) определяют тесноту (силу) связи между переменными.

Завершение данного этапа дает исследователю ответ на первоначальный вопрос (конечную цель) — есть ли связь между переменными, и какова их теснота, то есть можно ли говорить о статистически значимой связи между Y и X .

Поскольку в понятие корреляционного анализа входит не только вычисление основных параметров корреляционной зависимости по формулам, но и оценка их достоверности, то можно говорить о том, что с завершением данного этапа выполняется конечная цель исследования, а значит, на третьем этапе для первого типа прикладной цели исследование завершается [6, с. 56].

Перейдем ко второй цели.

Согласно С.А. Айвазяну, второй тип конечной прикладной цели исследования — это «...прогноз (восстановление) неизвестных значений интересующих нас неизвестных индивидуальных Y или средних $Y_{\text{ср}}$ значений исследуемых результирующих показателей по заданным значениям X соответствующих объясняющих переменных» [2, с. 49].

То есть если у исследователя возникла необходимость продолжить заданный числовой ряд, то каким образом это выполнить по имеющимся данным?

Как уже рассматривалось выше, первый этап (постановочный) и второй (информационный) имеет место для любого исследования вне зависимости от конечной прикладной цели. То же самое касается и третьего этапа — корреляционного анализа, как мощной математической основы решения задач по исследованию зависимостей.

Перейдем к четвертому этапу — определению класса допустимых решений (параметризации модели). Как известно, главной целью исследователя на этом этапе является определение общего вида, структуры искомой связи между Y и X . По завершению этого этапа исследователь будет располагать некоторой функцией (а, чаще, целым

классом функций определенного вида), которая будет способна описать имеющуюся зависимость математическим языком.

Для того чтобы спрогнозировать, или восстановить неизвестные индивидуальные или средние значения результативных переменных, недостаточно только выделить класс функций. Ведь по завершению четвертого этапа исследователю еще неизвестны конкретные числовые значения параметров — коэффициентов найденной функции. Поэтому имеется необходимость продолжать поэтапное достижение конечной прикладной цели.

Пятый этап — анализ мультиколлинеарности предсказывающих переменных и отбор наиболее информативных из них. Как известно, мультиколлинеарность — это тесная корреляционная взаимосвязь между отбираемыми для анализа факторами, совместно воздействующими на общий результат. Эта связь затрудняет оценивание параметров регрессии в частности, при анализе эконометрической модели [5, с. 241]. Поэтому, для реализации данного этапа, перед исследователем стоит задача устранения (или сведения к минимуму) влияния мультиколлинеарности.

Рассмотрим шестой этап — вычисление оценок неизвестных параметров, входящих в исследуемое уравнение статистической связи. То есть, зная тип функциональной зависимости, исследователь находит такие числовые коэффициенты, которые бы удовлетворяли уравнение функции при заданных значениях X и Y . Таким образом, по завершению шестого этапа исследователь получает уравнение регрессии.

Несмотря на то, что цель достигнута, необходимо добавить еще один этап — анализ точности полученных уравнений связи. Дело в том, что полученная на четвертом этапе функция не строго, а лишь приближенно описывает характер взаимосвязи, так как имеет место не функциональная, а корреляционная зависимость. Анализ точности исследуемых регрессионных моделей достаточно хорошо изучен и оснащен необходимым математическим аппаратом.

По завершению рассмотрения второй прикладной цели, имеет смысл рассмотреть последнюю, третью конечную прикладную цели, которая звучит как выявление причинных связей между объясняющими (входными) переменными X и результирующими (выходными) показателями Y , частичное управление значениями Y путем регулирования величин объясняющих переменных X .

Для начала рассмотрим уже пройденные этапы. Безусловно, для реализации данной цели важны не только постановочный и информационный этапы. Для выявления связи и управления переменными необходим также корреляционный (этап 3) и

регрессионный анализы (этапы 4—7). В некотором смысле, по завершению седьмого этапа решается и поставленная цель, поскольку на руках у исследователя оказывается уравнение зависимости (пусть и не функциональной, но корреляционной), что, во-первых, обуславливает связь между объясняющими и результативными переменными, а, во-вторых, позволяет частично регулировать результативные переменные, подставляя некоторые значения объясняющих переменных (используя, например, метод перебора). Однако здесь следует отметить, что терминология зависимых и независимых переменных отражает лишь математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные отношения [4, с. 3].

Потому имеет смысл выделить еще один — восьмой — этап, который озаглавим как «механизм выявления причинно-следственной связи». Несмотря на то, что большинство исследователей ставят перед собой именно третью цель, ее реализация остается весьма проблематичной, поскольку такая постановка задачи подразумевает исследование самого механизма преобразования объясняющих переменных X в результирующие переменные Y , что далеко не всегда удается сделать.

Проведенное выше описание этапов во взаимосвязи с целями позволяет исследователю искать решение не по универсальной схеме, находя, зачастую, неиспользуемые в дальнейшем параметры, а сразу определить для себя необходимый круг задач, исходя из целей исследования.

Список литературы:

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. Справочное издание, 1985. — 487 с.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Теория вероятностей и прикладная статистика — М.: Юнити-Дана, 2007. — 656 с.
3. Большой Энциклопедический Словарь / под ред. С.М. Снарской, Рипол-Классик / Норинт, 2006. — 2144 с.
4. Буляница А.Л., Курочкин В.Е., Кноп И.С. Методы статистической обработки экологической информации: дискриминантный, корреляционный и регрессионный анализ. Учеб пособие. СПбГУАП. - СПб.: РАН. Ин-т аналитич. приб-я, 2005. — 48 с.
5. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки.— М.: Дело, 2003. — 520 с.
6. Сошникова Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике. Учеб. пособ. для вузов / Под ред. проф. В.Н. Тамашевича. М.: Юнити, 1999. — 138 с.

1.2. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

ОПЕРАЦИИ НАД СЕТЯМИ ПЕТРИ

Маслаков Максим Петрович

соискатель, ассистент СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ

E-mail: kalbash1@mail.ru

Маслаков Денис Петрович

Аспирант, ассистент СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ

E-mail: d-maslakov@mail.ru

Как известно сеть Петри состоит из 4-х элементов: множество позиций P , множество переходов T , входная функция I и выходная функция O . Входная и выходная функции связаны с переходами и позициями. Входная функция I отображает переход t_j в множество позиций $I(t_j)$, называемых входными позициями перехода. Выходная функция O отображает переход t_j в множество позиций $O(t_j)$, называемых выходными позициями перехода.

Структура сети Петри определяется ее позициями, переходами входной и выходной функции.

Определение:

Сеть Петри S является четверкой $S=(P, T, I, O)$, где

$P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ — конечное множество позиций, $n \geq 0$;

$T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ — конечное множество переходов, $m \geq 0$.

Множество позиций и множество переходов не пересекаются, $P \cap T = \emptyset$;

$I: T \rightarrow P^\infty$ есть входная функция — отображение из переходов в комплекты позиций;

$O: T \rightarrow P^\infty$ есть выходная функция — отображение из переходов в комплекты позиций.

Мощность множества P есть число n , а мощность множества T есть число m . Произвольный элемент P обозначается символом $p_i, i=1, \dots, n$, а произвольный элемент T — символом $t_j, j=1, \dots, m$.

Позиция p_i является **входной позицией** перехода t_j в том случае, если $p_i \in I(t_j)$; p_i является **выходной позицией**, если $p_i \in O(t_j)$ [1, с. 101]

Операции над сетями Петри описанные в [3, с. 71]:

1. Конкатенация — последовательная комбинация сетей;

2. Объединение — композиция аналогична объединению множеств;

3. Параллельная композиция — параллельное функционирование сетей;

4. Пересечение — аналогична теоретико-множественному определению пересечения;

В настоящей работе вводится операция, взятия декартова произведения сетей Петри по аналогии с декартовым произведением графов и автоматов, описанная в [2, с. 162].

Для данных сетей Петри $C_1=(P_1, T_1, I_1, O_1)$ и $C_2=(P_2, T_2, I_2, O_2)$ декартовым произведением называется сеть Петри $C=(P, T, I, O)$, где позиции и переходы $C(P)=P_1 \times P_2$ и $C(T)=T_1 \times T_2$ — декартово произведение множеств позиций и переходов исходных сетей, соответственно. А входная и выходная функции — I и O , далее называемая отношение смежности вершин $F=(I,O)$, равная $F=P \times T \cup T \times P$ — задает множество дуг, соединяющих позиции и переходы, причем множества $\{P \times T\} \cap \{T \times P\} = \emptyset$. Дуга f ($P \times T$), соединяющая позицию $P(p_1 p_2)$ с переходом $T(t_1 t_2)$, существует, если существует дуга f_1 ($p_1 t_1$) и дуга f_2 ($p_2 t_2$) в исходных сетях Петри, аналогично, существует дуга f ($T \times P$), соединяющая переход $T(t_1 t_2)$ с позицией $P(p_1 p_2)$, если существует дуга f_1 ($t_1 p_1$) и дуга f_2 ($t_2 p_2$) в исходных сетях Петри.

Пусть заданы две сети Петри $C_1 (P, T, F_1)$ и $C_2 (S, Z, F_2)$ (Рис. 1). Необходимо произвести их декартово произведение.

Множество позиции данных сетей Петри $P=\{P_1, P_2\}$ и $S=\{S_1, S_2, S_3\}$

Множество переходов этих сетей $T=\{t_1, t_2\}$ и $Z=\{z_1, z_2\}$

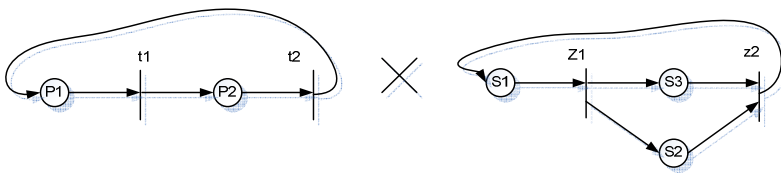


Рисунок 1. Сети Петри $C_1 (P, T, F_1)$ и $C_2 (S, Z, F_2)$

Декартово произведение множеств позиций и переходов:

$$V=P \times S=\{P_1, P_2\} \times \{S_1, S_2, S_3\}=[V_1=\{P_1 S_1\}, V_2=\{P_1 S_2\}, V_3=\{P_1 S_3\}, V_4=\{P_2 S_1\}, V_5=\{P_2 S_2\}, V_6=\{P_2 S_3\}];$$

$$M=T \times Z=\{t_1, t_2\} \times \{z_1, z_2\}=[m_1=\{t_1 z_1\}, m_2=\{t_1 z_2\}, m_3=\{t_2 z_1\}, m_4=\{t_2 z_2\}].$$

Отображение позиций в переходы, входная функция $F(I)$ равна:

$$I(m_1)=F(t_1) \times F(z_1)=\{P_1\} \times \{S_1\}=\{P_1 S_1\}=V_1;$$

$I(m_2) = F(t_1) \times F(z_2) = \{P_1\} \times \{S_2 S_3\} = \{P_1 S_2\}, \{P_1 S_3\} = V_2, V_3;$
 $I(m_3) = F(t_2) \times F(z_1) = \{P_2\} \times \{S_1\} = \{P_2 S_1\} = V_4;$
 $I(m_4) = F(t_2) \times F(z_2) = \{P_2\} \times \{S_2 S_3\} = \{P_2 S_2\}, \{P_2 S_3\} = V_5, V_6;$
 Отображение переходов в позиции, выходная функция $F(O)$ равна:
 $O(m_1) = F(t_1) \times F(z_1) = \{P_2\} \times \{S_2 S_3\} = \{P_2 S_2\}, \{P_2 S_3\} = V_5, V_6;$
 $O(m_2) = F(t_1) \times F(z_2) = \{P_2\} \times \{S_1\} = \{P_2 S_1\} = V_4;$
 $O(m_3) = F(t_2) \times F(z_1) = \{P_1\} \times \{S_2 S_3\} = \{P_1 S_2\}, \{P_1 S_3\} = V_2, V_3;$
 $O(m_4) = F(t_2) \times F(z_2) = \{P_1\} \times \{S_1\} = \{P_1 S_1\} = V_1;$

На основании выше проведенных вычислений получаем сеть Петри, являющуюся произведением $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$ (Рис. 2).

Также рассмотрено матричное представление декартова произведения сетей Петри.

Матрица входной функции сети Петри D^- есть матрица строки которой являются позициями сети, а столбцы переходами сети Петри, на пересечении i -ой строки с j -ым столбцом ставится единица, если i -ая позиция входит в j -ый переход, ноль в противном случае.

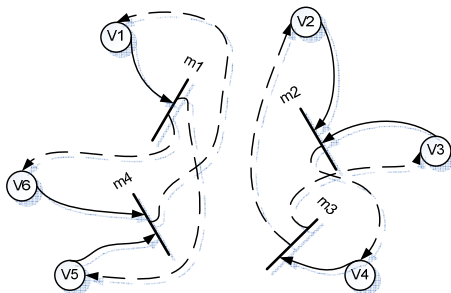


Рисунок 2. Сеть Петри, являющаяся произведением сетей Петри $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$

Матрица выходной функции сети Петри D^+ есть матрица строки которой являются переходами сети, а столбцы позициями сети Петри, на пересечении i -ой строки с j -ым столбцом ставится единица, если i -ый переход входит в j -ую позицию, ноль в противном случае.

Матрица D^- определяет входы в переходы, а D^+ - выходы. Матричная форма представления сети Петри $C(P, T, D^-, D^+)$ эквивалентна стандартной форме представления сетей Петри, но позволяет дать определения сети в терминах векторов и матриц [2, с. 106].

Пусть даны сети Петри $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$ (Рис. 3).

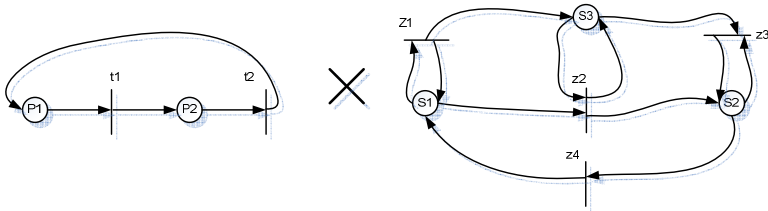


Рисунок 3. Сети Петри $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$

Произведем декартово произведение представленных сетей.

Множество позиции данных сетей Петри $P=\{P_1, P_2\}$ и $S=\{S_1, S_2, S_3\}$

Множество переходов этих сетей $T=\{t_1, t_2\}$ и $Z=\{z_1, z_2, z_3, z_4\}$

Декартово произведение множеств позиций и переходов:

$V=P \times S=\{P_1, P_2\} \times \{S_1, S_2, S_3\}=[V_1=\{P_1S_1\}, V_2=\{P_1S_2\}, V_3=\{P_1S_3\}, V_4=\{P_2S_1\}, V_5=\{P_2S_2\}, V_6=\{P_2S_3\}]$;

$M=T \times Z=\{t_1, t_2\} \times \{z_1, z_2, z_3, z_4\}=[m_1=\{t_1z_1\}, m_2=\{t_1z_2\}, m_3=\{t_1z_3\}, m_4=\{t_1z_4\}, m_5=\{t_2z_1\}, m_6=\{t_2z_2\}, m_7=\{t_2z_3\}, m_8=\{t_2z_4\}]$.

Строим матрицы входной и выходной функций, D^- и D^+ соответственно, для сети Петри $C_1(P, T, F_1)$:

$$D^- = \begin{matrix} & t_1 & t_2 \\ \begin{matrix} P_1 \\ P_2 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix} \quad D^+ = \begin{matrix} & P_1 & P_2 \\ \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \end{matrix}$$

Для сети Петри $C_2(S, Z, F_2)$:

$$D^- = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \end{matrix} \quad D^+ = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 \\ \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} \end{matrix}$$

Теперь строим матрицы D^- и D^+ для $C(V, M, F)$ — произведения двух сетей $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$. Матрицы входной D^- и выходной функций D^+ искомой сети Петри $C(V, M, F)$ получились путем перемножения матриц входной и выходной функции D^- и D^+ сетей Петри $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$, соответственно (Рис. 4).

На основании полученных матриц входной D^- и выходной D^+ функций строим сеть Петри $C(V, M, F)$, являющуюся произведением $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$ (Рис. 5).

	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8		V1	V2	V3	V4	V5	V6
D^-									D^+						
V1=P1S1	1	1	0	0	0	0	0	0	m1=tz1	0	0	0	1	0	1
V2=P1S2	0	0	1	1	0	0	0	0	m2=tz2	0	0	0	0	1	1
V3=P1S3	0	1	1	0	0	0	0	0	m3=tz3	0	0	0	0	1	0
V4=P2S1	0	0	0	0	1	1	0	0	m4=tz4	0	0	0	1	0	0
V5=P2S2	0	0	0	0	0	0	1	1	m5=tz1	1	0	1	0	0	0
V6=P2S3	0	0	0	0	0	0	1	1	m6=tz2	0	1	1	0	0	0
									m7=tz3	0	1	0	0	0	0
									m8=tz4	1	0	0	0	0	0

Рисунок 4. Матрицы входной D^- и выходной функций D^+ искомой сети Петри $C(V, M, F)$

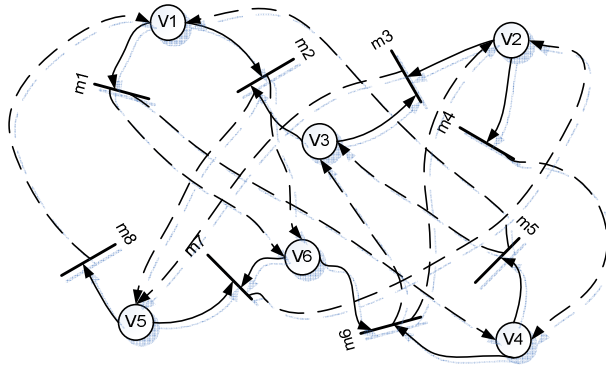


Рисунок 5. Произведение сетей Петри $C_1(P, T, F_1)$ и $C_2(S, Z, F_2)$ (рисунок 3)

Список литературы:

1. Захаров Н.Г., Рогов В.Н. Синтез цифровых автоматов: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2003. - 135 с.
2. Мелихов А.Н. Ориентированные графы и конечные автоматы: монография. М.: Наука, 1971. — 416 с.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. - 264 с.

О КЛАССЕ ДИСКРЕТНЫХ ФУНКЦИЙ, ПРИНИМАЮЩИХ НА КАЖДОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗНАЧЕНИЕ, РАВНОЕ ОДНОМУ ИЗ ЕЕ ЧЛЕНОВ

Поляков Николай Львович

*Ст. преподаватель кафедры «Математика»,
Финансовый Университет при правительстве РФ, г. Москва
E-mail: gelvella@mail.ru*

Введение. В данной работе для каждого конечного множества A изучается множество всех функций f на множестве A от любого конечного количества переменных $n \geq 1$, удовлетворяющих условию

$$\forall x_0 \forall x_1 \dots \forall x_{n-1} \bigvee_{i < n} f(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}) = x_i. \quad (1)$$

Такие множества естественным образом возникают в теории принятия решений (decision theory) при применении предложенного С. Шелахом в [11] клонового подхода к кругу вопросов, связанных с известной теоремой («парадоксом») К. Эрроу (о теореме Эрроу см. [6], [7], [10], [12]). Математический контекст этих вопросов состоит в следующем. Пусть даны непустые конечные множества «участников голосования» V и «альтернатив» A . «Индивидуальной системой предпочтений» каждого участника называется некоторая r -функция выбора на множестве A , где r есть некоторое положительное натуральное число, не превосходящее $|A|$, а под r -функцией выбора понимается произвольная функция c из множества $\mathcal{P}(A, r)$ всех r -элементных подмножеств множества A в множество A , которая удовлетворяет условию $c(B) \in B$ для каждого множества B из своей области определения. Профилем (или r -профилем) участников называется произвольная функция Π из множества V в множество $\mathcal{C}_r(A)$ всех r -функций выбора на множестве A . *Правилом голосования* (или r -правило голосования) называется функция, которая каждому r -профилю Π ставит в соответствие некоторую r -функцию выбора c_Π на множестве A . Последняя называется «коллективной системой предпочтений». Правило голосования называется *простым*, существует такая функция $v: A^{|V|} \rightarrow A$, что для каждого профиля $\Pi = (c_0, c_1, \dots, c_{|V|-1})$ и множества $B \in \mathcal{P}(A, r)$ имеет место равенство

$$c_{\Pi}(B) = \nu(c_0(B), c_1(B), \dots, c_{\nu-1}(B)) \quad (2)$$

Будем в этом случае говорить, что функция ν определяет r -правило голосования (2). Легко заметить, что функции с условием (1) и только они определяют r -правила голосования (2) для каждого натурального числа r . Функции, удовлетворяющие условию (1), будем называть *функциями голосования*, а множество всех функций голосования (от любого числа переменных) на произвольном множестве A , будем обозначать символом $\mathcal{O}(A)$ или просто \mathcal{O} , если контекст не допускает двусмысленности.

Основные определения и обозначения. Элементы декартовой степени A^n , $n < \omega$, произвольного множества A будем отождествлять с последовательностями $(a_0, a_1, \dots, a_{n-1})$, $a_i \in A$, $i < n$, т.е. с функциями $p: n = \{0, 1, \dots, n-1\} \rightarrow A$; поэтому для любой последовательности $p \in A^{<\omega}$ мы употребляем стандартные обозначения $\text{dom } p$ и $\text{ran } p$ соответственно для ее области определения и области значений. Будем использовать обозначение A_m^n для множества $\{p \in A^n : |\text{ran } p| = m\}$.

Для каждого натурального числа n множество всех n -местных функций на множестве A , т.е. всех функций $f: A^n \rightarrow A$, будем обозначать символом $\mathcal{C}_{[n]}(A)$, и положим $\mathcal{C}(A) \hat{=} \bigcup_{n < \omega} \mathcal{C}_{[n]}(A)$. Если контекст не допускает разночтений вместо $\mathcal{C}_{[n]}(A)$ и $\mathcal{C}(A)$ будем писать просто $\mathcal{C}_{[n]}$ и \mathcal{C} . Для краткости для любого множества $\mathcal{F} \subseteq \mathcal{C}$ вместо $\mathcal{F} \cap \mathcal{C}_{[n]}$ будем писать $\mathcal{F}_{[n]}$.

Функция от n переменных, которая ставит в соответствие каждой последовательности $p \in A^n$ элемент $p(i)$ для некоторого фиксированного номера $i < n$, называется n -местной i -ой *проекцией* или *селекторной функцией*. Мы будем обозначать такие функции символами e_i^n или просто e_i , если арность проекции восстанавливается из контекста.

Клоном на множестве A называется любое (функционально) замкнутое подмножество множества $\mathcal{C}(A)$, которое содержит все проекции (о клонах и функционально замкнутых множествах см., например, [2], [4], [5] или [9]). Подчеркнем, что каждое функционально

замкнутое множество вместе с каждой функцией f содержит все функции, которые отличаются от нее только *несущественными переменными*.

В литературе можно найти другие определения понятия "клон". В [1] клоном \mathcal{F} называется любое подмножество множества \mathcal{C} , которое содержит все проекции, и для всех натуральных $m, n < \omega$ вместе с каждой функцией $f(x_0, x_1, \dots, x_{n-1})$ и функциями $f_0(x_0, x_1, \dots, x_{m-1}), f_1(x_0, x_1, \dots, x_{m-1}), f_{n-1}(x_0, x_1, \dots, x_{m-1})$ содержит функцию

$$f(f_0(x_0, x_1, \dots, x_{m-1}), f_1(x_0, x_1, \dots, x_{m-1}), \dots, f_{n-1}(x_0, x_1, \dots, x_{m-1})) \quad (3)$$

Легко проверить, что если дополнительно потребовать, чтобы множество \mathcal{F} вместе с каждой функцией f содержало бы все функции, которые отличаются от функции f только несущественными переменными, то получим определение, эквивалентное данному выше. В настоящей работе мы будем использовать эквивалентность этих определений; функцию (3) мы будем просто обозначать посредством знакосочетания

Подклоном клона \mathcal{F} называется любое подмножество множества \mathcal{F} , которое является клоном. *Ограничением* $\mathcal{F}|_Q$ клона \mathcal{F} на множестве A на множество $Q \subseteq A^{<\omega}$, назовем множество $\bigcup_{n < \omega} \{f|_{(Q \cap A^n)} : f \in \mathcal{F}|_n\}$. Множество A называется *носителем* клона \mathcal{F} . Множество $Q \subseteq A$, для которого ограничение $\mathcal{F}|_{Q^{<\omega}}$ является клоном (т.е. содержит только функции из $\mathcal{C}(Q)$) назовем *подносителем* клона \mathcal{F} и множество всех подносителей клона \mathcal{F} обозначим символом $\text{ssup}(\mathcal{F})$. Минимальный по включению клон \mathcal{F} на множестве A , содержащий все функции из некоторого множества $\mathcal{H} \subseteq \mathcal{C}(A)$ называется *порожденным* множеством \mathcal{H} (или функциями из \mathcal{H}). *Изоморфизмом* α клонов \mathcal{F} и \mathcal{G} на множествах A и B соответственно будем называть такую биекцию $\alpha: A \rightarrow B$, что алгебраические структуры $(A; \mathcal{F})$ и $(B; \mathcal{G})$ являются моделями некоторой сигнатуры L , и α есть изоморфизм этих структур. Клоны на двухэлементных множествах (каждый из которых изоморфен некоторому постовскому классу) мы будем называть *бинарными*. Постовскую классификацию и элементарные свойства бинарных функций (см. [3], [8]) мы будем использовать без специальных ссылок.

Клон функций голосования на конечном множестве. Легко

проверить, что множество $\mathcal{O}(A)$ всех функций голосования на любом множестве A замкнуто относительно постовских операций и содержит все селекторные функции, т.е. является клонем. Каждый поклон множества $\mathcal{O}(A)$ будем называть *клонем голосования*. Если множество A есть $\{0,1\}$, то клон $\mathcal{O}(A)$ в точности является постовским классом C_4 булевых функций, *сохраняющих 0 и 1*. Этот класс порождается множеством функций $\{x_0 \vee x_1 \overline{x_2}, x_0 x_1\}$ и содержит счетное число неизоморфных подклассов. Таким образом, каждый бинарный клон голосования изоморфен некоторому подклассу класса C_4 . Множество всех таких подклассов, описанное Постом, среди прочего, в [8], обозначим символом C_4^* .

Для любого множества $U \subseteq A$ ограничение $\mathcal{F}|_{U^{<\omega}}$ клона голосования \mathcal{F} на множестве A на множество $U^{<\omega}$ является клонем голосования на множестве U (т.е. $\text{ssup}(\mathcal{F}) = \mathcal{P}(A)$). Для каждого клона голосования \mathcal{F} на множестве A его *бинарным следом* $P_{\mathcal{F}}$ будем называть такую функцию из множества $\mathcal{P}(A, 2)$ всех двухэлементных подмножеств множества A в множество C_4^* , что клоны $P_{\mathcal{F}}(U)$ и $\mathcal{F}|_{U^{<\omega}}$ изоморфны. Для определенности будем считать, что в множестве C_4^* зафиксировано некоторое максимальное по включению подмножество \widehat{C}_4^* попарно неизоморфных классов, и значение функции $P_{\mathcal{F}}(U)$ принадлежит \widehat{C}_4^* для всех клонов голосования $\mathcal{F}(A)$ и двухэлементных множеств $U \subseteq A$. Легко проверить, что в этом случае постовский класс $P_{\mathcal{F}}(U)$ однозначно определяет клон $\mathcal{F}|_{U^{<\omega}}$. Для каждого двухэлементного множества $U \subseteq A$ и постовского класса $P \in \widehat{C}_4^*$ обозначим изоморфный ему клон с носителем U символом $P(U)$.

Пусть \mathbb{U} — некоторое подмножество множества $\mathcal{P}(A)$ всех подмножеств множества A , и для каждого $U \in \mathbb{U}$ определен клон голосования $\mathcal{F}(U)$ на множестве U , причем для всех множеств $U, V \in \mathbb{U}$

$$\mathcal{F}(U)|_{(U \cap V)^{<\omega}} = \mathcal{F}(V)|_{(U \cap V)^{<\omega}}. \quad (8)$$

Тогда множество всех функций $f \in \mathcal{O}(A)$, таких, что для любого

множества $U \in \mathbb{U}$ ограничение $f|_{U < \omega}$ принадлежит клону $\mathcal{F}(U)$, является клоном голосования на множестве A . Такой клон мы будем называть *свободной склейкой* семейства клонов $\langle \mathcal{F}(U) : U \in \mathbb{U} \rangle$. Заметим, что если семейство \mathbb{U} состоит из не более чем двухэлементных множеств, условие (4) выполняется автоматически, что доказывает следующее

Предложение. *Для любого множества A , $|A| \geq 2$, и функции $P : \mathcal{P}(A, 2) \rightarrow C_4^*$ определена свободная склейка \mathcal{F}_P семейства клонов $\langle P(U) : U \in \mathcal{P}(A, 2) \rangle$. Для любого клона голосования \mathcal{F} имеет место включение $\mathcal{F} \subseteq \mathcal{F}_{P_{\mathcal{F}}}$.*

Оказывается, для любого множества A , $|A| \geq 2$, множество всех свободных склеек семейств $\langle P(U) : U \in \mathcal{P}(A, 2) \rangle$ допускает несложное описание. Следующее условие для клона \mathcal{F} на множестве A будем обозначать

SEP₂: *для любых последовательностей $p, q \in A_2^2$ с различными областями значений и элементов $a \in \text{ran } p$ и $b \in \text{ran } q$ существует такая функция $w \in \mathcal{F}_{[2]}$, что $w(p) = a$, $w(q) = b$.*

Теорема 1. *Пусть дано конечное множество A мощности $n \geq 2$. Тогда любой клон голосования \mathcal{F} на множестве A удовлетворяет условию SEP₂ тогда и только тогда, когда он является свободной склейкой некоторого семейства бинарных клонов $\langle P(U) : U \in \mathcal{P}(A, 2) \rangle$.*

Доказательство. В сторону «только тогда» теорема очевидна. Будем доказывать теорему в другую сторону. Для каждого натурального числа $l \geq 1$ функцию $f \in \mathcal{O}(A)_{|l|}$ будем называть *допустимой* на множестве $Q' \subseteq A^l$, если для каждого множества $U \in \mathcal{P}(A, 2)$ существует такая функция $g \in \mathcal{F}$, что ограничения функций f и g на множество $Q' \cap U^l$ совпадают.

Индукцией по мощности множества Q' докажем, что для любой допустимой на множестве $Q' \subseteq A^l$ функции f клон \mathcal{F} содержит такую функцию f^* , что $f^*|_{Q'} = f|_{Q'}$. (из чего теорема немедленно

следует в другую сторону).

Если $|Q'|=1$, в качестве функции f^* можно взять некоторую селекторную функцию. Пусть $|Q'|\geq 2$, и утверждение доказано для всех множеств Q'' меньшей мощности. Выберем произвольную допустимую на множестве Q' функцию $f: A^l \rightarrow A$. Очевидно, она допустима и на любом подмножестве множества Q' . Для любой последовательности $q \in Q'$ и любого элемента $a \in \text{ran } q$ обозначим символом $f_{q,a}$ некоторую фиксированную функцию из множества A^l в множество A , которая принимает значение a на последовательности q и совпадает с функцией f на множестве $Q' \setminus \{q\}$. Предположим, что существует функция $f_{q,a}$, которая не допустима на множестве Q' . Тогда $f(q) \neq a$ и существует такое множество $U \in \mathcal{P}(A, 2)$, что $q \in U^l$ и любая функция $g \in \mathcal{F}$, которая совпадает с функцией $f_{q,a}$ (а, следовательно, с функцией f) на множестве $(Q' \setminus \{q\}) \cap U^l$, принимает на последовательности q значение, отличное от a , т. е. $f(q)$. По предположению индукции клон \mathcal{F} содержит функцию, которая совпадает с функцией $f_{q,a}$ (и функцией f) на множестве $Q' \setminus \{q\}$. Следовательно, эта функция совпадает с функцией f и на множестве Q' , что доказывает шаг индукции в этом случае.

Пусть теперь любая функция $f_{q,a}$ допустима на множестве Q' и, следовательно, для каждой последовательности $p \in Q' \setminus \{q\}$ по предположению индукции клон \mathcal{F} содержит функцию $f_{p,q,a}$, которая совпадает с функцией $f_{q,a}$ на множестве $Q' \setminus \{p\}$. Зафиксируем некоторое семейство $\langle f_{p,q,a} : p, q \in Q', p \neq q, a \in \text{ran } q \rangle$ и построим функцию f^* с требуемыми свойствами.

Если для некоторой пары (p, q) различных последовательностей из Q' существует такая функция $f_{p,q,f(q)}$ из зафиксированного семейства, что $f_{p,q,f(q)}(p) = f(p)$, то можно положить $f^* = f_{p,q,f(q)}$.

Предположим, что таких функций не существует. Заметим, что для всякой функции $w \in \mathcal{F}$ функция $w(f_{q,p,a}, f_{p,q,b})$ совпадает с функцией f на множестве $Q' \setminus \{p, q\}$ (это следует из того, что каждая функция $w \in \mathcal{F}_{[2]}$, очевидно, удовлетворяет условию $w(x, x) = x$).

Случай 1: существуют такие последовательности $p, q \in Q'$, что для некоторых элементов $a, b, c, d \in A$ имеют место равенства и неравенство

$$f(p) = a, f(q) = b, f_{p,q,b}(p) = c, f_{q,p,a}(q) = d \text{ и } \text{ran}(a, c) \neq \text{ran}(b, d).$$

Тогда можно положить $f^* = w_0(f_{q,p,a}, f_{p,q,b})$, где функция $w_0 \in \mathcal{F}$ такова, что: $w_0(a, c) = a$ и $w_0(d, b) = b$.

Случай 2: существуют такие последовательности $p, q \in Q'$, что для некоторых элементов $a, b, c, d, u, v \in A$ имеют место равенства и включение

$$f(p) = a, f(q) = b, f_{p,q,b}(p) = c, f_{q,p,a}(q) = d, \\ f_{q,p,u}(q) = v \text{ и } u \in \text{ran } p \setminus \text{ran } q.$$

Тогда можно положить $f^* = w_0(f_{q,p,a}, w_1(f_{p,q,b}, f_{q,p,u}))$, где функции $w_0, w_1 \in \mathcal{F}$ таковы, что

$$w_0(a, u) = a, w_0(d, b) = b, w_1(c, u) = u \text{ и } w_1(b, v) = b.$$

Случай 3: случаи 1-2 не выполнены. Из невыполненности случая 2 следует, что $\text{ran } p = \text{ran } q$ для любых последовательностей $p, q \in Q'$. Обозначим множество $\text{ran } p$, $p \in Q'$, символом O .

Подслучай 3.1: $|O| \leq 2$. Противоречит допустимости функции f .

Подслучай 3.2: $|O| \geq 3$ и существуют такие элементы $p, q \in Q'$, что $f(p) = f(q) = a$ для некоторого элемента $a \in A$. Из невыполненности случая 1 следует, что $f_{p,q,a}(p) = f_{q,p,a}(q) = b$ для некоторого элемента $b \in A \setminus \{a\}$. Выберем элемент $c \in \text{ran } p \setminus \{a, b\}$, и пусть $f_{q,p,c}(q) = d$.

Тогда можно положить $f^* = w_0(f_{q,p,a}, w_1(f_{p,q,a}, f_{q,p,c}))$, где функции $w_0, w_1 \in \mathcal{F}$ таковы, что

$$w_0(a, c) = w_0(b, a) = a, w_1(b, c) = c \text{ и } w_1(a, d) = a.$$

Подслучай 3.3: $|O| \geq 3$, и $f(p) \neq f(q)$ для всех элементов $p, q \in Q'$. Если множество Q' состоит ровно из двух различных последовательностей p и q , существует такая селекторная функция $e \in H$, что $e(p) \neq e(q)$. Пусть $f(p) = a$, $f(q) = b \neq a$, $h(p) = c$, $h(q) = d \neq c$. Из невыполненности случая 1 следует, что для любых функций $f_{q,p,a}$ и $f_{p,q,b}$ имеют место равенства $f_{q,p,a}(q) = a$ и $f_{p,q,b}(p) = b$. Тогда можно положить $f^* = w_1(f_{q,p,a}, w_0(f_{p,q,b}, e))$, где функции $w_0, w_1 \in \mathcal{F}$ таковы, что

$$w_0(b, c) = c, w_0(b, d) = b, w_1(a, c) = a \text{ и } w_1(a, b) = b.$$

Пусть теперь $|Q'| \geq 3$. Выберем различные последовательности $p, q, r \in Q'$ и элементы $a, b, c \in A$, для которых

$$f(p) = a, h(q) = b, h(r) = c \text{ и } |\text{gap}(a, b, c)| = 3.$$

Как было отмечено в начале доказательства, функции $f_{p,b}$ и $f_{q,c}$ допустимы на множестве Q' . Согласно подслучаю 3.2 существуют функции $g_{p,b}, g_{q,c} \in \mathcal{F}$, которые на множестве Q' соответственно совпадают с функциями $f_{p,b}$ и $f_{q,c}$. Тогда можно положить $f^* = w_0(g_{p,b}, g_{q,c})$, где функция $w_0 \in \mathcal{F}$ такова, что

$$w_0(a, b) = b \text{ и } w_0(c, b) = c.$$

Теорема доказана.

Следствие 1. Для любого конечного множества A клон $\mathcal{O}(A)$ порождается функциями от не более чем трех переменных, причем функцию от трех переменных достаточно взять одну.

Доказательство. Легко проверить, что клон $\mathcal{O}(A)$ есть свободная склейка такого семейства бинарных клонов $\langle P(U) : U \in \mathcal{P}(A, 2) \rangle$, что $P(U) = C_4$ для всех множеств $U \in \mathcal{P}(A, 2)$. Для каждого двухэлементного множества $U \subseteq A$ зафиксируем некоторую биекцию $\sigma_U : U \rightarrow \{0, 1\}$. Рассмотрим клон \mathcal{F}_0 , порожденный всеми функциями голосования от двух переменных и любой трехместной функцией $t_A \in \mathcal{O}(A)$, которая на любой последовательности $p \in A_2^3$ принимает значение $\sigma_U^{-1} t \sigma_U$, где

$U = \text{ran } p$ и $t(x_0, x_1, x_2) = x_0 \vee x_1 \overline{x_2}$. Заметим, что среди функций голосования от двух переменных содержится некоторая функция $\&_A$, которая на любой последовательности $p \in A_2^2$ равна $\sigma_U^{-1} \& \sigma_U$, где $U = \text{ran } a$, а символом $\&$ обозначена бинарная конъюнкция. Поскольку множество $\{t(x_0, x_1, x_2), x_0 \& x_1\}$ порождает класс C_4 , для каждого двухэлементного множества $U \subseteq A$ клон $\mathcal{F}|_{U^{<\omega}}$ содержит все функции голосования на $U^{<\omega}$. Кроме того, клон \mathcal{F}_0 , очевидно, удовлетворяет условию SEP_2 . Поэтому по теореме 1 он совпадает с множеством $\mathcal{O}(A)$. Следствие доказано.

Заметим, что, очевидно, функций только от двух переменных недостаточно для порождения всего множества $\mathcal{O}(A)$ уже при $|A| = 2$.

Для каждого действительного числа x символом $\lceil x \rceil$ обозначается наименьшее натуральное число, большее или равное x .

Следствие 2. *Для любого конечного множества A множество $\mathcal{O}(A)$ порождается одной функцией от не более чем $3 + \lceil \log_2 \lceil \log_2 4n^2 \rceil \rceil$ переменных.*

Доказательство. Зафиксируем опять некоторую биекцию $\sigma_U : U \rightarrow \{0, 1\}$ для каждого двухэлементного множества $U \subseteq A$. Легко проверить, что существует множество функций $M \subseteq \mathcal{O}_2(A)$ мощности не более $\lceil \log_2 n^2 \rceil$, которое содержит определенную в доказательстве следствия 1 функцию $\&_A$ и для любых двух последовательностей $p, q \in A_2^2$ с несовпадающими областями значения содержит функцию $g_{p,q}$, для которой либо $g_{p,q}(p) = p(0)$ и $g_{p,q}(q) = q(1)$, либо $g_{p,q}(p) = p(1)$ и $g_{p,q}(q) = q(0)$. Положим $m = \lceil \log_2 \lceil \log_2 4n^2 \rceil \rceil$ и поставим в инъективное соответствие каждой функции $f \in M$ некоторую последовательность $\tau_f : m \rightarrow \{0, 1\}$, не равную тождественно нулю или единице. Рассмотрим такую функцию $w \in \mathcal{O}_{m+3}(A)$, что $w(x_{\tau_f(0)}, x_{\tau_f(1)}, \dots, x_{\tau_f(m-1)}, x_0, x_0, x_0) = f(x_0, x_1)$ для всех функций

$f \in M$, а $w(x_0, x_0, \dots, x_0, x_0, x_1, x_2)$ совпадает с определенной в доказательстве следствия 1 функцией $t_A(x_0, x_1, x_2)$. Пусть \mathcal{F}_w — клон, порожденный функцией w . Очевидно, любое его ограничение $\mathcal{F}_w|_{U < \omega}$, $U \in \mathcal{P}(A, 2)$, изоморфно постовскому классу C_4 . Кроме того, можно заметить, что клон \mathcal{F}_w содержит трехместную функцию l_A , которая на любой последовательности $a = (x_0, x_1, x_2) \in A_2^3$ принимает значение $\sigma_U^{-1}(\sigma_U x_0 \oplus \sigma_U x_1 \oplus \sigma_U x_2)$, где $U = \text{ran } a$, а символ \oplus означает сложение по модулю два. Покажем, что клон \mathcal{F}_w удовлетворяет условию SEP_2 . Достаточно показать, что для каждого натурального числа $i < 2$ клон \mathcal{F}_w содержит функцию f , для которой $f(p) = p(i)$ и $f(q) = q(1-i)$. Но для одного из номеров i такой функцией f является функция $g_{p,q}$, а для другого функция $l_A(x_0, x_1, g_{p,q}(x_0, x_1))$. Теперь по теореме 1 получаем равенство $\mathcal{F}_w = \mathcal{O}(A)$. Следствие доказано.

Список литературы:

1. Кон П. Универсальная алгебра. — М.: «МИР», 1968. — 352 с.
2. Мальцев А.И. Итеративные алгебры и многообразия Поста // Алгебра и логика. Семинар 5. — 1966. — Т. 5, вып. 2. — С. 5—24.
3. Марченков С.С. Замкнутые классы булевых функций. — М.: Физматлит, 2000. — 128 с.
4. Марченков С.С. Функциональные системы с операцией суперпозиции. — М.: Физматлит, 2004. — 104 с.
5. Яблонский С.В. Функциональные построения в k -значной логике. Сборник статей по математической логике и ее приложениям к некоторым вопросам кибернетики // Тр. МИАН СССР, вып. 51. — 1958. — С. 5—142.
6. Arrow, K. A Difficulty in the Concept of Social Welfare // Journal of Political Economy. № 58. 1950. P. 328—346
7. Fishburn P. The Theory of Social Choice. Princeton University Press, 1973.
8. Post, E.L., The Two-Valued Iterative Systems of Mathematical Logic. — Princeton University Press, 1941.
9. Rosenberg I.G. La structure des fonctions de plusieurs variables sur un ensemble fini // C.R. Acad. Sci. Paris. Ser. A.B. 1965. V. 260. P. 3817—3819.
10. Rubinstein A., Fishburn P. Algebraic aggregation theory // J. Econom. Theory. 1986. № 38. P. 63—77.
11. Shelah S. On the Arrow property // Advances in Applied Mathematics. 2005. № 34. P. 217—251.
12. Shelah S. What majority decisions are possible // Discrete Mathematics. 2009. № 309. P. 2349—2364.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

МЕТОДЫ ИНТЕГРАЦИИ БАЗ ДАННЫХ ПО СВОЙСТВАМ ВЕЩЕСТВА

Еркимбаев Адильбек Омирбекович

канд. техн. наук, зав. ИВЦ, ОИВТ РАН, г. Москва

E-mail: adilbek@ihed.ras.ru

Зицерман Владимир Юрьевич

канд. физ.-мат. наук, зав. Лаб., ОИВТ РАН, г. Москва

E-mail: vz1941@mail.ru

Кобзев Георгий Анатольевич

д-р физ.-мат. наук, зав.отд., ОИВТ РАН, г. Москва

E-mail: gkbz@mail.ru

В самом общем виде под интеграцией баз данных (БД) понимается их соединение путем единого представления, включая возможности извлечения информации по запросу пользователя. Интеграция означает поддержку данных из неоднородных источников, позволяя решить множество проблем: различия в моделях данных, структурную и семантическую неоднородность, различия в методах доступа и пр. При распространении методов интеграции на сферу науки наиболее удачным оказался выбор тематики **свойства вещества** в качестве предметной области. С одной стороны, создание фондов численных данных по свойствам веществ и материалов издавна является одним из ключевых результатов естественнонаучных исследований, что определяет спрос на соответствующие технологии. С другой стороны, по самому генезису эти данные наилучшим образом соответствуют типовым концепциям БД, что делает проблему их

интеграции относительно прозрачной. Ключевым является принятое допущение о достаточном уровне интеграции. Например, простейшее решение — консолидация ресурсов на уровне интерфейса без логической или семантической связи, наиболее дешевый и доступный в реализации способ их интеграции. Близок к этому способу и другой — интеграция на уровне внешних ссылок, когда в БД вводятся дополнительные поля, хранящие гиперссылки на другие БД. Оба способа, облегчая работу в неоднородной среде, исключают построение структурированных запросов, или применение аналитических приложений. Для этих целей требуется более глубокий уровень интеграции, включающий согласование структуры и семантики БД, при общей информационной модели и словаре основных понятий.

В качестве интегрирующей модели данных уже давно используется стандарт XML. В отличие от HTML, он создан для описания, а не отображения данных, адекватно передавая их структуру и семантику. После преобразования неоднородных данных в формат XML-документа, последний становится доступным для различных типов программных средств. Во множестве дисциплин появились собственные версии XML со своими словарями, средствами поддержки в виде настраиваемых браузеров и программ, реализующих графические представления, вычислительные сервисы и проч [1]. Созданы десятки таких версий, из которых, по крайней мере, две (ThermoML и MatML) оказались достаточно успешны при распространении и обмене данными по свойствам в термодинамике и материаловедении. В определенной степени этот успех связан с тем, что ключевые данные в обеих областях имеют относительно простую структуру: объекту с характерным для него именем (или набором имен) приписывается некоторый набор свойств в виде констант или одномерных таблиц.

Несмотря на возможности XML как стандарта при обмене научными данными, эта технология далека от того уровня интеграции, который был «задуман» в концепции *Semantic WEB* [7]. Задача *Semantic WEB* — внедрить в интернет-страницы описания, которые понятны компьютерам, что в перспективе и обеспечит самый глубокий уровень семантической интеграции. Концепция базировалась на технологиях, которые позволяли раздельно представлять синтаксис и семантику документа. На момент публикации были созданы язык XML и система описания ресурсов (*Resource Description Framework, RDF*). Язык XML позволяет создавать свои собственные тэги, снабжающие документы произвольной структурой. Ее синтаксис выражается посредством RDF, который кодирует структуру с помощью множества триплетов, каждый из которых формализует утверждение о том, что нечто имеет определенное отношение с некоторым определенным

значением. Подлинным ядром Semantic Web является **онтология** - система понятий предметной области, которая представлена как набор сущностей, соединенных различными отношениями. Именно онтология представляет знания в виде формальной структуры, доступной для компьютерной обработки. С помощью OWL (Web Ontology Language) эксперты предметной области могут создавать, модифицировать и соединять различные онтологии. При этом язык OWL строится на основании RDF, который сам по себе строится на синтаксисе XML. RDF и OWL дают возможность создавать классы, свойства и отдельные экземпляры. Таким образом, технология Semantic Web обеспечивает интеграцию ресурсов в виде онтологии предметной области, задача которой описать концепции и соотношения среди концепций.

Применительно к данным о свойствах вещества есть несколько удачных примеров использования онтологического моделирования. Они относятся к материаловедению, где многообразие типов данных и богатство словарей проявляются наиболее ярко. Среди таких примеров база знаний PLINIUS, оперирующая данными по свойствам керамики [9], онтологическое описание ползучести конструкционных материалов [5], система MatONT [8], спроектированная для поддержки исследований по новым материалам. Той же цели, но с охватом промышленных изделий, наряду с материалами, служит стандарт ISO 10303-235: **“Engineering properties for product design and verification”**, включающий единую информационную модель для определения семантики и синтаксиса представления и единый словарь для определения смысла данных.

В общем виде технология онтологического описания данных по свойствам сформулирована в работе [6]. Автор обращается к концепции **Semantic Web**, используя слоистую структуру со стандартизованными процедурами перехода от нижнего слоя к верхнему: XML в нижнем слое для определения схемы данных, RDF в среднем слое для определения метаданных, и OWL в верхнем слое для представления онтологий. В сравнении с MatML, подобная структура способна обеспечить более высокий уровень стандартизации, формализующей определение свойств, методов обработки и использования.

Онтология «свойства материалов» включает 7 онтологий (табл. 1), из которых базовые дают определения терминов, названий и словарей, представляющих концепции для каждой из областей. Пример таксономии классов для самих материалов и их свойств дают рис. 1, 2. Две другие онтологии («процесс» и «окружение») дают описания методов производства и измерения и характеристик среды.

Таблица 1.

Общий состав онтологии для описания материалов

Базовые онтологии	Информация по материалу	Вспомогательные онтологии
Вещество		Единицы измерения
Процесс		Физические константы
Свойство		
Окружение		



Рис. 1. Фрагмент базовой онтологии «вещество»

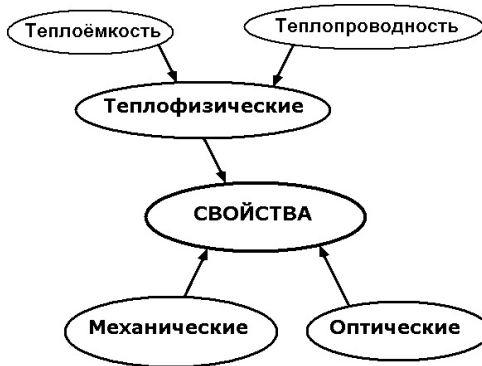


Рис. 2. Фрагмент базовой онтологии «свойство»

Сверх четырех базовых, в общую онтологию включена «информация по материалу», детализирующая сведения по конкретному объекту, и вспомогательные онтологии, определяющие общенаучные концепции.

Предложенная онтология по материалам прошла тестирование на типовой процедуре обмена данными — среди группы разнородных БД, содержащих информацию по теплофизическим свойствам. Процедура сводится к конверсии логической структуры каждой из БД в единую структуру, предусмотренную онтологией. Таким образом, каждая из реляционных БД по свойствам может экспортировать данные в едином формате, пригодном как для обмена, так и для долгосрочной архивации. Онтология по материалам предоставляет общие для всех ресурсов термины и нотации для манипуляции данными и знаниями. Еще один компонент онтологии — цифровая библиотека уравнений, записанных на MathML, языке математической разметки. Все компоненты онтологии используют общий формат данных (XML) и могут быть размещены в сети интернет.

Анализ проблем с интеграцией БД выявляет интересное противоречие — богатые возможности технологий при достаточно редком их использовании в практической работе с данными по свойствам. Похожая ситуация рассматривалась ранее авторами [2], где было показано, что новые технологии слабо востребованы при работе с данными по свойствам, а большинство центров по подготовке данных ориентируются на традиционные методы.

Ведущую роль, по-видимому, играют традиции, сложившиеся в естественнонаучных коллективах и отсутствие столь же значительных инвестиций, как в мире бизнеса, где инициируется создание новых технологий. В полной мере это относится и к проблеме интеграции ИР — подавляющее число возможных приложений относится к сфере бизнеса и производства. Даже, упомянутый выше стандарт **ISO 10303-235** ориентирован преимущественно на промышленные изделия, включая данные по свойствам лишь как фрагмент общей информационной модели. Тем не менее, объективные потребности в интеграции ресурсов по свойствам вещества настолько существенны, что миграция соответствующих технологий в естественнонаучную среду становится вопросом времени. Ярким примером проникновения идеологии и методов интеграции в практическую работу исследователей является онтология «количественная спектроскопия», применяемая при обработке информации из разнородных БД, где представлены результаты решений прямой и обратной задачи для молекул, представляющих особый интерес в физике атмосферы (H_2O , CO_2 , NH_3 , H_2S) [3, 4]. Существенно, что весь требуемый арсенал технологий и инструментов интеграции БД создан и вполне доступен разработчикам. Рассматривая тематику

«свойства вещества» как соответствующий полигон, можно уже в ближайшее время обеспечить выработку соответствующих стандартов интеграции множества БД, разработанных и действующих в отечественной науке.

Список литературы:

1. Еркимбаев А.О., Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А. Версии языка XML в задачах хранения и распространения научных данных// Сборник трудов Всероссийской научной школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов, "Интеллектуализация информационного поиска, скантехнологии и электронные библиотеки". Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. — 2011. - С. 52—58
2. Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А., Фокин Л.Р. Возможности и перспективы информационных технологий в подготовке и распространении справочных данных: свойства веществ и материалов.// НТИ. Сер. 1. — 2004. - № 2. - С. 7—14.
3. Привезенцев А.И., Фазлиев А.З. Базы знаний для описания информационных ресурсов в молекулярной спектроскопии. 1. Основные понятия // Электронные библиотеки. — 2011. - № 1.
4. Привезенцев А.И., Фазлиев А.З. Базы знаний для описания информационных ресурсов в молекулярной спектроскопии. 2. Модель данных в количественной спектроскопии // Электронные библиотеки. — 2011. - № 2.
5. Ashino T., Fujita M. Definition of Web Ontology for Design-Oriented Material Selection// Data Science Journal. 2006. - V. 5. - P. 52—63.
6. Ashino T. Materials ontology: an infrastructure for exchange materials information and knowledge // Data Science Journal. 2010.- V. 9. P. 54—61.
7. Berners-Lee T., Hendler J., & Lassila O. The Semantic Web// Scientific American. 2001.- V. 284(5).- P. 35—43.
8. Cheung K., Drennan J., & Hunter J. Towards an Ontology for Data-driven Discovery of New Materials // AAAI Workshop on Semantic Scientific Knowledge Integration, 2008, Stanford University. — P. 26-28.
9. Van der Vet P. E., Speel P.-H., & Mars N.J.I. Ontologies for very large knowledge bases in materials science: A case study // The Second International Conference on Building and Sharing Very Large-Scale Knowledge Bases, 1995, University of Twente, 73—83.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ, СВОДИМЫХ К ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СО СТЕПЕНЯМИ ПЕРЕМЕННЫХ ПО МОДУЛЮ НЕ ПРЕВЫШАЮЩИМИ ЕДИНИЦУ

Петров Андрей Юрьевич

*аспирант, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), г. Владикавказ*

E-mail: Andrey.Y.Petrov@gmail.com

Существует множество систем управления и обработки информации, особенности функционирования которых формально могут быть представлены математической моделью следующего вида:

$$y = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} a_i x^i, \quad (1)$$

где: a_i — i -й коэффициент модели;

x^i — переменная модели в степени i , представляет собой параметр, значение которого следует установить.

Фактическое количество слагаемых в (1) определяется семантикой задачи, исходя из специфики области приложения, требованиями к точности промежуточных и итоговых результатов, доступными в контексте данной задачи ресурсами, конкретными ограничениями, установленными на некоторые операции.

Среди объектов, описываемых с помощью (1) можно выделить достаточно широкий класс систем управления и обработки информации, для описания которых используются полиномиальные модели, степень переменных которых по модулю не превышают единицу. Конкретные формальные постановки задач оптимизации параметров систем подобного класса могут отличаться принятыми ограничениями, устанавливающими связь между переменными, условиями изменения переменных, векторами переменных [1]. Однако главным интегрирующим свойством систем, принадлежащим данному классу, является единство сущности целевых функций формальных постановок, которая заключается в наличии двух слагаемых компонент следующей семантики (в предположении, что формальная постановка содержит единственную переменную):

1) первая компонента представляет собой составляющую выходной величины, значение которой возрастает при увеличении значения переменной;

2) второй компонента соответствует составляющей выходной величины, значение которой убывает при увеличении значения переменной;

Каждая рассмотренная компонента полиномиальной модели описывает некоторый процесс системы, протекание которого вызывает определенное изменение выходной величины, что описывается функциональной зависимостью. Так как действие этих процессов оказывает противоположное влияние на изменение выходной величины, системы, описываемые полиномиальными моделями указанного вида, характеризуются еще одним общим свойством: в их функционировании присутствуют два взаимно обратных процесса, вызывающие взаимно обратное изменение выходной величины. Помимо приведенных двух компонент, формирующих выходную величину, можно выделить также одну необязательную компоненту, представляющую собой постоянную, которая в частном случае может быть принята равной нулю.

На практике достаточно часто встречаются системы, функционирование которых отражают два противоположных процесса при единственной переменной: один процесс выражается прямо пропорциональной зависимостью от переменной, другой — обратно пропорциональной. В качестве примеров ситуации, в которой протекают два рассмотренных процесса можно выделить следующие: задача выбора значения частоты запуска антивирусного сканера; определение оптимального количества процессоров при параллельной обработке информации; задача о замене оборудования.

Несмотря на многообразие различных технологий антивирусной защиты, на практике большинство из них основывают свою работу или так или иначе связывают ее с принципом сканирования объектов. При этом следует обратить особое внимание на необходимость оптимизации процесса управления антивирусными программными продуктами, реализующими технологию сканирования. Известно, что общие затраты времени на обеспечение информационной безопасности за фиксированный контрольный период работы ЭВМ зависят от периода между запусками антивирусного сканера [3, 4]. Задача оптимизации функционирования антивирусных сканеров характеризуется двумя противоположными процессами, действие которых оценивается за определенный интервал времени работы компьютера:

1) снижение общих затрат времени на поиск вредоносных объектов в информационном массиве при увеличении периода между запусками антивирусного сканера;

2) увеличение общих затрат времени на восстановление поврежденных данных с ростом периода между запусками антивирусного сканера.

В результате, системы управления и обработки данных, область приложения которых связана с организацией оптимальной работы антивирусного сканера могут быть описаны полиномиальными моделями.

Не меньшую актуальность имеет проблема определения количества процессоров многопроцессорного вычислительного устройства (МВУ), минимизирующих стоимость решения задачи или ряда задач, в заданных условиях [2]. Понятие МВУ включает в себя ЭВМ, содержащую многоядерные процессоры; многопроцессорный вычислительный комплекс; многопроцессорные видеоплаты; компоненты облачных технологий и т.п. Пусть МВУ используется для решения одной конкретной задачи. Очевидно, что с увеличением числа процессоров или процессорных элементов, задействованных для решения данной задачи, время ее решения падает. Однако при этом стоимость материальной базы (вычислительного устройства) возрастает пропорционально количеству используемых процессоров, в первом приближении линейно.

Таким образом, в системах оптимизации параллельной обработки данных, ориентированных на минимизацию стоимости решения задач, имеют место два противоположных процесса:

1) прямой процесс связан с возрастанием оценочной стоимости решения задач при увеличении числа процессоров, что обусловлено финансовыми затратами на приобретение соответствующего аппаратного обеспечения;

2) обратный процесс заключается в падении оценочной стоимости решения задач при увеличении числа процессоров за счет снижения общего времени решения задач с помощью МВК.

В процессе эксплуатации оборудования некоторого типа (тип определяется областью приложения) возникает его естественный износ, который требует текущего ремонта по истечении некоторого промежутка времени его работы. В случае продолжения эксплуатации оборудования затраты на текущий ремонт, обслуживание, а также на некоторые специфические компоненты, формирующие стоимость владения, возрастают с течением времени. Зависимость стоимости эксплуатации оборудования от времени его работы в первом приближении может выражаться линейной функцией. Обратный процесс заключается в том, что собственная стоимость оборудования

постепенно снижается в процессе эксплуатации и в первом приближении стоимость эксплуатируемого оборудования находится в обратно пропорциональной зависимости от времени его работы. Скорость изменения собственной стоимости зависит от многих факторов, основными из которых являются динамика развития отрасли, потребность рынка в модернизации и совершенствовании существующих моделей оборудования, условия эксплуатации. Таким образом, по истечении определенного периода эксплуатации оборудования затраты на обслуживание начинают превышать собственную стоимость приобретенного оборудования на данный момент времени. Рассмотренные процессы формально задают компоненты приведенной полиномиальной модели.

В результате анализа прикладных задач, для которых характерно присутствие двух противоположных процессов можно заключить, что в полиномиальной модели искомым параметр встречается дважды, формируя две независимые компоненты: в первой степень при искомом параметре плюс единица, во второй в степени минус единица. Таким образом, описанные системы могут быть описаны следующей моделью:

$$\sum_{i=-1}^{+1} a_{i+1} x^i = a_0 x^{-1} + a_1 + a_2 x \quad (2)$$

где: x — переменная;

a_0 — коэффициент, пропорциональный скорости изменения второго (обратного) процесса системы с изменением переменной x ;

a_1 — свободный член модели;

a_2 — коэффициент, пропорциональный скорости изменения первого (прямого) процесса системы с изменением переменной x .

Графически прямой и обратный процессы проиллюстрированы на рисунке ниже, где функции $y_1 = a_2 x$ и $y_2 = a_0 x^{-1}$ задают соответственно первую и вторую компоненты модели, а результат их сложения $y = y_1 + y_2$ описывает функционирование системы в целом (при некоторых фиксированных значениях коэффициентов).

Из графика видно, что основным свойством полиномиальных моделей, степени переменных которых по модулю не превышают единицу, является их унимодальность, т. е. единственность точки оптимума. В ходе исследования было доказано существование точки

глобального экстремума и получено аналитическое решение модели

(2) [4]. В частном случае, при $a_1 = 0$: $x = \sqrt{\frac{a_0}{a_1}}$.

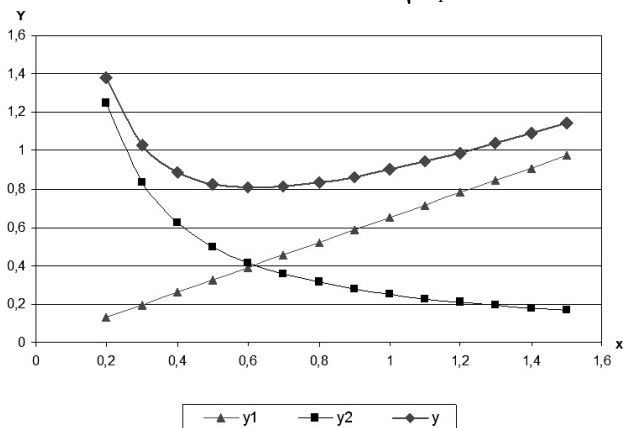


Рисунок 1. Зависимость выходной величины y от неизвестной x для прямого и обратного процессов и их совместного действия

Таким образом, существуют все предпосылки для применения предложенной полиномиальной модели, степень переменных которой по модулю не превышает единицу при исследовании проблемных ситуаций, возникающих в качественно различных предметных областях.

Список литературы:

1. Гиг Дж. ван Прикладная общая теория систем: Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 336 с., ил.
2. Гроппен В.О., Мирошников А.С. Модели управления системой оптимальной параллельной обработки информации в ЛВС СКГТУ // Труды Северо-Кавказского государственного технологического университета. Выпуск 7. — Владикавказ, 2000.
3. Петров А.Ю. Многофакторная оптимизация задачи антивирусной защиты. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. № 7. С. 137—144.
4. Петров А.Ю. Эффективные стратегии защиты ЭВМ от вирусных атак // Информатизация образования и науки. 2010. № 4(8). С. 66—76.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ КАК ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНЫМИ ОБРЫВАМИ И ВЕТВЛЕНИЯМИ ТРАЕКТОРИЙ

Рыбаков Константин Александрович

канд. физ.-мат. наук, доцент МАИ, г. Москва

E-mail: rkoffice@mail.ru

Введение. Задача оценивания вектора состояния является одной из основных задач теории стохастических систем управления, так как координаты вектора состояния, как правило, могут быть измерены лишь косвенно и со случайными ошибками, поэтому возникает задача приближенного восстановления вектора состояния по результатам измерений: задача оценивания текущего состояния, или задача фильтрации. Задача оптимального оценивания, или задача оптимальной фильтрации, состоит в восстановлении вектора состояния по результатам измерений в соответствии с заданным критерием оптимальности, например, критерием минимума среднеквадратической ошибки оценивания [4, 6].

В представленной работе предлагается решать задачу оптимальной нелинейной фильтрации как задачу анализа стохастической системы с обрывами и ветвлениями траекторий. Решение такой задачи анализа можно найти приближенно, используя методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений и методы моделирования неоднородных пуассоновских потоков [2—4]. При использовании критерия минимума среднеквадратической ошибки оптимальная оценка может быть получена в результате усреднения по пучку траекторий системы, которая отличается от исходного объекта наблюдения только тем, что ее траектории обрываются и разветвляются в случайные моменты времени, их распределение определяется результатами измерений оцениваемого вектора состояния. По результатам моделирования траекторий системы с обрывами и ветвлениями можно оценить апостериорную плотность вероятности (при фиксированных измерениях).

По сравнению со многими существующими методами решения задачи оптимальной нелинейной фильтрации в предлагаемом подходе нет упрощения функций, входящих в уравнения моделей объекта наблюдения и измерительной системы, не накладываются ограничения на вид апостериорной плотности вероятности или структуру уравнений фильтра. Предлагаемый подход основан на интерпретации одного из

слагаемых в уравнении Дункана—Мортенсена—Закаи как функции поглощения и восстановления траекторий [1, 5].

Постановка задачи. Будем рассматривать модель объекта наблюдения, описываемую стохастическим дифференциальным уравнением Ито [4, 6]

$$dX(t) = f(t, X(t))dt + \sigma(t, X(t))dW(t), \quad X(t_0) = X_0,$$

где: $X \in \mathbb{R}^n$ — вектор состояния;

$t \in T = [t_0, t_1]$ — отрезок времени функционирования;

$W(t)$ — s -мерный стандартный винеровский процесс, не зависящий от X_0 ; $f(t, x): T \times \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$, $\sigma(t, x): T \times \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^{n \times s}$ — заданные функции. Начальное состояние X_0 определяется заданной плотностью вероятности $\phi_0(x)$.

Модель измерительной системы записывается в форме

$$Z(t) = c(t, X(t)) + \zeta(t)N(t),$$

где: $Z \in \mathbb{R}^m$ — вектор измерений;

$N(t)$ — d -мерный стандартный гауссовский белый шум;

$c(t, x): T \times \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$, $\zeta(t): T \rightarrow \mathbb{R}^{m \times d}$ — заданные функции.

Задача оптимальной фильтрации состоит в нахождении оценки $\hat{X}(t)$ по результатам измерений $Z'_0 = \{Z(\tau), \tau \in [0, t]\}: \hat{X}(t) = \psi(t, Z'_0)$,

где $\psi(t, Z'_0)$ — функция, обеспечивающая в каждый момент времени t выполнение условия

$$M \left[(X(t) - \hat{X}(t))^T (X(t) - \hat{X}(t)) \right] \rightarrow \min_{\psi(t, \cdot)}, \quad M - \text{знак математического ожидания.}$$

Известно [4, 6], что в этом случае

$$\psi(t, Z'_0) = M \left[X(t) | Z'_0 \right] = \int_{\mathbb{R}^n} xp(t, x | Z'_0) dx,$$

где: $p(t, x | Z'_0)$ — апостериорная плотность вероятности вектора состояния X .

Ненормированная апостериорная плотность вероятности $\phi(t, x | Z'_0)$ вектора состояния X удовлетворяет уравнению Дункана—Мортенсена—Закаи (в форме Стратоновича) [4]:

$$\frac{d_{1/2}\phi(t, x | Z'_0)}{dt} = A\phi(t, x | Z'_0) + F_{Z(t)}\phi(t, x | Z'_0), \quad \phi(t_0, x) = \phi_0(x), \quad (2)$$

в котором

$$A\phi(t, x | Z'_0) = -\sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left[f_i(t, x)\phi(t, x | Z'_0) \right] + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \left[g_{ij}(t, x)\phi(t, x | Z'_0) \right],$$

$$F_{Z(t)}\phi(t, x | Z'_0) = \sum_{k=1}^m \sum_{r=1}^m c_k(t, x)q_{kr}(t) \left(Z_r(t) - \frac{c_r(t, x)}{2} \right) \phi(t, x | Z'_0) = \lambda(t, x, Z(t))\phi(t, x | Z'_0),$$

$$g(t, x) = \sigma(t, x)\sigma^T(t, x), \quad q(t) = \left(\zeta(t)\zeta^T(t) \right)^{-1}.$$

Сведение к задаче анализа стохастической системы с обрывами и ветвлениями траекторий. Далее будем предполагать, что измерения фиксированы, поэтому стохастическое дифференциальное уравнение в частных производных (2) можно рассматривать как детерминированное дифференциальное уравнение. Оно, если представить функцию $\lambda(t, x, z)$ в виде

$$\lambda(t, x, z) = -\lambda^-(t, x, z) + \lambda^+(t, x, z),$$

где

$$\lambda^-(t, x, z) = \begin{cases} -\lambda(t, x, z), & \lambda(t, x, z) < 0, \\ 0, & \lambda(t, x, z) \geq 0, \end{cases} \quad \lambda^+(t, x, z) = \begin{cases} \lambda(t, x, z), & \lambda(t, x, z) > 0, \\ 0, & \lambda(t, x, z) \leq 0, \end{cases}$$

по структуре будет аналогично обобщенному уравнению Фоккера—Планка—Колмогорова или уравнению Колмогорова—Феллера [1, 5]. Тогда в уравнении

$$\frac{\partial \phi(t, x | Z'_0)}{\partial t} = A\phi(t, x | Z'_0) - \lambda^-(t, x, Z(t))\phi(t, x | Z'_0) + \lambda^+(t, x, Z(t))\phi(t, x | Z'_0)$$

слагаемые $\lambda^-(t, x, Z(t))\phi(t, x | Z'_0)$ и $\lambda^+(t, x, Z(t))\phi(t, x | Z'_0)$ характеризуют обрывы и ветвления траекторий процесса $X(t)$, а именно функция $\lambda^-(t, x, z)$ — интенсивность обрыва траекторий, т.е. вероятность $P^-(t, \Delta t)$ обрыва траектории на промежутке времени $[t, t + \Delta t]$ при $X(t) = x$ и $Z(t) = z$ удовлетворяет соотношению $P^-(t, \Delta t) = \lambda^-(t, x, z)\Delta t + o(\Delta t)$. Функция $\lambda^+(t, x, z)$ — интенсивность ветвления траекторий, вероятность $P^+(t, \Delta t)$

ветвления траектории при $X(t)=x$ и $Z(t)=z$ удовлетворяет соотношению $P^+(t, \Delta t) = \lambda^+(t, x, z)\Delta t + o(\Delta t)$.

Уравнение Дункана—Мортенсена—Закаи не обладает свойством сохранения вероятности в отличие от уравнения Фоккера—Планка—Колмогорова или Колмогорова—Феллера, его решение — функция $\phi(t, x | Z_0^t)$ — не нормировано к единице: $C = \int_{\mathbb{R}^n} \phi(t, x | Z_0^t) dx \neq 1$. В частности, это следует из того, что обрывы и ветвления траекторий процесса $X(t)$ происходят в разные моменты времени, так как если $\lambda^-(t, x, z) > 0$, то $\lambda^+(t, x, z) = 0$, и если $\lambda^+(t, x, z) > 0$, то $\lambda^-(t, x, z) = 0$, поэтому для получения апостериорной плотности вероятности $p(t, x | Z_0^t)$ необходима нормировка: $p(t, x | Z_0^t) = \phi(t, x | Z_0^t) / C$, $\int_{\mathbb{R}^n} p(t, x | Z_0^t) dx \equiv 1$.

Следовательно, функции $p(t, x | Z_0^t)$ и $\phi(t, x | Z_0^t)$ характеризуют распределение вектора X — состояния объекта наблюдения, описываемого уравнением (1), — с учетом того, что часть траекторий случайного процесса $X(t)$ обрывается, а часть — разветвляется в случайные моменты времени. Обрывы и ветвления траекторий образуют неоднородные пуассоновские потоки событий с интенсивностями $\lambda^-(t) = \lambda^-(t, X(t), Z(t))$ и $\lambda^+(t) = \lambda^+(t, X(t), Z(t))$ соответственно, фактически процесс $Z(t)$ управляет временем появления обрывов и ветвлений. При ветвлении в фиксированный момент времени может появиться только одна новая ветвь, каждая из новых ветвей рассматривается как самостоятельная траектория, при обрыве прекращается моделирование только одной ветви.

Заметим, что с учетом обрывов и ветвлений требуется уточнение понятия «вектор состояния», однако это не принципиально, так как при оценивании $X(t)$ требуется усреднение или оценка плотности вероятности по пучку траекторий и такой интерпретации ветвящегося процесса, когда каждая новая ветвь рассматривается как самостоятельная траектория, оказывается достаточно.

Для приближенного определения оптимальной оценки $\hat{X}(t)$ предлагается использовать метод статистических испытаний:

моделирование вспомогательных траекторий случайного процесса $X(t)$ с учетом обрывов и ветвлений при фиксированных измерениях Z'_0 с последующим усреднением. При этом можно применять различные методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений и методы моделирования неоднородных пуассоновских потоков [2—4].

Преимущества предлагаемой методики оптимального оценивания:

а) получение оценки в темпе с поступлением измерений;

б) простота реализации, так как можно применять известные численные методы решения стохастических дифференциальных уравнений и методы моделирования неоднородных пуассоновских потоков, вычислительная сложность алгоритма напрямую зависит от вычислительной сложности применяемых численных методов и методов моделирования псевдослучайных чисел;

в) универсальность, а именно возможность решения задачи оптимальной фильтрации для линейной, нелинейной или существенно нелинейной моделей объекта наблюдения и измерительной системы (под существенно нелинейной понимается модель, задаваемая недифференцируемыми коэффициентами сноса или диффузии), для одномерного и многомерного случаев.

Список литературы:

1. Казаков И.Е., Артемьев В.М., Бухалев В.А. Анализ систем случайной структуры. М.: Физматлит, 1993.
2. Кузнецов Д.Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.
3. Михайлов Г.А., Аверина Т.А. Алгоритм «максимального сечения» в методе Монте-Карло // ДАН. 2009. Т. 428. № 2. С. 163—165.
4. Пантелеев А.В., Руденко Е.А., Бортакровский А.С. Нелинейные системы управления: описание, анализ и синтез. М.: Вузовская книга, 2008.
5. Пантелеев А.В., Рыбаков К.А., Сотскова И.Л. Спектральный метод анализа нелинейных стохастических систем управления. М.: Вузовская книга, 2006.
6. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. М.: Наука, 1990.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ
СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
(НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ЗАДАЧИ
«УЧЕТ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ»
ИС ОАО «ЗАИНСКИЙ ЗЖБИ»)**

Федотова Наталья Геннадьевна

ст. преподаватель, ЧОУ ВПО НЧФ ИЭУП (г. Казань),

г. Набережные Челны

E-mail: fedotova-n.g@mail.ru

В соответствии с международным стандартом ИСО 9000:2000 качество — это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности.

Качество продукции является объектом управления в процессе разработки требований, проектирования, испытаний, производства и эксплуатации данной продукции. Оно формируется в результате сложных процессов, на результативность которых оказывают влияние множество различных факторов. Поэтому для обеспечения требуемого уровня качества нужно уметь управлять всеми влияющими факторами, определять возможные варианты реализации качества, научиться его прогнозировать.

Совершенствование качества продукции и процессов требует скрупулезной работы персонала предприятия по выявлению причин дефектов и их устранению. Для этого необходимо организовать поиск фактов, характеризующих несоответствия, в подавляющем большинстве которыми являются статистические данные, разработать методы анализа и обработки данных, выявить причины дефектов и разработать мероприятия по их устранению с наименьшими затратами [1, с. 5].

Системное управление качеством требует значительных объемов объективной информации превентивного и оперативного характера. В связи с этим в составе обеспечивающих подсистем систем управления качеством необходимо выполнять функции, связанные с информационным обеспечением [2, с. 354—364].

В общем случае информационное обеспечение управления качеством, например, на уровне предприятия следует понимать как совокупность всех видов информации по управлению качеством, методов и средств ее сбора, накопления, обработки, анализа, передачи, хранения и использования, предназначенной для воздействия на

процессы установления, формирования, сохранения и поддержания необходимого для потребителей качества продукции, услуг и работ.

Для решения задач информационного обеспечения систем управления качеством на предприятии исключительно важное место занимают компьютерные и сетевые технологии, которые могут повысить эффективность осуществления процессов обеспечения качества внутри предприятия и взаимодействие с партнерами, потребителями и другими структурами.

Состав и содержание информационного обеспечения управления качеством определяется продукцией, услугами и их свойствами, организационной структурой управления предприятием и функциями системы управления качеством. Оно должно осуществляться на всех стадиях жизненного цикла продукции и уровнях управления производством. Необходимо отметить характерные недостатки информационного обеспечения.

Во-первых, отсутствует достаточно полная научно-техническая и экономическая информация о техническом уровне продукции, лучших аналогах за рубежом, затратах на качество.

Во-вторых, поступает информация, которая не всегда используется разработчиками при проектировании новой продукции.

В-третьих, информационное обеспечение недостаточно полно регламентировано НТД, в частности СТП.

В-четвертых, не отвечают современным требованиям автоматизированные системы сбора и обработки информации о качестве. В основном, автоматизируются только частные задачи учета качества труда, потерь от брака и рекламаций, в меньшей степени автоматизированы процессы УК на стадии исследования и проектирования (особенно при прогнозировании потребностей технического уровня и планировании повышения качества), при исследовании изделий в условиях эксплуатации.

Важным направлением работ, проводимых на предприятии по автоматизации системы сбора и обработки информации о качестве, является создание автоматизированной системы информации как элемента СУ.

Автоматизированная система управления качеством позволяет ускорить достижение требуемого уровня по этому показателю и обеспечивает поддержание качества на всех этапах жизненного цикла продукции. Автоматизированные системы объединяют все звенья структур промышленных предприятий, дают возможность оперативно реагировать на любые нарушения производства, целенаправленно

повышать уровень качества, иметь объективную картину оценки всех показателей, формирующих потребительские характеристики изделий.

Целью исследования является совершенствование управления качеством средствами «1С: Предприятия 8.1».

Объектом исследования является предприятие ОАО «Заинский ЗЖБИ» — одно из ведущих предприятий строительной индустрии Республики Татарстан.

Предметом исследования является подсистема «Управление качеством».

В основу проектирования заложен процессный подход, ориентированный на моделировании бизнес-процессов. На основе данного подхода разработана концептуальная и функциональная модель учета качества готовой продукции.

Был проведен анализ деятельности предприятия ОАО «Заинский ЗЖБИ». Определены основные бизнес-процессы, произведена декомпозиция существующей информационной системы предприятия.

Рассмотрено функционирование отдела технического контроля (ОТК). Рассмотрена организационно-логическая сущность задач ОТК в нотации IDEF3.

Выполнено проектирование подсистемы «Управление качеством». Для выбранной подсистемы определены основные задачи, установлены взаимосвязи с другими подсистемами.

Задачи подсистемы «Управление качеством»:

1. Планирование проведения проб качества;
2. Учет качества входящего сырья и материалов;
3. Учет качества готовой продукции;
4. Учет работ по устранению дефектов;
5. Учет брака и дефектов;
6. Учет результатов испытания продукции;
7. Техничко-экономический анализ изменения качества продукции;
8. Составление отчетности.

Определена входная и выходная информация для решения задач подсистемы. Рассмотрена организационно-логическая сущность задач подсистемы в нотации IDEF3.

В ходе своей деятельности ОТК сталкивается с проблемой учета качества готовой продукции. В связи с этим было принято решение о проектировании и программной реализации данной задачи в среде «1С: Предприятие 8.1».

Программная реализация данной задачи позволит наладить четкий и оперативный учет о надежности и качестве, сократить трудоемкость обработки информации, выдавать обобщенную информацию по качеству

продукции конкретного вида, а также осуществлять действительный контроль за изменением характеристик качества продукции.

Для решения задачи используется нормативно-справочная информация по качеству готовой продукции, а также планы проведения проб качества готовой продукции.

«Партия» — основной первичный учетный документ, где указываются номенклатура и количество выпущенной продукции.

В течение месяца сотрудники отдела производят контроль качества и испытания продукции. Результаты вносятся в документ «Проба качества» заполняется для каждой партии. Если результат взятых проб качества соответствует нормативам, то формируется сертификат качества. Если же результат отрицательный то формируется документ «Акт о браке». В документе «Акт о браке» указывается наименование и количество забракованной продукции, виновное лицо, и номер произведенной партии.

На основании накопленной информации формируются разнообразные отчеты по качеству готовой продукции для последующего анализа. На рис. 1 представлена организационно-логическая сущность решения задачи «Учет качества готовой продукции» в нотации IDEF3.

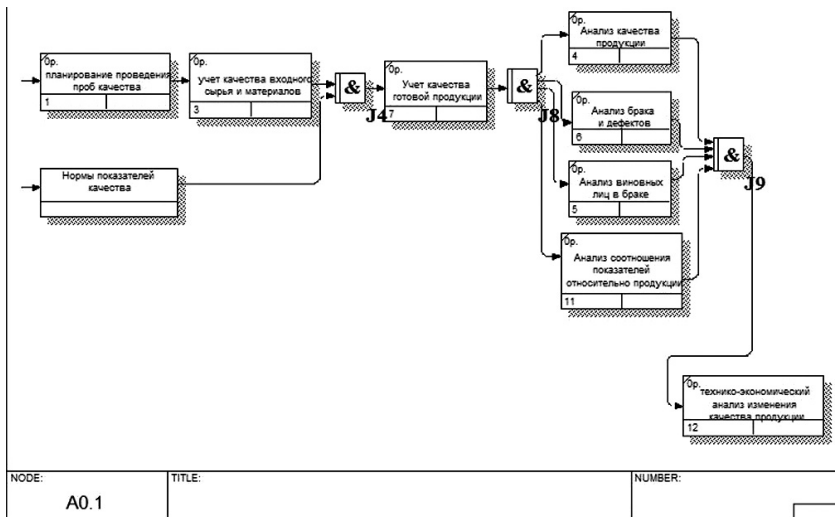


Рис. 1. Организационно-логическая сущность решения задачи

На основании анализа входной и выходной информации была разработана объектная модель решения задачи.

Программная реализация выполнена в среде 1С: Предприятие 8.1. Выбор среды программного обеспечения обусловлено тем, что эта система уже установлена на предприятии и обладает возможностью доработки и настройки прикладной системы.

В режиме конфигурирования созданы основные объекты для решения задачи «Учет качества готовой продукции»: справочники, документы, регистры накопления, отчеты, пользовательский интерфейс.

Для всех документов разработаны печатные формы, при необходимости все соответствующие документы могут быть предоставлены как контрагентам предприятия, так и руководству. Для автоматизации расчетов написаны процедуры — обработчики событий.

Реализованы процедурные и программно-технические методы информационной безопасности:

- аутентификация пользователей;
- журнал регистраций;
- ролевое управление доступом.

Благодаря маленьким затратам на разработку и внедрение задачи в действующую информационную систему был получен очень высокий показатель экономической эффективности проекта. Расчеты показали, что проект полностью окупит себя через 4 месяца.

Оценка управленческой эффективности внедрения данной задачи свидетельствует об эффективности, которая выражается в:

- сокращении трудозатрат;
- совершенствовании информационных потоков;
- совершенствовании документооборота;
- сокращении трудоемкости обработки информации;
- оперативном принятии управленческих решений и выработке управляющих воздействий в области управления качеством.

Список литературы:

1. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством: Учебное пособие./ В.В. Ефимов–Ульяновск: УлГТУ, 2003. — 134 с.
2. Мишин, В.М. Управление качеством: Учебник для студентов вузов/ В.М. Мишин — 2-е изд. Перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. — 463 с.
3. ISO 9001:2000 «Системы менеджмента качества. Требования».

2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ В ОНТОЛОГИИ С АКТИВНОЙ СЕМАНТИКОЙ

Данилова Соелма Доржигушаевна

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

E-mail: dsoelma@mail.ru

Ким Насанбаир Бабудоржиевич

Аспирант, ВСГУТУ, г. Улан-Удэ

E-mail: kawaru-kun@yandex.ru

В настоящее время широкое применение получают онтологии как средства представления и инженерии знаний, информационного поиска в интеллектуальных системах и глобальной сети, семантической интеграции информационных ресурсов. Знания в онтологии, как правило, представляются в виде тезауруса или терминосистемы, состоящей из понятий предметной области, их свойств, отношений между ними и правил вывода для семантической обработки информации. Определим такую структуру как онтологию с пассивной семантикой.

Развитие концепции всепроникающих вычислений требует решения задач, связанных с моделированием и реализацией процессов (действий, функций, операций), релевантных данной предметной области. В связи с этим является актуальным вопрос создания онтологии с активной семантикой, т. е. онтологии с возможностью моделирования и реализации процессов, которые активизируются субъектами онтологии, совершающими в данном процессе некоторые действия над объектами онтологии. При этом субъекты и объекты представляются в онтологии понятиями.

В работе [1] определена группа «функциональных» отношений, принадлежащих сфере процессуальности, которая априори является динамичной. Такие отношения позволяют придать свойство активности описанию знака как некоторому знанию о действии субъекта по отношению к объекту.

Формально действие определяется «функциональным» отношением R на множествах S и O , где S — множество субъектов действия, O — множество объектов действия. Для примера рассмотрим процесс вычисления теоретико-множественной формулы, где действие выражается отглагольным существительным «вычисление», объект — понятием «теоретико-множественная формула», субъект — понятиями «человек» или «компьютерная программа».

Понятие-действие «Вычисление» является математическим понятием и заключается в определении значений формул различных математических дисциплин: арифметики, теории множеств, булевой алгебры и т. д. Как известно, вычисление математической формулы производится в соответствии с приоритетами выполнения алгебраических операций, определенных для данной математической теории. При этом операции могут обладать набором свойств, которые можно разделить на общие (свойства операций абстрактной алгебры, например, коммутативность, ассоциативность, дистрибутивность) и специальные (определенные только для данной теории).

Исходя из этого, можно утверждать, что при создании онтологии с активной семантикой можно базироваться на теории процессов [1], являющейся одним из разделов математической теории программирования, который изучает математические модели поведения динамических систем, называемые процессами. Аппарат теории процессов хорошо подходит для описания и анализа распределенных динамических систем из нескольких взаимодействующих элементов; к ним могут относиться программные агенты, аппаратура, хранилища данных и т. д.

Все онтологии, в том числе и активно-семантические, предназначены для взаимодействия со специальными приложениями-агентами, а не как самостоятельно функционирующие объекты. Также и приложение, созданное для работы с онтологией, не может рассматриваться в отрыве от нее.

Если связь взаимодействующих между собой приложения и онтологии с активной семантикой (особенно в контексте технологии всепроникающих вычислений) рассматривать как распределенную динамическую систему, то методы и средства процессов можно применять для анализа и дальнейшего совершенствования онтологии.

В соответствии с [1] процесс можно представить в виде графа, вершинам которого соответствуют состояния, ребрам — действия. В сочетании с начальным состоянием процесс можно записать как тройку вида:

$$P = (S, s^0, R),$$

где: S — множество состояний,

s^0 — начальное состояние;

R — множество переходов из состояния в состояние, которое определяется как $R \subseteq S \times Act \times S$. Здесь Act — это множество действий, которое представляет собой дизъюнктивное объединение:

$$Act = \{\alpha?\} \cup \{\tau\} \cup \{\alpha!\},$$

где: $\alpha?$ — ввод в процесс некоторого объекта α ; τ — внутренние, невидимые действия; $\alpha!$ — вывод из процесса некоторого объекта α . Множество всех объектов α представляет собой множество $Name$.

Таким образом, для представления в онтологии любого процесса потребуется, как минимум воспроизвести подобную структуру внутри статьи онтологии, описывающей этот процесс. Обращаясь к структуре онтологии, предложенной в [2], легко допустить связь между фреймами словарных статей «Состояние», «Действие» и «Понятие» и элементами множеств S , Act и $Name$ соответственно. Но можно ли утверждать, что рассматриваемая структура онтологии фактически готова к вышеописанному представлению процессов? И да, и нет.

Согласно последним предложенным моделям реализации онтологии с активной семантикой, «активная» составляющая будет вынесена в отдельные статьи, таким путем формируя некий блок артефактной поддержки действующего по онтологии приложения.

Работу этого приложения можно будет описать процессом, составляющие которого уже определены онтологией, пусть даже неявно. Описания последовательности действий и состояний (в теории процессов называемой *traccioi*) будут содержаться в программном коде соответствующего процессу фрейма. Там же либо в виде ссылок на другие фреймы онтологии либо непосредственно будут определены и множества S , Act и $Name$.

Однако такое описание процесса будет неочевидным. Принцип «черного ящика» не позволит большинству создателей приложений эффективно управлять работой уже существующего процесса, что станет помехой для интероперабельности — одного из главных принципов создания и использования онтологий [4].

Для устранения возможности возникновения подобных проблем попытаемся представить более явное описание процесса в онтологии действий. Наиболее очевидным будет создать отдельный фрейм-знак процесса (либо видоизменить существующий фрейм-знак «Действие»), содержащий помимо общих и атрибуты описания множеств S , Act и $Name$. При этом элементы множества S будут иметь атрибут ссылки на статью «Состояние» либо непосредственное

определение. Для элементов множества *Act* очевидно будет наличие видового атрибута «ввод/вывод» и ссылки на статью «Понятие». Элементы типа *T* будут снабжены ссылками на статью «Процесс». При таком построении уровни качественных отношений будут соответствовать шагам детализации от более обширных процессов до процессов, составляющих их. Для самых элементарных действий детализация заменяется непосредственным представлением алгоритма на языке программирования. Таким образом, в работе предлагается трехкомпонентная модель иерархии процессов в виде ориентированного графа (S^P, R) , в котором семантика дуг определяется отношением $R = \{R_1, R_2, R_3\}$.

Агрегатное отношение «целое-часть» R_1 на множестве S^P определяет множество процессов (подпроцессов) $WP \subseteq S^P$, необходимых для выполнения процесса P .

Функциональное отношение «событие—действие» R_2 , назовем его отношением *следования*, на множестве S^P определяет линейно-упорядоченное множество процессов $EA \subseteq S^P$, последовательное выполнение которых приводит к результату выполнения процесса P . При этом событием для выполнения текущего процесса p_i^{Os} будет служить конец выполнения предыдущего процесса p_{i-1}^{Os} .

Отношение иерархии «род-вид» R_3 определяет на множестве S^P частично-упорядоченное множество процессов $TK \subseteq S^P$. В иерархическом дереве отношения R_3 листья представляют собой экземпляры простых процессов, которые непосредственно выполняются по заданному в онтологии алгоритму. В частности, если процесс P является простым, то иерархическое дерево родовидового отношения имеет 3 уровня: корнем является сам идентификатор самого процесса P (абстрактный процесс), на втором уровне находится идентификатор простого процесса (абстрактный процесс), третий уровень — листья дерева — составляют экземпляры простых процессов (конкретные процессы).

Родовидовая абстракция позволяет выделить общие признаки единичных предметов [3], и следует, отметить, что при родовидовых отношениях процессы на всех уровнях кроме нижнего являются

абстрактными. Нижний уровень состоит из висячих вершин (листочков) и содержит конкретные процессы.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что алгоритм выполнения процесса P можно построить в соответствии с упорядоченным множеством $O_s \subseteq S^p$. При этом в соответствии с родовидовым отношением R_3 определяется, является ли процесс P простым или сложным. В первом случае из онтологии извлекается алгоритм выполнения данного простого процесса. Во втором случае, если процесс P является сложным, определяется, из каких процессов (подпроцессов) состоит процесс P , и в соответствии с отношением следования R_2 устанавливается порядок их выполнения.

Первым по порядку выполнения процессом для сложного процесса P является приведение его к некоторой нормальной форме, принятой в рассматриваемой предметной области. В нормальной форме сложный процесс должен быть представлен простыми процессами. При этом необходимо установить приоритет выполнения процессов по порядку. Это позволит унифицировать процесс перехода от сложного процесса к простым процессам, алгоритмы выполнения которых, как уже известно, извлекаются из онтологии.

Таким образом, процессы, присутствующие в онтологии, могут быть декомпозированы в соответствии с установленными между ними отношениями: «часть-целое», «род вид», отношением следования, которые также имеют место в словарных статьях онтологии. Это позволит программно реализовать выполнение процессов, которые описаны в онтологии. Предлагаемая структура онтологии существенно облегчит построение программы-агента, если оно будет производиться по принципу автоматного программирования.

Список литературы:

1. Миронов, А.М. Теория процессов. — 282 с. — [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://intsys.msu.ru/staff/mironov/processes.pdf> (дата обращения: 10.02.2009).
2. Найханова, Л.В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования: монография [Текст] / Л.В. Найханова. — Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. — 244 с.
3. Шаумян, Себастьян. Абстракция в современной лингвистике. Логос # 11 (1999). — Философско-литературный журнал // Русский журнал — С. 186—213.
4. Semantic Integration & Interoperability Using RDF and OWL // W3C Editor's Draft. — 2005. — [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/OEP/SemInt> (дата обращения: 21.05.2012).

АНАЛИЗ ГОРОДА КАК СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Стяпшин Анатолий Александрович

аспирант, СурГУ, г. Сургут

E-mail: anatoliy.styapshin@gmail.com

На современном этапе развития город уже не представляет собой простой населенный пункт. В ходе своего развития и становления он синтезировался в сложную сеть, состоящую из политики и экономики, культуры и, конечно, людей. Город всегда существовал как место для проживания и работы человека. Все же городские элементы тесно связаны друг с другом и направлены на обеспечение различных аспектов человеческой деятельности.

Исследование любой системы всегда следует начать с ее анализа. В ходе этого процесса рассматривается структура и свойства системы, ее характеристики, параметры и свойства каждого объекта, их связи друг с другом. Характерной особенностью анализа является то, что он не дает какое-либо конкретное решение или результат. Целью анализа является уменьшение неопределенности знаний о системе (проблеме). Анализ дает понимание требуемой задачи и определяет основные пути ее решения. Анализ города следует начинать с общего рассмотрения его как системы, описания ее свойств.

Город является развивающейся, динамической, многоцелевой системой, имеющей сложные внутренние и внешние цели. К тому же каждая отдельная подсистема имеет свои специфические цели и различные стратегии их достижения. Причем, очень часто, отдельная подсистема не может выполнять свои функции без других подсистем, от которых она напрямую, либо косвенно зависима.

Город характеризуется иерархичностью управления и активностью отдельных ее подсистем. По способу управления в системе город можно охарактеризовать как самоуправляемую (саморегулируемую) систему. Управление идет через внутриорганизационные процессы саморегулирования и основано на изменении законов и методов внутреннего управления. Основная задача городского управления — определение таких пропорций общественного воспроизводства, которые в максимальной степени способствуют удовлетворению потребностей населения в городе и повышению его жизненного уровня [2].

Город, как объект моделирования характеризуется многими факторами, некоторые из них представлены ниже [2].

- Слабость теоретических знаний, отсутствие теории развития города.

- Качественный характер знаний о системе, большая доля экспертных знаний при описании и структуризации объекта моделирования.

- Высокий уровень неопределенности исходной информации. Различают внутреннюю и внешнюю неопределенность. Внутренняя неопределенность — это совокупность тех факторов, которые не контролируются лицом, принимающим решение полностью, но он может оказывать на них влияние (например, внутренняя социально-экономическая обстановка, факторы риска и др.). Внешняя неопределенность определяется характером взаимодействия с внешней средой — это те факторы, которые находятся под слабым контролем лица принимающего решение (экологическая, демографическая, внешнеполитическая ситуация и т. п.).

Город является слабоструктурированной системой, т.к. его структура и элементы плохо и частично описываемы и определяемы. В зависимости от целей моделирования город можно рассматривать как совокупность различного рода подсистем. Причем их качественный и количественный состав зависит от того, с какой точки зрения моделируется система — социально-экономическая, политическая, экологическая, культурная и т. п.

Город (городское хозяйство) является сложной системой, т.к. содержит большое количество взаимно связанных и взаимодействующих между собой элементов, обеспечивающих выполнение системой сложной функции [1]. Так, например, прокладка сети электропередач в городе невозможна без учета расположения транспортной сети. В свою очередь транспортная сеть не может рассматриваться отдельно от сети сооружений, на территории которой она пролегает или которую пересекает. Город характеризуется многомерностью, многообразием и переменностью ее структуры, тесной взаимосвязью элементов, изменением их связей и состояний. Направление методологии исследования, в основе которого лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, называется системным подходом.

Сложность городской системы обусловлена:

- большим количеством элементов и их связями между собой;
- большим количеством состояний системы;
- управлением, при котором все части системы должны оптимально выполнять свои функции.

Сложная система может быть представлена совокупностью взаимодействующих подсистем. Каждая подсистема направлена на решение определенного круга задач. Причем задачи разных систем могут пересекаться и зависеть друг от друга. Правильная декомпозиция системы облегчит ее последующий анализ, упростит расчеты при ее исследовании и даст более наглядную их интерпретации. Уменьшение сложности системы так же облегчает ее последующий анализ, к тому же увеличивает ее информативность.

Среди задач, возникающих в связи с исследованием сложных систем, можно выделить два основных класса [1]:

- 1) задачи анализа, связанные с изучением свойств и поведения системы в зависимости от нее структуры и значений параметров;
- 2) задачи синтеза, сводящиеся к выбору структуры и значений параметров, исходя из заданных свойств системы.

При моделировании сложной системы целесообразно использовать следующие принципы:

- принцип моделируемости — сложная градостроительная система представима конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определенную грань ее сущности.
- принцип функциональной автономности элемента: математическая модель элемента описывает поведение элемента как целого независимо от способа соединения с другими элементами сети.

Исследование различных процессов и явлений происходит путем моделирования. Основная цель моделирования — модель достаточно хорошо должна отображать функционирование моделируемой системы. Обычно различают физическое моделирование и математическое моделирование [1]. При физическом моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс с сохранением его физической природы. Под математическом моделированием понимают способ исследования различных процессов путем изучения явлений, имеющих различное физическое содержание, но описываемых одинаковыми математическими соотношениями.

Сложность и многообразие процессов функционирования реальных систем не позволяют строить для них абсолютно адекватные математические модели. Математическая модель, описывающая формализованный процесс функционирования системы, в состоянии охватить только основные, характерные его закономерности, оставляя в стороне несущественные второстепенные факторы. Математическая модель может появиться только как следствие четкого формального описания рассматриваемого процесса с требуемой степенью приближения к действительности, только в результате формализации процесса.

Построение мат модели представляет собой необходимый шаг любого серьезного исследования. Однако на этом исследование не заканчивается. Дальнейшим важным шагом является использование математической модели для получения общих закономерностей, связанных с исследуемым процессом, или конкретных числовых зависимостей между фигурирующими величинами. Математическая модель является результатом формализации процесса, т. е. построения четкого формального (математического) описания процесса с необходимой степенью приближения к действительности. Первым шагом на пути формализации является составление содержательного описания процесса. Содержательное описание в словесном выражении концентрирует сведения о физической природе и количественных характеристиках элементарных явлений исследуемого процесса, о степени и характере взаимодействия между ними, о месте и значении рассматриваемого явления в общем процессе функционирования рассматриваемой реальной системы. Содержательное описание может быть составлено в результате достаточно обстоятельного изучения процесса. Математическая модель представляет собой систему соотношений связывающих характеристики процесса с его параметрами и начальными условиями. Для преобразования формализованной схемы в математическую модель необходимо, прежде всего, воспользовавшись соответствующими мат схемами, записать в аналитической форме все соотношения, которые еще не были записаны, выразить логические условия в виде систем неравенств, а также придать аналитическую форму по возможности всем другим сведениям, содержащимся в формализованной схеме [1].

Городская система может функционировать и одновременно с этим развиваться (эволюционировать). При функционировании явно не происходит качественного изменения инфраструктуры системы, но при ее развитии инфраструктура качественно меняется.

Для описания городской инфраструктуры можно использовать онтологический подход. Онтология представляет собой набор объектов и отношений между ними [3]. Общего и оптимального алгоритма для построения онтологии не существует, так как лучшее решение почти всегда зависит от предполагаемого приложения и ожидаемых расширений [5]. Но в общей виде процесс построения онтологии можно представить через следующие этапы:

- 1) определение базовых классов в онтологии и выделение их в таксономическую иерархию;
- 2) определение свойств классов и ограничений на эти свойства.

Разрабатываемая модель сможет описывать город с онтологической точки зрения — через классификацию этих объектов и их связи между собой. Использование данной модели позволит точно классифицировать любой ее объект, описать все его свойства, а так же найти его связи с другими объектами в системе. Данный подход так же позволит учитывать факт изменчивости структуры исследуемой системы.

Онтология позволит повторно использовать информацию, а также совместно использовать ее людьми и программными средствами [4]. Онтология так же может использоваться электронными агентами, которые выполняют поиск информации, а так же для автоматизированного внедрения новых объектов в эту систему.

Список литературы:

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1968;
2. Митичкин С. Системный анализ города [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://mista.ru/gorod/1_1.htm (дата обращения 03.06.2012);
3. Gruber T.R. A Translation Approach to Portable Ontology Specification;
4. Kuilboer M.M., Shahar Y., Wilson D.M., Musen M.A., Knowledge Reuse: Temporal-Abstraction Mechanisms for the Assessment of Children's Growth;
5. Noy N.F, McGuinness D.L. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.

РАЗРАБОТКА СОБСТВЕННОГО ПРИКЛАДНОГО ПРОТОКОЛА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО СИСТЕМУ ОБМЕНА ГОЛОСОВЫМИ СООБЩЕНИЯМИ С ОТЛОЖЕННЫМ ЧТЕНИЕМ

Хабибулина Татьяна Васильевна

*студентка 3 курса факультета
«Математики, информационных технологий и техники»
ПГУ им. Шолом-Алейхема, г. Биробиджан
E-mail: Habik_tania@mail.ru*

Сурменко Сергей Леонидович

*старший преподаватель кафедры
«Информатики и вычислительной техники»
ПГУ им. Шолом-Алейхема, г. Биробиджан*

В современном мире огромное количество компьютеров объединены в различные информационно-вычислительные сети от малых локальных сетей в офисах до глобальных сетей типа Интернет. Объединение компьютеров в сети обусловлено рядом важных причин, таких как ускорение передачи информационных сообщений, возможность быстрого обмена информацией между пользователями, возможность мгновенного получения любой информации из любой точки земного шара. С развитием сетевых технологий развиваются и постоянно востребованные услуги связи.

Система обмена сообщениями является одной из доступных услуг связи как в сети Интернет, так и в локальной сети. Наиболее распространенными среди таких систем являются системы передачи текста и голоса. С развитием данных систем увеличивается и потребность в общении. Следовательно, на сегодняшний день остается актуальной проблема создания систем обмена голосовыми сообщениями.

В рамках изучения информационных сетей на основе существующего прикладного протокола, нами был разработан собственный протокол, реализующий систему обмена голосовыми сообщениями с отложенным чтением.

Для реализации данной системы были выбраны VoIP-протоколы. VoIP (Voice over Internet Protocol) или IP-телефония - это технология, которая обеспечивает передачу голоса в сетях с пакетной коммутацией по протоколу IP, частным случаем которых являются сети Интернет, а также другие IP - сети (например, выделенные цифровые каналы) [3]. IP-телефония включает в себя различные прикладные протоколы,

например: SIP, H.323, RTSP, RTCP и др. Рассмотрев VoIP протоколы, нами был выбран один протокол, который наиболее подходит для реализации системы передачи голосовых сообщений с отложенным чтением. Данным протоколом является RTSP.

RTSP — это протокол прикладного уровня, подобный HTTP и FTP в стеке протоколов TCP/IP. Данный протокол предназначен для управления мультимедиа потоком. Для него протоколами нижнего уровня могут быть RTP, TCP/UDP [1].

На основе RTSP протокола разработана система команд собственного прикладного протокола, реализующая клиент-серверное приложение — систему обмена голосовыми сообщениями с отложенным чтением. Клиент отправляет запрос на сервер, серверная часть обрабатывает данный запрос и выполняет определенные действия.

Система команд собственного прикладного протокола:

1. Отправка логина и пароля пользователя при авторизации.

Формат команды:

Pass#<Логин пользователя>#<пароль пользователя>.

На сервер отправляется команда с логином и паролем пользователя. Затем сервер проверяет существование данного логина и пароля: если такого пользователя не существует, то серверная часть отправляет сообщение клиентской части о том, что введены неверные данные, если существует, то при правильном логине и пароле произойдет вход в систему.

2. Отправка логина и пароля пользователя при регистрации.

Формат команды:

Names#<Логин пользователя>#<Пароль пользователя>.

На сервер отправляется команда с логином и паролем пользователя. Затем сервер проверяет существование данного логина: если пользователь с таким логином существует, то серверная часть отправляет сообщение клиентской части о том, что данный пользователь уже зарегистрирован, если не существует, то сервер создает почтовый ящик и отправляет сообщение о том, что зарегистрирован новый пользователь.

3. Запрос списка зарегистрированных пользователей.

Формат команды:

Zapros#<Логин пользователя>#.

На сервер отправляется команда с логином пользователя. Сервер отправляет запросившему пользователю список зарегистрированных логинов.

4. Отправка голосового сообщения.

Формат команды:

Send#<Логин пользователя>#<Логин получателя>#<Дата и время. Тема сообщения.wav#><Размер голосового сообщения>#.

При отправке пользователем голосового сообщения, на сервер отправляется команда с логином отправителя, логином получателя, датой и временем отправления, темой голосового сообщения и размером сообщения. Сервер сохраняет письмо в почтовом ящике получателя. И сообщает отправителю, что голосовое сообщение успешно отправлено.

5. Запрос списка принятых голосовых сообщений.

Формат команды:

Rochna#< Логин пользователя >#.

На сервер отправляется команда с логином пользователя. Сервер проверяет наличие принятых голосовых сообщений для данного логина, если сообщения есть, то запросившему пользователю отправляется список принятых сообщений, если нет — то отправляется сообщение, что в почтовом ящике нет голосовых сообщений.

6. Запрос голосового сообщения для прослушивания.

Формат команды:

SendSrrim#<Логин получателя>#< Имя голосового сообщения >#<IP адрес получателя>#.

После выбора пользователем сообщения для прослушивания, на сервер отправляется команда с логином получателя, именем голосового сообщения и IP адресом получателя. Затем сервер отправляет получателю голосовое сообщение и команду для подготовки клиента к приему голосового сообщения и прослушиванию принятого сообщения.

7. Запрос на остановку прослушивания.

Формат команды:

Stop#<Логин пользователя>#.

На сервер отправляется команда с логином пользователя. Сервер отправляет данному пользователю команду для остановки прослушивания и освобождения звукового потока.

8. Удаление голосового сообщения.

Формат команды:

DelClose#<Логин пользователя>#<Имя файла с голосовым сообщением>#.

После выбора пользователем сообщения для удаления, на сервер отправляется команда с именем голосового сообщения и логином пользователя. Сервер удаляет данное голосовое сообщение из почтового ящика и сообщает пользователю об удалении выбранного сообщения.

9. Выход из системы.

Формат команды:

Otkl#< Логин пользователя >#.

При выходе пользователя из системы на сервер отправляется команда с логином пользователя. Сервер подтверждает выход данного пользователя из системы.

С помощью системы команд собственного прикладного протокола нами разработано клиент-серверное приложение, позволяющее обмениваться голосовыми сообщениями с отложенным чтением. В данной системе для осуществления клиентом воспроизведения и остановки воспроизведения принятых голосовых сообщений, находящихся в почтовом ящике на сервере были реализованы три команды протокола RTSP:

1. Setup: запрос установки транспортного механизма для медиа-контента.
2. Play: запрос начала вещания контента.
3. Teardown: остановка потока и освобождение ресурсов [2].

На основе существующего протокола разработан собственный прикладной протокол, реализующий систему обмена голосовыми сообщениями с отложенным чтением.

Список литературы:

1. Стандарты и протоколы Интернета / Пер. с англ. / Найк Дилип — М.: Издательский отдел «Русская редакция», 1999. - 384 с.
2. Википедия [Электронный ресурс]: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RTSP>.
3. VoIP или IP-телефония IP-коммуникации или технологии в бизнесе [Электронный ресурс]: http://www.lessons-tva.info/edu/trainbus/1_1.html.

2.3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ЗАДАЧ

Микитась Галина Яковлевна

ст. преподаватель, СГАСУ филиал в г. Белебее

E-mail: gal_mik@mail.ru

Попова Ирина Александровна

ст. преподаватель, СГАСУ филиал в г. Белебее

Внедрение нового поколения стандартов высшего образования, ориентированных на формирование компетенций, требует оптимизации учебного процесса, дифференциации индивидуальных заданий при проведении практических занятий, углубления межпредметных связей. Актуальной проблемой становится разработка методики преподавания различных дисциплин, которая основана на использовании новых информационных технологий и позволяет создавать условия для самостоятельной работы студентов по закреплению теоретического материала и формированию как общих, так и специальных компетенций.

Сложность решения этой проблемы заключается в том, что для решения этих конкретных дидактических задач часто используются очень разнообразные инструментальные средства [8, с. 167]. Складывается ситуация, когда студенты «за деревьями - леса не видят», то есть основная часть учебного времени тратится на изучение средств обучения. Каждый программный комплекс имеет свои достоинства и недостатки. Наиболее универсальным программным средством является Microsoft Office, а именно, табличный процессор Excel, методика работы с которым разработана и широко используется [1], [4, с. 51]. Дидактические возможности табличного процессора недостаточно оценены. Он позволяет не только проводить расчеты, работать с таблицей как с базой данных, визуализировать данные, но и решать нелинейные уравнения, системы линейных и нелинейных уравнений, проводить анализ статистических данных, интерполировать и экстраполировать данные, выполнять прогнозирование как точечное, так и интервальное, автоматизировать ведение учета [1], [4], [8].

В данной статье на примере решения транспортной задачи показаны пути решения проблемы. Транспортная задача является одной

из наиболее распространенных задач линейного программирования и находит широкое практическое применение. Для её решения применяются различные методы, основанные на решении систем линейных уравнений. Задача рассматривается в курсе высшей математики [2, с. 288], [6, с. 476, 493, 497] изучается в дисциплине «Методы и модели в экономике» [6, с. 123]. Методы решения уравнений и систем уравнений изучаются в курсе «Информатика» [8, с. 188].

В данной работе уделяется основное внимание заданиям, наполненным экономическим содержанием, чтобы показать возможность и целесообразность использования математического аппарата в экономических исследованиях. Для решения использованы экономико-математические модели, реализованные в программном комплексе Microsoft Excel.

Постановка транспортной задачи. Некоторый однородный продукт, сосредоточенный у m поставщиков A_i , в количестве a_i ($i=1, \dots, m$) единиц, необходимо доставить n потребителям B_j в количестве b_j ($j=1, \dots, n$) единиц. Известна стоимость c_{ij} перевозки единицы груза от i -го поставщика к j -му потребителю. Необходимо составить план перевозок, позволяющий вывести все грузы, полностью удовлетворить потребности и имеющий при этом **минимальную стоимость**.

Экономико-математическая модель транспортной задачи. Обозначим через x_{ij} количество единиц груза, запланированных к перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю. Стоимость перевозки от i -го поставщика к j -му потребителю составит $c_{ij}x_{ij}$ денежных единиц.

Стоимость всего плана (критерий оптимальности) выразится суммой

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

Систему ограничений получаем из следующих условий задачи:

все грузы должны быть перевезены,

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \dots, i = 1, \dots, m \quad (2)$$

все потребности должны быть удовлетворены,

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \dots, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

При естественных ограничениях

$$x_{ij} \geq 0. \quad (4)$$

Математическая модель транспортной задачи в общем виде: найти минимальное значение линейной функции (1) при ограничениях (2), (3) и (4)

Данная модель имеет решение, если суммарные запасы груза у поставщиков равны суммарным потребностям потребителей.

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (5)$$

Такая транспортная задача называется закрытой моделью.

Транспортная задача, в которой суммарные запасы и потребности не равны, является открытой моделью и для её решения нужно ввести фиктивного поставщика или фиктивного потребителя со стоимостью перевозки грузов равной нулю.

Если суммарные потребности больше суммарных запасов груза то есть $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$, то следует ввести фиктивный пункт отправления $i=m+1$, условно приписывая ему недостающий запас грузов $A_{i+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$.

Если суммарные запасы груза больше суммарных потребностей, то следует ввести фиктивный пункт потребления $j=n+1$, условно приписав ему недостающую потребность в грузе $B_{j+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$.

Любая полученная в оптимальном решении поставка с фиктивного пункта отправления трактуется как недоставленный груз. Аналогично, поставки в фиктивный пункт назначения рассматриваются как груз, который не вывезенный с пункта отправления.

Транспортная задача имеет $n+m$ уравнений с mn неизвестными.

Матрицу $X = (x_{ij})_{m,n}$, удовлетворяющую условиям (2)—(4), называют планом перевозок транспортной задачи, а x_{ij} - поставками.

План X^* , при котором целевая функция (1) достигает минимума, называется оптимальным.

Транспортная задача с ограничениями на пропускную способность [6, с. 493]. Пусть требуется при решении транспортной задачи ограничить перевозки от поставщика с номером l к потребителю с номером k . Возможны ограничения двух типов: 1) $X_{lk} \geq a$; 2) $X_{lk} \leq b$, где a и b — постоянные величины.

1. Если $X_{lk} \geq a$, то необходимо прежде, чем решать задачу, сократить (уменьшить) запасы l -го поставщика и запросы k -го потребителя на величину a (зарезервировать перевозку $X_{lk}=a$). В полученном оптимальном решении следует увеличить объем перевозки X_{lk} на величину a .

2. Если $X_{lk} \leq b$, то необходимо вместо k -го потребителя с запросами b_k ввести двух других потребителей. Один из них с номером k должен иметь запросы $b_k=b$, а другой с номером $n+1$ — запросы $b_{n+1}=b_k-b$. Стоимости перевозок для этих потребителей остаются прежними, за исключением стоимости $c_{l(n+1)}$, которая принимается равной сколь угодно большому числу M ($M \gg I$). После получения оптимального решения величины грузов, перевозимых к $(n+1)$ -му потребителю, прибавляются к величинам перевозок k -го потребителя. Так как $c_{l(n+1)}=M$ — самая большая стоимость перевозки, то в оптимальном решении клетка с номером $(l, n+1)$ останется пустой ($x_{l(n+1)}=0$) и объем перевозки x_{lk} не превзойдет b .

Транспортная задача по критерию времени [6, с. 497]. Задача по критерию времени возникает при перевозке срочных грузов. Как и в обычной транспортной задаче, имеется m поставщиков с запасами однородного груза в количестве a_1, a_2, \dots, a_m и n потребителей, которым этот груз должен быть доставлен в объемах b_1, b_2, \dots, b_n . Известны $t_{ij}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ — интервалы времени, за которые груз доставляется от каждого i -го поставщика каждому j -му потребителю. Требуется составить такой план перевозок груза, при котором запасы всех поставщиков вывозятся полностью, запросы всех потребителей удовлетворяются полностью и **наибольшее время доставки всех грузов является минимальным.**

Изменим математическую модель задачи. Обозначим x_{ij} — объем перевозимого груза от i -го поставщика j - му потребителю. Система ограничений задачи не отличается от системы ограничений обычной транспортной задачи (2)- (4). Пусть $X=(x_{ij}), i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ — некоторое опорное решение задачи. Запишем целевую функцию задачи. Обозначим через $T(X)$ наибольшее значение элементов матрицы $T = (t_{ij})=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$, соответствующих клеткам таблицы, занятым опорным решением: Математическая модель транспортной задачи по критерию времени имеет вид:

$$T(X) = \max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\} \rightarrow \min$$

За время $T(X)$ план перевозок будет выполнен полностью.

Задача решается в следующем порядке. Находится начальное опорное решение X_1 . Определяется значение целевой функции $T(X_1) = \max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\} = t_{l_1 k_1}$. Все свободные клетки, которым соответствуют значения $t_{ij} > T(X_1)$, исключаются из рассмотрения (перечеркиваются). Занимать эти клетки нецелесообразно, так как увеличится значение целевой функции. Чтобы уменьшить ее значение, необходимо освободить клетку (l_1, k_1) , в которой t_{ij} достигает максимума.

Если удастся эту клетку разгрузить, то она исключается из рассмотрения (зачеркивается). Получается новое опорное решение X_2 , на котором значение целевой функции меньше, чем на X_1 . Далее снова пытаются разгрузить клетку, соответствующую $T(X_2) = \max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\} = t_{l_2 k_2}$.

Процесс продолжается до тех пор, пока возможность разгрузить соответствующую клетку не исчезнет.

Структура экономико-математической модели транспортной задачи в формате данных в ТП Excel. Для решения задачи создается форма. В эту форму вводятся исходные данные математической модели транспортной задачи (рисунок 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	План		Потребители					
2	перевозок		стройка 1	стройка 2	стройка 3	стройка 4	стройка 5	Всего
3	Поставщики	ЖБИ 1						0
4		ЖБИ 2						0
5		ЖБИ 3						0
6		ЖБИ 4						0
7		ЖБИ 5						0
8		Итого	0	0	0	0	0	
9	Исходные данные		Потребители					Мощность завода
10			стройка 1	стройка 2	стройка 3	стройка 4	стройка 5	
11	Поставщики	ЖБИ 1	14	25	18	19	23	330
12		ЖБИ 2	2	17	16	24	2	250
13		ЖБИ 3	29	3	7	15	22	250
14		ЖБИ 4	5	20	17	23	10	170
15		ЖБИ 5	15	9	21	18	13	150
16	Потребность строики		330	210	160	110	340	
17								
18								
19	Общие затраты на перевозки=		0					

Рисунок 1 Шаблон для решения транспортной задачи

Структура экономико-математической модели транспортной задачи в формате представления формул в ТП Excel. Необходимые для вычислений формулы вводятся в шаблон в соответствии с моделью транспортной задачи. На рисунке 2 в режиме отображения формул показано оптимальное решение, полученное при помощи надстройки Поиск решения ТП Excel (рисунок 3).

СУММ		=СУММПРОИЗВ(массив1; [массив2]; [массив3]; [массив4]; ...)						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	План перевозок		Потребители					
2			стройка 1	стройка 2	стройка 3	стройка 4	стройка 5	Всего
3	Поставщики	ЖБИ 1	160		60	110		=СУММ(C3:G3)
4		ЖБИ 2					250	=СУММ(C4:G4)
5		ЖБИ 3		150	100			=СУММ(C5:G5)
6		ЖБИ 4	170					=СУММ(C6:G6)
7		ЖБИ 5		60			90	=СУММ(C7:G7)
8		Итого	=СУММ(C3:C7)	=СУММ(D3:D7)	=СУММ(E3:E7)	=СУММ(F3:F7)	=СУММ(G3:G7)	
9	Исходные данные		Потребители					Мощность завода
10			стройка 1	стройка 2	стройка 3	стройка 4	стройка 5	
11	Поставщики	ЖБИ 1	14	25	18	19	23	330
12		ЖБИ 2	2	17	16	24	2	250
13		ЖБИ 3	29	3	7	15	22	250
14		ЖБИ 4	5	20	17	23	10	170
15		ЖБИ 5	15	9	21	18	13	150
16	Потребность строики		330	210	160	110	340	
17								
18								
19	Общие				ММПРОИЗВ(С			

Рисунок 2 Модель транспортной задачи в режиме отображения формул

В диалоговом окне Поиск решения (рисунок 3) вносятся данные о целевой ячейке, которая должна содержать формулу, соответствующую целевой функции (1), условие поиска решения, диапазон изменяемых ячеек, и систему ограничений, соответствующих условиям (2)—(4).

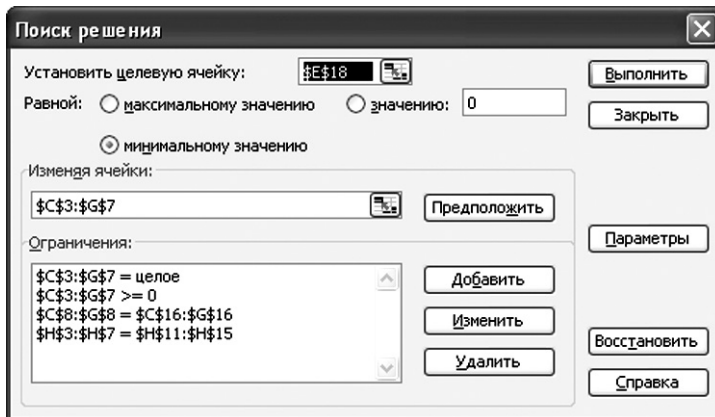


Рисунок 3 Модель T3 в диалоговом окне «Поиск решения»

С помощью диалогового окна Параметры вводятся параметры для решения оптимизационных задач. Следует установить флажки «неотрицательные значения» и «линейная модель» (рисунок 4)

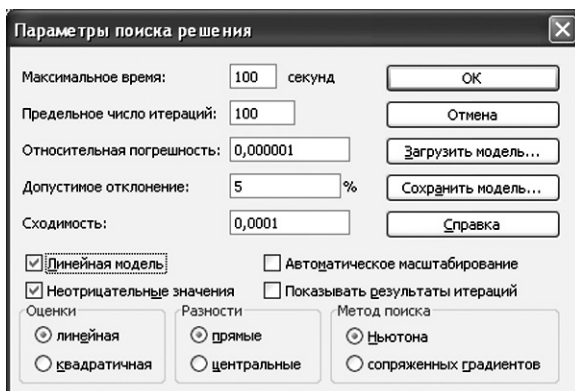


Рисунок 4 Настройка параметров линейной модели T3

Оптимальный план перевозок будет содержать элементы, отличных от нуля и равные нулю и для удобства отображения плана перевозок в этой области применим условное форматирование: значения, равные нулю будут отображаться белым цветом на белом фоне (рисунок 5).

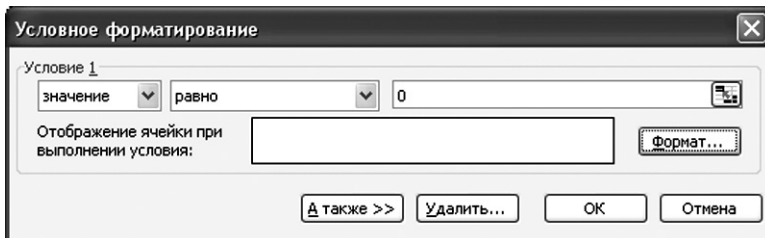


Рисунок 5 Диалоговое окно условного форматирования

В диалоговом окне Поиск решения (рисунок 3) после нажатия кнопки Выполнить на экране появится диалоговое окно Результаты поиска решения (рисунок 6). Можно получить отчеты по результатам, по устойчивости и пределам. Можно сохранить сценарий и с помощью Диспетчера сценариев проводить анализ решенной задачи с различными входными параметрами и условиями.

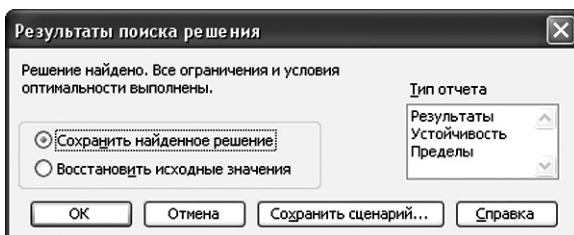


Рисунок 6 Диалоговое окно результатов решения задачи

Результаты — это оптимальный план перевозок (рисунок 7).

Целевая ячейка (Минимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$E\$18	Общие затраты на перевозки= строка 3	0	9620

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$C\$3	ЖБИ 1 стройка 1	0	160
\$D\$3	ЖБИ 1 стройка 2	0	0
\$E\$3	ЖБИ 1 стройка 3	0	60
\$F\$3	ЖБИ 1 стройка 4	0	110
\$G\$3	ЖБИ 1 стройка 5	0	0
\$C\$4	ЖБИ 2 стройка 1	0	0
\$D\$4	ЖБИ 2 стройка 2	0	0
\$E\$4	ЖБИ 2 стройка 3	0	0
\$F\$4	ЖБИ 2 стройка 4	0	0
\$G\$4	ЖБИ 2 стройка 5	0	250
\$C\$5	ЖБИ 3 стройка 1	0	0
\$D\$5	ЖБИ 3 стройка 2	0	150
\$E\$5	ЖБИ 3 стройка 3	0	100
\$F\$5	ЖБИ 3 стройка 4	0	0
\$G\$5	ЖБИ 3 стройка 5	0	0
\$C\$6	ЖБИ 4 стройка 1	0	170
\$D\$6	ЖБИ 4 стройка 2	0	0
\$E\$6	ЖБИ 4 стройка 3	0	0
\$F\$6	ЖБИ 4 стройка 4	0	0
\$G\$6	ЖБИ 4 стройка 5	0	0
\$C\$7	ЖБИ 5 стройка 1	0	0
\$D\$7	ЖБИ 5 стройка 2	0	60
\$E\$7	ЖБИ 5 стройка 3	0	0
\$F\$7	ЖБИ 5 стройка 4	0	0
\$G\$7	ЖБИ 5 стройка 5	0	90

Рисунок 7 Результаты оптимального решения ТЗ

Устойчивость (таблица 1) — это чувствительность решения транспортной задачи

Таблица 1

Устойчивость решения транспортной задачи

Изменяемые ячейки						
Ячейка	Имя	Результ. значение	Нормир. стоимость	Целевой Коэффициент	Допустимое Увеличения	Допустимое Уменьшения
\$C\$3	ЖБИ 1 стройка 1	160	0	14	4,000000001	1
\$D\$3	ЖБИ 1 стройка 2	0	11	25	1E+30	11
\$E\$3	ЖБИ 1 стройка 3	60	0	18	1	4
\$F\$3	ЖБИ 1 стройка 4	110	0	19	4	1E+30
\$G\$3	ЖБИ 1 стройка 5	0	5	23	1E+30	5,000000001
\$C\$4	ЖБИ 2 стройка 1	0	4	2	1E+30	4
\$D\$4	ЖБИ 2 стройка 2	0	19	17	1E+30	19
\$E\$4	ЖБИ 2 стройка 3	0	14	16	1E+30	14
\$F\$4	ЖБИ 2 стройка 4	0	21	24	1E+30	21
\$G\$4	ЖБИ 2 стройка 5	250	0	2	4	1E+30
\$C\$5	ЖБИ 3 стройка 1	0	26	29	1E+30	26
\$D\$5	ЖБИ 3 стройка 2	150	0	3	1	4
\$E\$5	ЖБИ 3 стройка 3	100	0	7	4	1
\$F\$5	ЖБИ 3 стройка 4	0	7	15	1E+30	7
\$G\$5	ЖБИ 3 стройка 5	0	15	22	1E+30	15
\$C\$6	ЖБИ 4 стройка 1	170	0	5	1	1E+30
\$D\$6	ЖБИ 4 стройка 2	0	15	20	1E+30	15
\$E\$6	ЖБИ 4 стройка 3	0	8	17	1E+30	8

Изменяемые ячейки						
Ячейка	Имя	Результ. значение	Нормир. стоимость	Целевой Коэффициент	Допустимое Увеличения	Допустимое Уменьшения
\$F\$6	ЖБИ 4 стройка 4	0	13	23	1E+30	13
\$G\$6	ЖБИ 4 стройка 5	0	1	10	1E+30	1
\$C\$7	ЖБИ 5 стройка 1	0	6	15	1E+30	5,999999999
\$D\$7	ЖБИ 5 стройка 2	60	0	9	4	1
\$E\$7	ЖБИ 5 стройка 3	0	8	21	1E+30	8,000000001
\$F\$7	ЖБИ 5 стройка 4	0	4	18	1E+30	4
\$G\$7	ЖБИ 5 стройка 5	90	0	13	1	4,000000001

Из таблицы отчета по устойчивости (таблица 1) видно, на какую величину следует снизить затраты на перевозку в неиспользуемых направлениях, чтобы перевозить грузы в этих направлениях стало выгодно. Например, затраты на перевозку единицы груза из ЖБИ 1 на стройку 2 должны быть сокращены на 11 денежных единиц, чтобы это направление стало привлекательным.

Таблица 2

Устойчивость решения транспортной задачи (продолжение)

Ячейка	Имя	Результ. значение	Теневая Цена	Ограничение Правая часть	Допустимое Увеличения	Допустимое Уменьшения
\$H\$3	ЖБИ 1 Всего	330	18	330	0	60
\$H\$4	ЖБИ 2 Всего	250	2	250	0	250
\$H\$5	ЖБИ 3 Всего	250	7	250	0	90
\$H\$6	ЖБИ 4 Всего	170	9	170	0	60
\$H\$7	ЖБИ 5 Всего	150	13	150	0	90
\$C\$8	Итого стройка 1	330	-4	330	60	0
\$D\$8	Итого стройка 2	210	-4	210	90	0
\$E\$8	Итого стройка 3	160	0	160	90	0
\$F\$8	Итого стройка 4	110	1	110	60	0
\$G\$8	Итого стройка 5	340	0	340	0	1E+30

Отчет по устойчивости (таблица 2) показывает также, насколько можно снизить общие затраты за счет уменьшения потребностей в пунктах назначения или увеличения запасов в пунктах отправления (изменения в противоположном направлении недопустимы, так как приводят к превышению потребностей над запасами и делают задачу неразрешимой). Например; если на несколько единиц (до 90) увеличить потребности в 2-м пункте назначения, то на каждую единицу общие затраты снизятся на 4 денежных единиц. А если на несколько единиц (до 90) уменьшить запас во 3-м пункте отправления, то на каждую единицу общие затраты увеличатся на 7 денежных единиц.

Анализ решения задачи. Минимальная стоимость перевозок будет при следующем плане поставок:

X11=160 ед. груза следует перевезти от 1-го поставщика 1-му потребителю;

X13=60 ед. груза следует перевезти от 1-го поставщика 3-му потребителю;

X14=110 ед. груза следует перевезти от 1-го поставщика 4-му потребителю;

X25=250 ед. груза следует перевезти от 2-го поставщика 5-му потребителю;

X32=150 ед. груза следует перевезти от 3-го поставщика 2-му потребителю;

X33=100 ед. груза следует перевезти от 3-го поставщика 3-му потребителю;

X41=170 ед. груза следует перевезти от 4-го поставщика 1-му потребителю.

X52=60 ед. груза следует перевезти от 5-го поставщика 2-му потребителю;

X55=90 ед. груза следует перевезти от 5-го поставщика 5-му потребителю.

Общая стоимость перевозок = 9620 (усл. ден. ед.).

Диаграмма, иллюстрирующая оптимальный план перевозок. Для визуализации полученного результата построим диаграмму оптимального плана перевозок груза (рисунок 8).

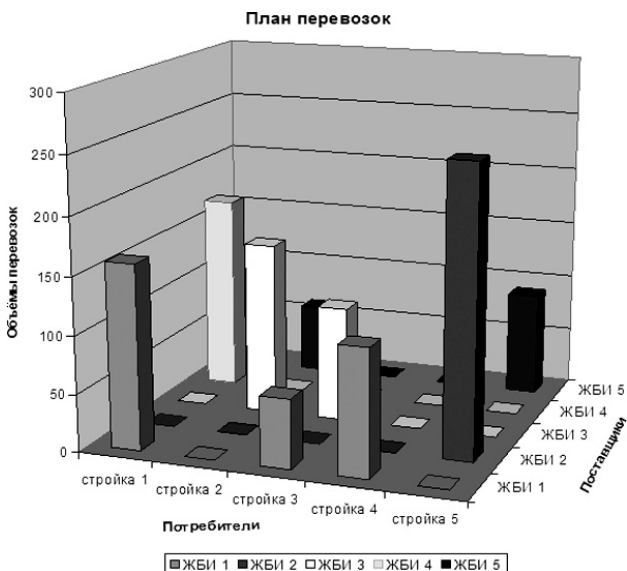


Рисунок 8 Диаграмма оптимального плана перевозки грузов

Задания для исследования решения транспортной задачи:

- Если перевозки груза характеризуются не затратами, а выручкой или прибылью, то транспортная задача оформляется так же, но целевая функция достигает максимума, то есть в диалоговом окне Поиск решения (рисунок 3) условие поиска решения заменяется на максимальное значение.
- Если какие-либо маршруты перевозок недопустимы, то соответствующие затраты следует положить равными достаточно большому числам, значительно превышающим затраты остальных перевозок, либо положить перевозки от поставщика с номером l к потребителю с номером k равными нулю. Так если дорога между ЖБИЗ и стройкой 2 разрушена, то есть поставка не возможна, то в диалоговом окне Поиск решения (рисунок 3) в систему ограничений вводят условие $D5=0$.
- Пусть необходимо в рассматриваемой задаче сделать поставку от ЖБИЗ на стройку 2 в размере не менее $a=100$ единиц, тогда в диалоговом окне Поиск решения добавляется ограничение $D5 \geq 100$. Выполнить решение задачи с измененной моделью задачи
- Если стройка 2 закончена, то её нужно сделать фиктивным потребителем, положив стоимость перевозки от всех поставщиков $c_{i2}=0$. Аналогично, если завод ЖБИ2 встал на ремонт v , тогда он становится фиктивным поставщиком и стоимость перевозки полагаем $c_{2j}=0$.

Список литературы:

1. Безручко В.Т. Информатика (курс лекций): учебное пособие. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА — М, 2006. — 432 с.
2. Данко, П.Е., Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2 ч. Ч. I: Учеб. пособие для вузов/ П.Е. Данко, А.Г. Попов, Т.Я. Кожевникова. — М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир и Образование, 2007. — 304 с.
3. Исследование операций в экономике: Учебн. пособие для вузов/ Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко и др.; под ред. проф. Н.Ш. Кремера. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. — 407 с.
4. Орлов И.В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач. — М.: Вузовский учебник, 2008. - 144 с.
5. Орлова, И.В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в среде EXCEL. Практикум / И.В. Орлова // М., Финстатинформ, 2000.
6. Сборник задач по высшей математике для экономистов: Учеб. Пособие/ под ред. В.И. Ермакова. — М.: ИНФРА-М, 2009. - 575 с.
7. Цисарь И.Ф. Лабораторные работы на персональном компьютере: М.: Издательство «Экзамен», 2002. — 224 с.
8. Численные методы: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ М.П. Лапчик, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер; под ред. М.П. Лапчика. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 384 с.

МОДЕЛЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ОБЛАЧНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЗАРОЖДЕНИЯ И РОСТА ГРАДА

Хучунаева Светлана Бузигитовна
канд. физ.-мат. наук, СИС, ФГБУ «ВГИ», г. Нальчик
E-mail: Khuchunaeva@rambler.ru

ВВЕДЕНИЕ

На возникновение и протекание большинства метеорологических явлений и процессов влияет большое количество факторов, взаимодействующих между собой в различных сочетаниях и условиях. Справедливо это и для такого сложного процесса, как зарождение и рост града. Необходимо отметить, что в настоящее время мы еще не располагаем достаточной информацией о микроструктурных характеристиках градовых облаков, полученных прямыми методами. Поэтому возникает необходимость изыскания связей между состоянием атмосферы, доступными характеристиками градовых облаков и структурой (природой) выпавших градин.

Важную информацию о микропроцессах в конвективных облаках несут в себе естественные градины, поэтому интерпретация структуры градин является одной из основных методов исследования механизма образования града. Из-за трудностей установления однозначной связи между строением и условиями образования града как в теоретическом, так и экспериментальном плане, результаты работ, проводимых в этом направлении, носят в основном качественный характер. Поэтому исследования направленные на установление количественной связи между характеристиками града и облака являются актуальными. Такую связь можно получить на основе интерпретации данных о содержании изотопов водорода в слоях града и их распределении в облачной среде.

Для интерпретации инструментальных измерений изотопного состава градин необходимо знать распределение изотопов в облаке. Распределение изотопов водорода в облаке определялось с помощью численной модели [2].

Результаты численной модели распределения изотопного состава облачных частиц

С использованием модели облака были выполнены расчеты распределения изотопов водорода в градовом облаке по полям температуры и влажности.

Моделирование эволюции полей облачных параметров проводилось в прямоугольной области, которая представляет собой вертикальное сечение некоторой части атмосферы. Область простирается по горизонтали на 30 км, а по вертикали на 15 км. Шаг сетки по оси x составлял 200 м, по оси z — 100 м.

Облако инициировалось заданием теплового импульса у поверхности земли с перегревом $\Delta T=1^{\circ}\text{C}$.

Расчеты выполнены для 10 зондов в дни с градовыми процессами [3].

В эти дни в районе репрезентативности зонда проходили процессы с выпадением крупного града, при этом отдельные градины с дорожек были проанализированы на содержание изотопов водорода.

На основе расчетов с применением уравнений модели, были получены оценочные значения относительных концентраций изотопов водорода и кислорода (без учета кристаллизационных процессов) в различных точках вертикального разреза облака. Момент времени, за который представлены данные, соответствует стадии развития облака.

Результаты расчетов водности, температурного поля, концентрации изотопов водорода в узлах пространственной сетки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Поля водности, температуры и концентрации изотопов водорода на 35-й минуте развития облака

z, км	x, км									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Водность, г/кг										
8	0.03	0.12	0.15	0.14	0.12	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00
7.5	0.26	0.51	0.55	0.53	0.48	0.36	0.23	0.13	0.07	0.03
7	0.41	0.75	0.69	0.66	0.55	0.44	0.36	0.26	0.15	0.07
6.5	0.34	0.70	0.62	0.57	0.44	0.34	0.29	0.23	0.15	0.08
6	0.28	0.61	0.50	0.40	0.38	0.21	0.17	0.15	0.11	0.06
5.5	0.20	0.47	0.40	0.23	0.11	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04
5	0.05	0.29	0.28	0.43	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02
4.5	0.02	0.15	0.16	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Температура, $^{\circ}\text{C}$										
8	-38.6	-38.7	-38.4	-38.1	-38.0	-38.0	-38.1	-38.2	-38.4	-38.5
7.5	-33.8	-33.7	-33.3	-33.1	-33.0	-33.0	-33.1	-33.2	-33.3	-33.5
7	-28.9	-28.7	-28.4	-28.1	-28.0	-28.1	-28.2	-28.3	-28.4	-28.5
6.5	-24.1	-23.7	-23.5	-23.1	-23.1	-23.2	-23.3	-23.4	-23.5	-23.6
6	-19.2	-18.9	-18.6	-18.2	-18.3	-18.4	-18.6	-18.6	-18.7	-18.8
5.5	-14.3	-14.1	-13.8	-13.4	-13.4	-13.6	-13.8	-13.9	-13.9	-14.0
5	-9.4	-9.2	-9.0	-8.6	-8.6	-8.8	-9.0	-9.1	-9.1	-9.1
4.5	-4.4	-4.3	-4.1	-3.8	-3.7	-4.0	-4.1	-4.2	-4.2	-4.3
Концентрация изотопов водорода, ‰										
8	-156,6	-178,6	-175,6	-171,6	-162,7	-156,3	-152,9	-150	-147,1	-144,5
7.5	-146,4	-167,2	-164,2	-161,2	-152,6	-146,2	-142,8	-139,9	-136,9	-134,5
7	-136,1	-154,4	-151,5	-147,3	-142,3	-136	-132,6	-129,6	-126,7	-124,3
6.5	-124,4	-139,6	-137,6	-135,1	-131,3	-125,4	-121,9	-118,9	-116,2	-114,1
6	-111,9	-123,3	-122,5	-121,2	-117,7	-113,5	-110,5	-107,7	-105,3	-103,6
5.5	-98,7	-106	-106,1	-105,4	-103,4	-100,3	-97,8	-95,7	-93,9	-92,9
5	-89,8	-93,3	-94	-93,7	-92,9	-91,1	-89,5	-88,3	-87,6	-87,3
4.5	-82,3	-83,2	-83,5	-83,4	-83,2	-82,6	-82,3	-82,1	-82,0	-82,0

Изотопный состав для каждого градового процесса разный. Это обуславливается разными движениями воздушных масс.

Разработанная модель с детальным учетом термодинамических и микрофизических процессов позволяет более детально исследовать распределение изотопов в облаке, что в свою очередь дает возможность более адекватно интерпретировать результаты наземных измерений состава и структуры градин.

Результаты изотопного состава градин, полученные при моделировании, в сопоставлении с данными натурных измерений позволят также улучшить описание в моделях формирования изотопного состава облачных частиц различных типов.

Интерпретация результатов модели

Прежде чем перейти к интерпретации изотопного состава градин, более подробно остановимся на изменении изотопного состава облака по высоте в разные периоды времени развития облака.

В облаке одинаковое содержание изотопов может соответствовать разным уровням образования слоев града. Поэтому при использовании изотопных данных для интерпретации условий роста града необходимо знать, какое распределение изотопов в облаке ответственно за формирование изотопного состава того или иного слоя или зародыша градин. Для этих целей можно воспользоваться данными скорости восходящего потока и данными распределения изотопов в облаке. Практическая реализация предложенного способа заключается в том, что сначала определяют, при каких восходящих потоках мог образовываться тот или иной слой градины. Для этого, зная диаметр слоя от центра градины и ее плотность, определяют скорость установившегося падения градины V_r из равенства сил тяжести и аэродинамического сопротивления:

$$m_z g = S C_\psi \times \rho_B \frac{V_r^2}{2}, \quad (1)$$

где m_z — масса градины;

g — ускорение силы тяжести;

S — миделево сечение градины;

C_ψ - коэффициент лобового сопротивления градины;

ρ_B — плотность воздуха.

Для сферических градин:

$$m_z = \frac{1}{6} \pi D^3 \rho_z, \quad (2)$$

подставляя (2) в (1), получим:

$$V_r = \left(\frac{4}{3} \times \frac{\rho_z}{\rho_B} \times \frac{g}{C_\psi} \right)^{0,5} \times D_z^{0,5}, \quad (3)$$

где ρ_2 — плотность градины;

D_2 — диаметр градины.

Прямые измерения скорости устанавливающегося падения градин с стробоскопическим фотографированием проводились в [8]. Было найдено, что скорость падения градины у поверхности земли (V_t') определяется формулой:

$$V_t' = 11,45 \times D^{0,5}, \quad (4)$$

где D в см, V_t' в м/с.

Но, как видно из формулы (4), в общем случае скорость установившегося падения градины определенного размера зависит от ее плотности и коэффициента лобового сопротивления, которые различаются даже для градин одного и того же градового процесса.

Плотности градин для градобитий Северного Кавказа, где производились измерения [4], изменяются от $0,6 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ до $0,99 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Нами для расчетов бралось значение $\rho_2 = 0,5 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ для крупяных зародышей, $\rho_2 = 0,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ для градин, $\rho_2 = 0,9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ для капельных зародышей, которые соответствуют наиболее часто встречающимся значениям ρ_2 .

Коэффициент лобового сопротивления $C\psi$ зависит от формы и шероховатости градин.

Более того, во время падения градин меняется их форма из-за неравномерного таяния. Коэффициент лобового сопротивления экспериментально определялся многими исследователями [1, 5, 6, 9, 10]. Значения $C\psi$ находились в интервале от 0,45 для гладких сфер до 0,8 для эллипсоидальных градин с соотношением осей 1:0,5.

С целью корректного сравнения с известными данными и с учетом вышеописанных исследований для расчетов брались значения $C\psi = 0,6$. Подставляя численные значения в (4), найдем выражение для определения установившейся скорости падения градин (V_t)

$$V_t = k \times \sqrt{D}, \quad (5)$$

где: $k = 96,06 \text{ м}^{1/2} \text{ с}^{-1}$ для крупяного зародыша;

$k = 131,99 \text{ м}^{1/2} \text{ с}^{-1}$ для градин;

$k = 140 \text{ м}^{1/2} \text{ с}^{-1}$ для капельных зародышей.

Сравнение определения скорости по (4) и (5) показывает, что разница между V_t и V_t' не превышает 4—5 %, что находится в пределах ошибки измерения скорости падения градин.

Для рассматриваемых в работе градовых процессов установившаяся скорость падения градин находится в пределах от 6 м/с до 20 м/с.

На основе вычисленных скоростей, предполагая, что градина растет при скоростях восходящего потока равны скорости ее установившегося падения, выбираем для каждого слоя или зародыша распределение изотопов по высоте. По ним на основе данных об изотопном составе зародыша или слоя определяем температурный или высотный уровень их образования.

На рисунке 1 приводится распределение изотопов водорода для стадии развития 15, 25 и 35 минут (1, 2, 3) определенные выше описанным методом.

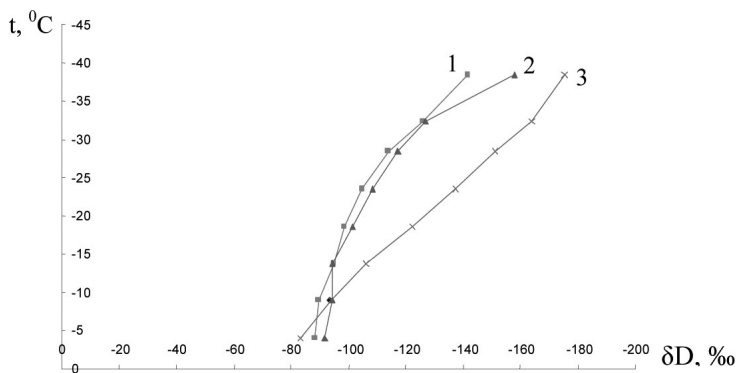


Рисунок 1. Распределение изотопов водорода на 15 (1), 25 (2) и 35 (3) минутах развития градового облака.

В рассматриваемом градовом процессе 27.05.2006 г. содержание изотопов изменялось от — 81 ‰ до —102 ‰, по модели температурный диапазон образования градин составляет -5 ÷ -24 °C. Анализ условий роста градин из градового процесса 27.05.2006 г. приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Температурные уровни образования зародышей и слоев градин

№ градины	Типы слоя или зародыша	Температурный уровень по предложенной модели, °C
1	Крупной зародыш	-24
	Матовый слой	-17
	Прозрачный слой	-10,5
2	Капля	-14
	Прозрачный слой	-17
	Матовый слой	-13

Выводы

На основе анализа изменения распределения изотопов с высотой на разных стадиях развития облака показано, что слои и зародыши градин, образованные на разных уровнях, могут иметь одни и те же значения. Для их различия необходимо использовать характеристики градин, в частности, установившуюся скорость падения градин.

Разработанный метод исследования механизма градообразования позволяет восстановить условия образования и роста града.

Результаты можно использовать для количественной оценки температурных уровней образования зародышей и слоев градин, для определения траектории движения градин в облаке.

Список литературы:

1. Орджоникидзе А.А. К вопросу о скорости падения града // Труды Эльбрусской экспедиции / АН СССР, 1961, — т. 2 (5). — С. 99—107.
2. Тлисов М.И., Шаповалов А.В., Хучунаева С.Б. Численная модель формирования изотопного состава облачных частиц // Метеорология и гидрология, Москва 2010. № 5 — С. 42—50.
3. Тлисов М.И., Шаповалов А.В., Хучунаева С.Б. Некоторые результаты использования изотопной модели для исследования условий зарождения и роста града // Вторая конференция молодых ученых национальных гидрометеослужб государств — участников СНГ, «Новые методы и технологии в гидрометеорологии», Москва 2006 г.
4. Хоргуани В.Г. Микрофизика зарождения и роста града // -М., Гидрометеоиздат — 1984. — С. 186
5. Эжба Я.А., Хоргуани В.Г., Тлисов М.И. Некоторые вопросы термодинамики града // Труды ВГИ. — 1973. — вып. 24. — С. 3—15.
6. Эжба Я.А. Некоторые вопросы аэродинамики свободно парящих градин // Труды ВГИ. — 1972 - вып. 21. — С. 63-69.
7. Friedman I., Machta L., Soller R. Water vapour exchange between a water droplet and its environment, J. Geophys. Res., 67, 1962, p. 2761—2770
8. Matson R.J., Huygens A.W. The direct measurement of the sizes, shapes and kinematics of falling hailstones.// -JAtm.Sci., 1980.-vol.34 № 5, - p. 1107—1125.
9. Strinham C.H., Simons D.V., Guy H.R. The behaviour of large particles falling in quiescent liquids.- G. Col. Sur. Parf. Paper 524 p., Washington D.C., government Print Press, 1969, p. 36
10. Young R.G. Browning K.A. Wind tunnel tests simulated spherical hailstones with variable roughness // - J.Atm.Sci., 1967. — vol.24, № 1, - p. 58—62.

2.4. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ПРОКСИ-СЕРВЕР КАК СРЕДСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К СОЦИАЛЬНЫМ СЕТЯМ

Исекетов Ержан Садыкович
магистрант, СГТУ, г. Саратов
E-mail: iseketov@mail.ru

Кинцель Дмитрий Александрович
канд. физ.-мат. наук, доцент СГТУ, г. Саратов

Сегодня уже ни для кого не секрет, что использование социальных сетей сотрудниками компаний стало привычным делом. Социальные сети уже давно стали средой, в которой люди учатся, играют и общаются. В социальных сетях сегодня зарегистрированы 82 % пользователей интернета (еще в 2010 году этот показатель составлял 52 %). Типичный пользователь социальных медиа — это человек в возрасте 18—24 лет (96 %), обеспеченный (87 %), проживающий в Москве и Санкт-Петербурге (94 %) [3].

Большинство руководителей организаций обеспокоены фактом посещения социальных сетей на производственном месте, по причине того, что использование социальных сетей на рабочих местах таит в себе определенные риски для бизнеса.

Среди рисков можно выделить:

- Распространение вредоносного программного обеспечения.

По сведениям компании Sophos, разработчика и производителя средств защиты информации, до 40 % владельцев компьютеров пользовались вредоносным ПО, которое они получали с сайтов поддержки социальных сетей [2]. А кибератаки чаще всего исходили от тех, кто считался "другом" в сети. В частности, одни люди пытались хитростью навязать другим информацию в целях вовлечения их в очередную финансовую пирамиду.

- Увеличение трафика.

Почти 40 % работников отмечают, что общение в социальных сетях создает значительную нагрузку на интернет-канал, в первую

очередь из-за просмотра видео-роликов и замедляет работу необходимых для ведения бизнеса сетевых приложений. В 2011 году американское правительство разрешило свободный доступ к социальным сетям в учреждениях, и ответом стало увеличение сетевого трафика на 25 % [2].

- Падение производительности труда

Сайты социальных сетей дают возможность отправлять и читать сообщения, пересылать файлы, загружать свое и смотреть чужое видео, а также играть в компьютерные игры. Все это невероятно удобно и потому "затягивает" пользователей, которые тратят на развлечения все больше времени. Результатом опроса, проведенного в интернете порталом HeadHunter выявлено: что самым большим интернет-злом для своих компаний российские работники считают социальные сети. Около 16 % из более чем двух тысяч опрошенных респондентов заявили, что тратят на них больше всего времени — около 50 минут ежедневно. При этом каждый пятый россиянин убежден, что использование рабочего компьютера «не по назначению» только улучшает его производительность, а 64 % подтвердили, что используют рабочий компьютер в личных целях. При этом 14 % тратят на личные «потребности» от 1,5 до 2 рабочих часов в день. 4 % — от 3 до 4 и столько же — более 4 часов [3].

Несмотря на то, что большинству компаний для процветания в условиях современной экономики необходимо придерживаться политики открытости в сети Интернет, чаще всего руководству компаний нет необходимости мириться с рисками, которые несет с собой использование социальных сетей.

Полностью ограничивать доступ в интернет для сотрудников в большинстве случаев не предоставляется возможным. По этой чаще всего предпринимаются соответствующие меры, которые позволяют в определенной мере защитить от опасности социальных сетей и снизить факторы риска.

Одной из таких мер может выступать использование прокси-сервера с возможностью фильтрации трафика. Основным назначением прокси-сервера является трансляция сетевых адресов, например множества внутренних в IP адресов организации в единственный публичный Интернет адрес и обратно. Однако, прокси-сервер чаще всего реализует ряд других функций, благодаря которым использование прокси-сервера имеет ряд преимуществ.

Защита внутренней сети.

Все внутренние компьютеры выходят в интернет только через прокси-сервер и снаружи виден только он. Тем самым обеспечивается

более высокий уровень защищенности корпоративной сети от внешних атак. Соответственно на самом прокси-сервере должен быть настроен firewall (брандмауэр), своевременно устанавливаться все обновления безопасности и вообще не быть лишних сервисов (они могут открывать доступ к компьютеру не только из внутренней сети).

Кэширование трафика.

Если пользователи локальной сети чаще всего посещают одни и те же ресурсы: сайты необходимые для повседневной работы, поисковые системы и т. д., то прокси-сервер увеличит скорость загрузки страниц и снизит нагрузку на интернет канал. Все статическое содержимое, однажды запрошенное кем-то в сети, хранится в локальном кэше на сервере.

Ограничение доступа из локальной сети во внешнюю.

Позволяет ограничивать доступ к некоторым ресурсам, например социальным сетям, развлекательным сайтам, игровым сайтам, сайтам с анекдотами, порнографическим сайтам, т. е. тем ресурсам, которые непосредственно не связаны с рабочим процессом.

Прокси-сервер исполняет роль «стража», отфильтровывая ненадлежащие запросы и ответы. Прокси-сервер может отфильтровывать запросы на основе адресов сайтов и ответы на основе определенных их параметров, например, размера ответа [1].

Чаще всего прокси-сервер сопоставляет каждый запрос со списком сайтов, так называемым «черным списком», которые организация считает нежелательными для посещения, и отказывает в обработке таких запросов, отправляя сообщение об ошибке. Сравнение выполняется по URL или IP адресу сервера. Основным недостатком является необходимость поддерживать «черный список» в актуальном состоянии. Иначе существует опасность пропустить запрос с сайта-клона или сайта-аналога запрещенного ресурса. Кроме этого в последнее время получили широкое распространение анонимайзеры, которые представляет собой прокси-сервера специально предназначенные для сокрытия реальных IP-адресов как пользователей, так и посещаемых ресурсов. В результате использования таких анонимайзеров, прокси-сервер организации не обнаружит запрещенный ресурс ни по его URL, ни по IP-адресу. Единственным способом борьбы с анонимайзерами является включения адресов самих анонимайзеров в «черный список». Однако это решение не является эффективным, по причине постоянного появления новых анонимайзеров.

Существуют реализации прокси-серверов, которые фильтруют запросы не по их адресу, а по содержимому, например по наличию в них определенных слов или словосочетаний. Однако такой подход может

привести к ложным срабатываниям фильтра, в результате которого будет ограничен доступ к разрешенному ресурсу.

В качестве альтернативного решения можно предложить использование понятия сигнатуры сайта, по аналогии с сигнатурой вируса. Т.е. использование набора характерных признаков сайта: логотипа, наличие определенного шаблона html-страниц сайта, css-стилей. Так как работа анонимайзеров основана на сокрытии реального URL и IP-адреса посещаемого сайта, но не на сокрытии самого содержимого, тело посещаемого сайта анонимайзером помещается в отдельный html раздел DIV или фрейм получаемой страницы. В случае использования предлагаемого подхода прокси-сервер будет определять наличие сигнатуры сайта в ответе, что позволит успешно бороться в том числе и с анонимайзерами. Основным недостатком предлагаемого подхода является необходимость ручного создания сигнатур, которые на данном этапе не представляется возможным генерировать автоматически. Для большинства ресурсов этот подход будет трудоемким и избыточным, но для небольшого числа популярных ресурсов, например социальных сетей такой подход фильтрации может оказаться эффективным. Предлагаемое решение можно комбинировать со стандартными способами фильтрации запросов тем самым снижая бизнес риски компаний.

Список литературы:

1. Кришнамурти, Web-протоколы. Теория и практика / Б. Кришнамурти, Дж. Рексфорд. — М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2002. — 592 с.: ил. (13 мая, 2012).
2. Социальные сети без риска — Режим доступа — URL: <http://www.uipdp.com/articles/2011-11/18.html> (15 февраля, 2012).
3. Facebook и «ВКонтакте» признали величайшим злом на работе — Режим доступа — URL: http://www.hr-journal.ru/news/events/events_2739.html (28 апреля, 2012).

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СЕТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ЭНТРОПИЙНОМ АНАЛИЗЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛЕЙ ЗАГОЛОВКОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАКЕТОВ

Булахов Николай Георгиевич

ассистент, НИ ТГУ, г. Томск

E-mail: nik@rff.tsu.ru

Спиридонов Александр Алексеевич

магистрант 1-го года обучения, НИ ТГУ, г. Томск

E-mail: aaspiridonov@yandex.ru

Развитие информационных технологий, а также унификация оборудования и протоколов передачи данных привели к тому, что практически все виды данных, представимых в цифровом виде, могут передаваться в *IP* сетях почти мгновенно.

В различных организациях, использующих компьютерную сеть в своей работе, актуальной является задача ограничения использования различных сетевых приложений, негативно влияющих на работу сети или просто запрещенных для использования в конкретной организации.

Контролировать и ограничивать использование сетевого программного обеспечения позволяют межсетевые экраны. Производится это путем запрета портов, используемых нежелательными приложениями или путем проведения анализа самих передаваемых данных сообщения. Однако часто встречаются случаи использования программ, позволяющих обойти ограничения межсетевых экранов путем направления работы программы через другой порт. Также нередки случаи использования шифрования данных, что также позволяет обойти запреты межсетевого экрана.

В процессе работы авторами была разработана и реализована система отслеживания сетевых приложений на основе энтропийного метода [1]. Суть данного метода состоит в анализе информационной энтропии значений полей заголовков информационных пакетов, передаваемых по сети. Это позволяет анализировать только заголовки пакетов и не рассматривать их содержимое, что дает возможность обойти проблемы, связанные с шифрованием передаваемых данных, а также увеличить скорость обработки данных. Кроме того для

программы не требуется придумывать и писать правила ограничения, как в случае использования межсетевых экранов.

Программная реализация системы разделения потоков данных, генерируемых различными сетевыми приложениями должна осуществлять сбор данных о передаваемых по сети информационных пакетах непосредственно с сетевого интерфейса, из предварительно сохранённого файла либо с коммутационного оборудования по протоколу NetFlow. Также необходимо организовать подсчёт энтропии параметров заголовков зафиксированных пакетов, визуализацию полученных данных и управление коммутационным оборудованием и межсетевым экраном на их основе. Для этого в программе реализовано пять функциональных элементов (Рисунок 1). Ядро, осуществляющее запуск системы, загрузку всех необходимых модулей,

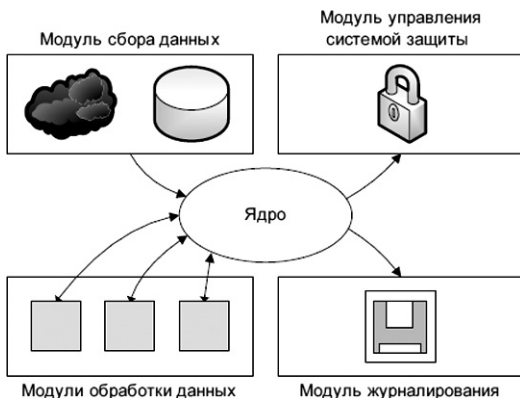


Рисунок 1. Модульная структура программной реализации

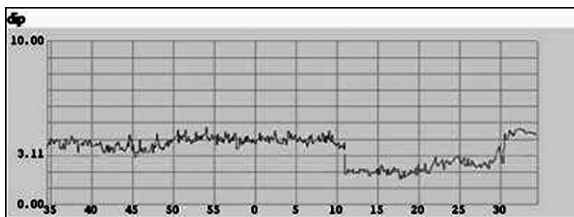
управление и пересылку информации между ними. Модули сбора данных, которые осуществляют получение данных для обработки из таких источников, как сетевой интерфейс, файл или поток данных по протоколу NetFlow, затем приводят их к стандартному виду и передают ядру для дальнейшего анализа. Модули обработки данных производят анализ параметров заголовков информационных пакетов передаваемых ядром. Каждый модуль подсчитывает определённую характеристику [3], принимая параметры заголовков и возвращая результат в единообразном виде. По мере необходимости возможно увеличение количества модулей и, следовательно, отслеживаемы параметров. Модуль журналирования осуществляет протоколирование и визуализацию отслеживаемых параметров для динамического мониторинга состояния сети и дальнейших исследований.

Модуль управления системой защиты предназначен для блокирования нежелательного трафика при помощи межсетевых экранов маршрутизатора, либо аппаратных средств коммутационного оборудования.

На рисунках 2а и 2б представлены примеры работы программной реализации. На рисунке 2а показана возможность программы графически представлять зависимость от времени (в данном случае в минутах) энтропии какого-либо параметра заголовка информационного пакета (в частном случае IP адрес назначения) всего сетевого потока, поступающего в обработку.

А следующий рисунок (Рисунок 2б) показывает возможность программной реализации генерировать таблицу, содержащую значения энтропии для каждого IP адреса источника, пересылаемых им пакетов, количество этих пакетов в общем потоке, поступающем в обработку, а также тип потока данных, характерный для данного источника.

В работах других авторов [4] для оценки энтропии используется алгоритм компрессии данных lzor. Сравнение его быстродействия с алгоритмом для нахождения энтропии Entromer, используемым в нашей работе, показало превосходство последнего по скорости выполнения обработки данных в 5 раз и более. Результаты работы алгоритмов представлены в таблице (Таблица 1).



а)

	smac	dmac	sip	dip	sport	dport	packlen	packetflow	Type of traffic
192.168.99.37	0.999999	0.999999	0	0	0.999966	0.999966	0.999999	5659	
192.168.99.33	0	0.614725	0	0.614725	0.735643	0.735643	2.63069	408	
192.168.99.39	0.999998	0.999998	0	0.00693693	1.00645	1.00621	0.161403	8343	

б)

Рисунок 2. Скриншоты работы программы. а) Энтропия IP адресов назначения всего сетевого потока. б) Энтропия параметров пакетов, совпадающих по значению IP адреса источника

Таблица 1

Сравнение скорости обработки данных алгоритмов lzop и EntroMetr

Алгоритм	Скорость, мБ/с	Энтропия
lzop	38	max
EntroMetr	270	15,4964

Данная программная реализация способна не только обнаруживать наличие какого-либо типа сетевого потока данных, но и детектировать источники этих данных, что дает возможность регулировать наличие того или иного типа потока данных, передаваемых по сети.

За время реализации системы было накоплено много новых идей и подходов к решению задачи [2]. Их использование позволит оптимизировать работу программы. Это дает предпосылки для разработки новой версии программной реализации, которая будет оптимизирована и предоставит больший функционал для мониторинга и управления, передаваемыми по сети данными.

Список литературы:

1. Булахов Н.Г. Защита распределённых компьютерных систем от саморазмножающихся сетевых вирусов / Н.Г. Булахов, В.Я. Хасанов, Б.Н. Пойзнер // Журнал “Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники”. — Томск: Изд-во ТУСУР, 2009. — № 1 (19), Ч. 2. С. 77—78.
2. Булахов Н.Г., Программная реализация системы мониторинга телекоммуникационных сетей / Н.Г. Булахов, А.И. Минаев, А.А. Спиридонов // Изв. вузов. Физика. — 2010. 9/3. — С. 203—204.
3. Спиридонов А.А. Физический смысл характеристик информационных потоков и их практическое использование для описания состояний телекоммуникационных систем // Сборник тезисов, материалы Восемнадцатой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых — 2012. — С. 567- 568.
4. Wagner A. Entropy-Based Worm Detection for Fast IP Networks.: Theses ... Ph.D. on techn. sc. / Swiss Federal Institute of Technology Zurich. — Zurich, 2008. — 115 p.

СЕКЦИЯ 3.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

3.1. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУР ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ ТЕЛ С ВЗАИМОПРОНИКАЮЩИМИ ОБОЛОЧКАМИ

Рахимов Эльдор Гафурович

магистрант, ИжГТУ, г. Ижевск

Телегина Марианна Викторовна

канд. техн. наук, доцент ИжГТУ, г. Ижевск

E-mail: mari_tel@mail.ru

Титоров Дмитрий Борисович

д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр., ФТИ УрО РАН, г. Ижевск

Введение

Например, на вопрос, как из атомов углерода формируются вещества с различными структурами (графит, алмаз, фуллерен и т. д.) ясного и убедительного ответа пока нет. Такие образования с геометрической точки зрения представляют собой сложные структуры, и для их построения и анализа, а также анализа изменения этих структур, произведённых с помощью тех или иных программ молекулярного моделирования, необходим соответствующий инструмент в виде систем атомно-молекулярного моделирования. Довольно часто такие системы не предоставляют пользователю возможности задавать свои правила взаимодействий атомов или молекул. С такой проблемой столкнулся сотрудник Физико-технического института УрО РАН (ФТИ УрО РАН) Титоров Д.Б. Его метод взаимодействия атомов при образовании кристаллических решеток предполагает иное взаимодействие атомов при структурообразовании в веществах, чем методы реализованные в

существующих системах атомного молекулярного моделирования. Поэтому нашей целью стала разработка системы моделирования, которая позволит решить вышеописанную проблему.

Исходный метод формирования структур

Для простого и наглядного моделирования формирования кристаллических решеток в качестве модели атома Титоров Д.Б. предложил неоднородный шар [2] (далее НШ). Каждый из таких неоднородных шаров (рис. 1 а) состоит из двух частей: внутренней части — внутреннего шара (ВШ) с радиусом r_i , и внешней части — шаровой оболочки (ШО).

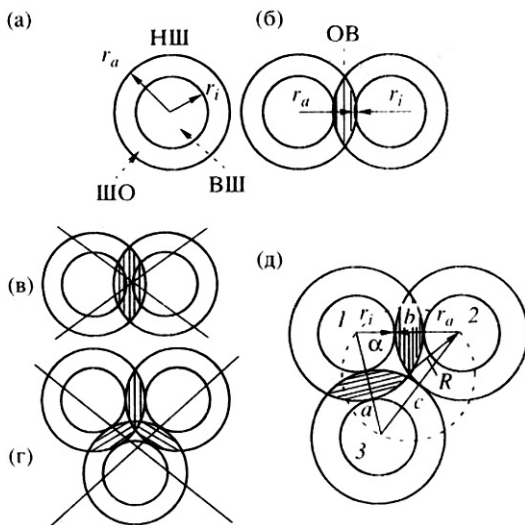


Рис.1. Неоднородные шары и правило парного взаимопenetрования

Наружный радиус ШО совпадает с наружным радиусом неоднородного шара r_a . При сближении двух неоднородных шаров их оболочкам разрешено проникать одна в другую, образуя область взаимного проникновения (ОВП) (рис. 1 б). Это означает, что минимальное расстояние между центрами двух плотно упакованных неоднородных шаров должно быть равно сумме их внешнего и внутреннего радиусов.

Обоснование разработки системы

В настоящее время существует целый ряд визуализаторов/редакторов атомной структуры молекул и кристаллических

структур. Все они отличаются своим интерфейсом и набором функциональных возможностей.

Существующие системы реализованы на основании уникальных требований той области, где они применяются. И требования, которые предъявляет предметная область, описанная в первой главе, разумеется, не реализованы. Данная система позволит исследователю повысить наглядность получаемых моделей и снизит трудоемкость их получения без использования сторонних продуктов атомно-молекулярного моделирования. Поэтому **разработку системы моделирования кристаллических структур из сферических тел с взаимно проникающими оболочками можно признать целесообразной и обоснованной.**

О системе

Из структурной схемы системы, которая изображена на рис. 2, мы можем увидеть, что система состоит из следующих подсистем:

1) подсистема ввода параметров атомов и упаковки — предназначена для ввода, изменения количеств, цвета и радиусов атомов и размеров ребер кубической упаковки;

2) подсистема визуализации предназначена для расчета координат, в которых будут располагаться атомы в упаковке (модуль расчета координат центров атомов в упаковке) и вывода в диалоговом окне системы полученной упаковки.

3) подсистема хранения результатов моделирования выполняет функции накопления создаваемых в системе моделей.



Рис.2 Структурная схема системы формирования структур

Процесс формирования структуры в системе

Для получения плотной упаковки была выбрана модель самоорганизации атомов, при которой столкновения осуществляется по законам упругого взаимодействия. Данный тип взаимодействия позволяет перебрать все возможные положения атомов в упаковке, и взаимные столкновения только повышают качество укладки атомов, уменьшая количество пустот в упаковке.

После того как пользователь задал значения наружного r_a и внутреннего r_i радиусов и указал точку в которой будет производиться самоорганизация атомов, алгоритм программы случайным образом размещает атомы по всей площади упаковки. При этом каждый атом получает радиус вектор движения и импульс, который заставляет его двигаться к точке указанной пользователем. Изначально алгоритм при расчете столкновений производил полный перебор расстойаний для каждого атома, но в и тоге был оптимизирован применением алгоритма q-tree для рекурсивного разбиения плоскости моделирования [1]. На рисунке 2 можно увидеть промежуточный момент процесса укладки атомов. Точка самоорганизации находится в центре упаковки.

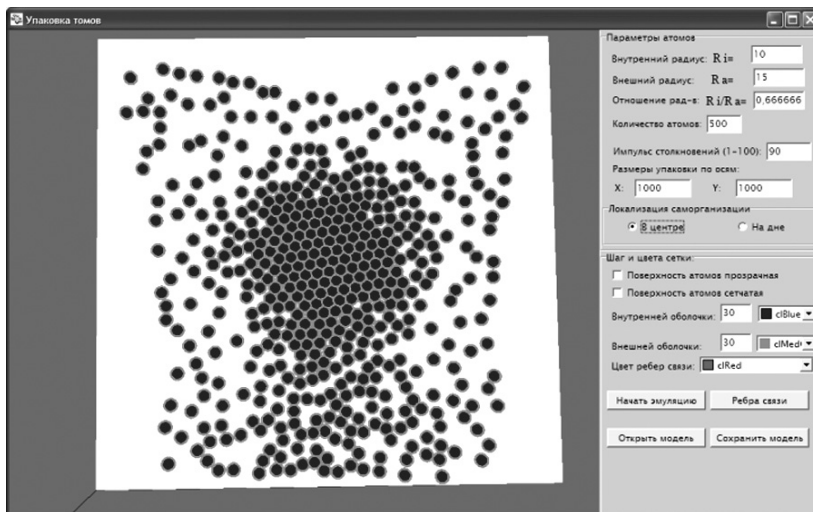


Рис.3 Самоорганизация атомов в центре упаковки

После завершения укладки атомов система формирует кристаллографическую решетку. На рисунке 4 представлена данная функция.

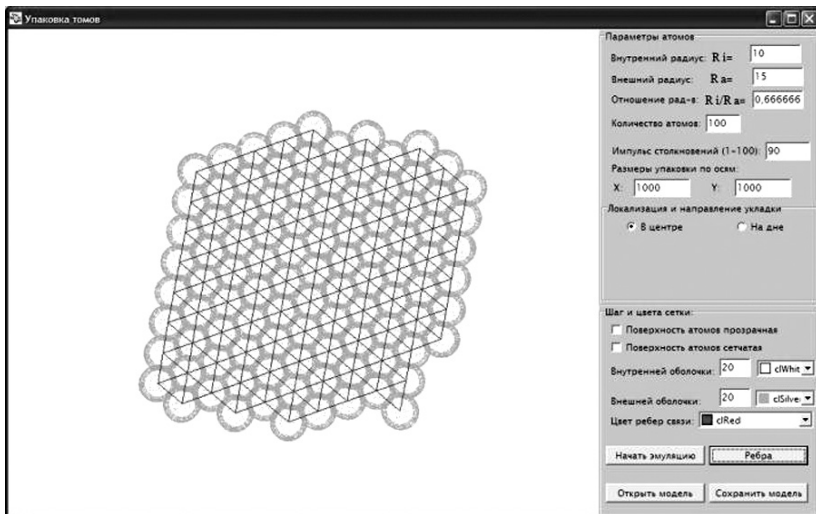


Рис.4 Формирование кристаллической решетки

Заключение

В данной работе обоснована актуальность разработки системы моделирования структур с целью визуализации процесса формирования структур по методу Титорова Д.Б [2] и описан процесс взаимодействия атомов при формировании упаковки. Представленная система разрабатывается в рамках магистерской диссертации и находится на стадии доработки и готовится к апробации в ФТИ УрО РАН.

Список литературы:

1. Квадродеревья и октодеревья. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://loi.sccc.ru/gis/QuadTree/QuadTree.html>
2. Титоров Д.Б. Формирование плоских и пространственных структур из сферических тел с взаимопроникающими оболочками. Кристаллография. 2001. Т. 46. № 1.С. 25

3.2. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

ГОРЕНИЕ ПРОПАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ МЕЖДУ ДВУМЯ ЗДАНИЯМИ

Хамидуллин Ильдар Раифович

канд. физ.-мат. наук, ст. преп., НФ БашГУ, г. Нефтекамск

E-mail: ildarkhamidullin@gmail.com

1. Введение. Природный газ при нормальных условиях имеет большой удельный объем, поэтому хранение и транспорт осуществляется при высоких давлениях. Это значительно повышает вероятность аварийных ситуаций. Численное моделирование процессов выбросов углеводородов с последующим возгоранием является наиболее рациональным и распространенным методом, которое позволяет проводить прогнозирование последствий, оценку ущерба и разработку мер защиты.

2. Основные уравнения. Рассмотрим облако как смесь газов, которое принимается за гомогенную среду с плотностью ρ , температурой T , давлением p . Пусть $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z, t)$ скорость этой среды, определяемая как среднемассовая скорость составляющих

$$\rho \vec{v} = \sum_i \rho_i \vec{v}_i. \quad (1)$$

Введем среднемассовые концентрации каждой компоненты смеси $k_i = \rho_i / \rho$. Здесь и в дальнейшем индексы $i = 1, \dots, 6$ будут соответствовать углеводороду, кислороду, углекислому газу, водяному пару, окиси углерода и азоту. Эти значения концентраций удовлетворяют условию

$$\sum_i k_i = 1. \quad (2)$$

Для смеси газов выполняется закон Дальтона, и для определения давления смеси используем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$p = \rho R_g T, \quad R_g = R \sum_i \frac{k_i}{\mu_i}. \quad (3)$$

На основе принятых предположений можем записать систему, описывающую динамику облака газов, в которую входят уравнения

неразрывности, диффузии, импульсов для всей смеси и уравнение теплового баланса:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla^k \rho v^k = 0, \quad (4)$$

$$\rho \frac{dk_i}{dt} = -\nabla^k \left(\rho \frac{v_t}{\sigma_d} \nabla^k k_i \right) + R_i, \quad (5)$$

$$\rho \frac{dv^k}{dt} = -\nabla^k p + \rho g^k + \nabla^n \tau^{kn}, \quad (6)$$

$$\rho c \frac{dT}{dt} = \nabla^k \left(\rho \frac{v_t}{\sigma_t} \nabla^k T \right) + q_1 R_1 + q_5 R_5 - Q_r. \quad (7)$$

Удельная теплоемкость смеси определяется через удельные теплоемкости компонент

$$c_p = \sum_i c_{pi} k_i. \quad (8)$$

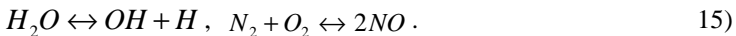
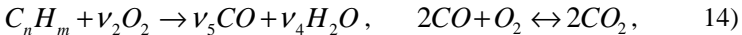
Для более детального описания процессов тепломассопереноса к данной системе уравнений (3)—(7) добавляются дополнительные уравнения $k\varepsilon$ — модели

$$\rho \frac{dK}{dt} = \nabla^k \left(\rho \frac{v_t}{\sigma_K} \nabla^k K \right) + \tau^{kn} \nabla^k v^n - \rho \varepsilon, \quad (9)$$

$$\rho \frac{d\varepsilon}{dt} = \nabla^k \left(\rho \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \nabla^k \varepsilon \right) + \frac{\varepsilon}{K} (C_{1\varepsilon} \tau^{kn} \nabla^k v^n - C_{1\varepsilon} \rho \varepsilon), \quad (10)$$

$$v_t = C_\mu K^2 / \varepsilon. \quad (11)$$

Скорость реакции определяется температурой смеси через соотношения Аррениуса. Согласно данной схеме учитываются следующие процессы:



Концентрации окисей водорода и азота для рассматриваемых смесей ~1 %. Поэтому, уравнение масс для них имеет вид

$$\rho \frac{dk_{r,j}}{dt} = R_{r,j}. \quad (16)$$

Образование и исчезновение OH и NO сопровождается тепловыми эффектами

$$Q_r = q_{r1} (R_{r1}^+ - R_{r1}^-) + q_{r2} (R_{r2}^+ - R_{r2}^-).$$

Скорость реакции горения углеводорода определяется согласно закону Аррениуса как [2, с. 53]

$$R_1 = \frac{\rho \mu k_1}{\mu_1} \frac{\rho \mu k_2}{\mu_2} A_1 \exp\left(-\frac{E_{a1}}{RT}\right). \quad (17)$$

Реакция горения окиси углерода обратима, поэтому скорости прямой и обратной реакции выражаются соотношениями

$$R_2^+ = \frac{\rho \mu k_5}{\mu_5} \frac{\rho \mu k_2}{\mu_2} A_2 \exp\left(-\frac{E_{a2}}{RT}\right), \quad R_2^- = \rho^2 \frac{\mu k_3}{\mu_3} A_3 \exp\left(-\frac{E_{a3}}{RT}\right). \quad (18)$$

Скорости изменения концентраций R_1 , R_2^+ и R_2^- определяются как

$$R_2 = -R_1 \nu_2 \mu_2 - R_2^+ \mu_2, \quad R_3 = 2R_2^+ \mu_3 - 2R_2^- \mu_3, \\ R_4 = R_1 \nu_4 \mu_4, \quad R_5 = R_1 \nu_5 \mu_5 - 2R_2^+ \mu_5 + 2R_2^- \mu_5.$$

Константы реакций диссоциации и рекомбинации (15) имеют вид

$$R_{r1}^+ = \rho^2 \frac{\mu k_4}{\mu_4} A_{r1}^+ \exp\left(-\frac{E_{ar1}}{RT}\right), \\ R_{r1}^- = \rho^2 \frac{\mu k_{r1}}{\mu_{r1}} A_{r1}^- T^{n_1}, \\ R_{r2}^+ = \rho^2 \frac{\mu k_2}{\mu_2} A_{r2}^+ \exp\left(-\frac{E_{ar2}}{RT}\right), \\ R_{r2}^- = \rho^2 \frac{\mu k_{r2}}{\mu_{r2}} A_{r2}^- T^{n_2}. \quad (19)$$

3. Начальные и граничные условия. Расчетная область ограничена 6 плоскими границами. Верхняя и боковые границы являются открытыми, и на них для параметров задаются фоновые значения. Нижняя граница является закрытой, и на ней скорость равна нулю. Для удобства задания начальных условий на прямоугольной сетке примем исходную форму облака в виде куба.

В начальный момент времени температуры окружающего воздуха и пропана однородны во всей расчетной области, давление определяется распределением Больцмана. Скорость движения в начальный момент времени равна нулю во всей расчетной области.

4. Численная схема. Численная схема решения системы уравнений (3)—(11), (16) основана на методе крупных частиц [1, с. 52—84]. К преимуществам данного метода относится устойчивость в широком диапазоне скорости движения среды.

5. Результаты расчетов. Рассмотрим случай залпового выброса пропана в простейшей конфигурации строений — в городском каньоне, образованном двумя зданиями, расположенными симметрично относительно центра выброса (рис. 1). Для анализа последствий горения образовавшейся смеси рассмотрим момент зажигания $t_3 = 30$ с.

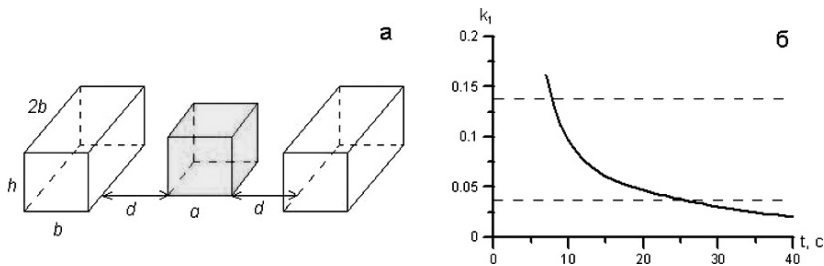


Рисунок 1. Перемешивание залпового выброса пропана с окружающим воздухом: а — конфигурация строений и начального положения облака, б — эволюция значения среднemasсовой концентрации пропана в центре облака на высоте 0,5 м.

На рис. 2, а представлены конфигурации зон теплового и разрушительного воздействия около земли, границы которых определены как огибающая площади, в которой в течение всего процесса горения температура и давление превысили критические значения ($T_{кр} = 1000$ К, $p_{кр} = 1,1$ атм).

На рис. 2, б и 2, в представлены расчетные осциллограммы для ряда характерных точек, указанных на рис. 2, а. Значения температуры в каньоне между зданиями (точки 1,2,3) достигают величин порядка 1800 К и превышают $T_{кр}$ в течение 1,5—3 с. Значение температуры за зданием (точка 4) повышается незначительно ($\Delta T = 20$ К) и, по-видимому, только за счет конвективного переноса тепла из очага горения. Пиковые значения давления в каньоне (точки 1,2,3) достигают значения $1,06 p_{атм}$. Колеблющийся характер давления объясняется отражением от стен строений. Также сравнивая величины давления в точках 1 и 2 можно утверждать об усиливающей роли стен зданий. Величина давления в точке 4 не превышает критических значений, при которых может произойти разрушение.

Таким образом, результаты расчетов позволяют определить детальную картину полей температур и давлений в очаге горения в

городском каньоне и получить количественную оценку разрушительного действия пожаров.

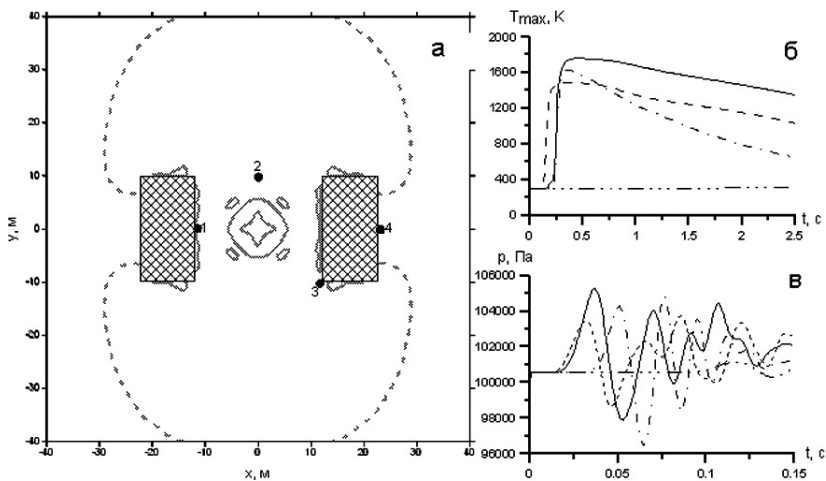


Рисунок 2 — Горение пропано-воздушного выброса между двумя зданиями при $t_3 = 30$ с: а — зоны теплового (штриховая) и силового (сплошная) воздействия; б, в — эволюция температуры (б) и давления (в) в характерных точках расчетной области (1 — сплошная, 2 — штриховая, 3 — штрих-пунктирная, 4 — штрих-трехпунктирная).

Список литературы:

1. Белоцерковский, О.М., Давыдов, Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. — М.: Наука, 1982. — 392 с.
2. Smirnov, N.N., Nikitin, V.F., Legros, J.C. Ignition and combustion of turbulent dust-air mixtures. // Combustion and Flame. 2000. V. 123. P. 46—67.

3.3. ОПТИКА

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛИКОВ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ОДНОГО РЕЗОНАНСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА И ДВУХ НЕРЕЗОНАНСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СТОЯЧИХ ВОЛН

Гарнаева Гузель Ильдаровна

канд. физ.-мат. наук, доцент, Казанский (Приволжский) Федеральный университет (кафедра образовательных технологий в физике), г. Казань

E-mail: guzka-1@yandex.ru

Нефедьев Леонид Анатольевич

д-р физ.-мат. наук, профессор, Казанский (Приволжский) Федеральный университет (кафедра образовательных технологий в физике), г. Казань

E-mail: nefediev@yandex.ru

Ахмедшина Екатерина Николаевна

аспирант, Казанский (Приволжский) Федеральный университет (кафедра образовательных технологий в физике), г. Казань

E-mail: vesnuschka-88@yandex.ru

Хахимзянова Эльза Ильдаровна

аспирант, Казанский (Приволжский) Федеральный университет (кафедра образовательных технологий в физике), г. Казань

E-mail: Elzahakim@yandex.ru

В работе [1] была показана возможность управления временем появления штарковского эха путем варьирования величин приложенных градиентов внешних пространственно неоднородных электрических полей или их взаимной ориентации. Аналогичного эффекта можно добиться с помощью нерезонансных взаимодействий системы с лазерными полями. Нерезонансные явления связаны с виртуальными переходами атомного электрона. Различие между виртуальными и реальными переходами определяется временем жизни τ атома в промежуточном состоянии. В случае реальных переходов время жизни

определяется вероятностью перехода атомного электрона из данного состояния. В случае виртуальных переходов понятие времени жизни возникает из соотношения неопределенности $\Delta E\tau \sim \hbar$, где роль неопределенности в энергии играет расстройка от резонанса $\Delta E = \hbar(\omega_{ns} - \omega)$, где ω — несущая частота лазерного излучения, а ω_{ns} — частота перехода между связанными состояниями n и s .

После включения взаимодействия с нерезонансным лазерным излучением волновая функция n -го состояния атома

$$\Psi = a_n \Psi_n^0 + \sum_{s \neq n} a_s \Psi_s^0,$$

где: коэффициенты a_s малы, а $|a_n| \rightarrow 1$.

Таким образом сдвиг энергии n -го состояния $\delta E \ll \hbar\omega_{ns}$. Чтобы не учитывать изменение волновой функции атома после воздействия нерезонансного лазерного возмущения, необходимо, чтобы время жизни промежуточных виртуальных состояний τ было гораздо меньше рассматриваемых временных интервалов при формировании штарковского эха. В случае, если нерезонансные лазерные поля имеют пространственную неоднородность, то сдвиги энергии δE становятся функциями координат $\delta E(\mathbf{r})$, что приводит к возникновению дополнительного неоднородного уширения резонансного перехода в образце.

Работа посвящена теоретическому исследованию особенностей формирования откликов двухуровневой квантовой системы при воздействии одного резонансного лазерного импульса и двух нерезонансных электромагнитных стоячих волн.

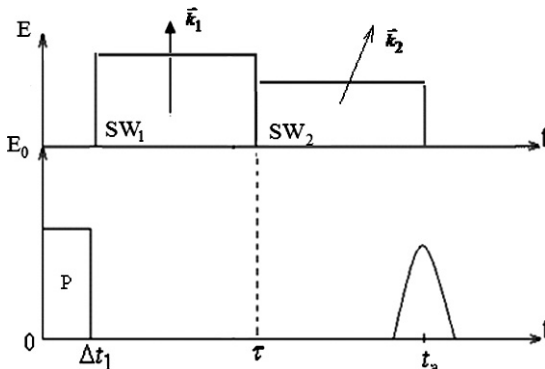


Рис. 1. *Схема возбуждения градиентного (штарковского) эха. P — возбуждающий лазерный импульс, SW_1, SW_2 — импульсы нерезонансных стоячих волн лазерного излучения, t_s — время появления отклика штарковского эха, Δt_1 — длительность возбуждения резонансного лазерного импульса.*

Рассмотрим схему возбуждения двухуровневой системы последовательностью одного резонансного лазерного импульса и двух нерезонансных лазерных импульсов, образующих стоячие волны (рис. 1). Время воздействия первого нерезонансного лазерного импульса будем считать равным τ , а время второго - до момента появления отклика системы. Для уменьшения затухания из-за обратимой релаксации T_2^* будем полагать область возбуждения неоднородно уширенной линии резонансными лазерными импульсами равной $2k\sigma$, где $k \ll 1$, σ — ширина неоднородно уширенной линии. Уравнение для одночастичной матрицы плотности во вращающейся системе координат запишем в виде

$$\frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial t} = \frac{i}{\hbar} [\mathbf{B}, \tilde{\rho}] \quad (1)$$

где:

$$\mathbf{B} = \tilde{\mathbf{H}}_{0m} + \tilde{\mathbf{U}} - \hbar \mathbf{A},$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{0m} = e^{i\mathbf{A}t} \mathbf{H}_{0m} e^{-i\mathbf{A}t},$$

$$\tilde{\mathbf{U}} = e^{i\mathbf{A}t} \mathbf{U} e^{-i\mathbf{A}t},$$

\mathbf{A} — матрица перехода во вращающуюся систему координат, \mathbf{U} — оператор взаимодействия резонансной системы с возбуждающим лазерным импульсом,

\mathbf{H}_{0m} — гамильтониан атома во внешнем пространственно неоднородном нерезонансном лазерном излучении на τ_m -ом временном интервале,

\mathbf{r} — радиус-вектор местоположения атома. В случае двухуровневой системы $\mathbf{A} = P_{22}\omega_{12}$.

Решение уравнения (1) для двухуровневой системы было получено в работе [2]. Фазовая часть напряженности электрического поля отклика системы в этом случае имеет вид

$$E_{sh} \sim \frac{1}{V} \int_{-\infty}^{\infty} \int_V \exp\left\{i \left[\pm \tau_m f(\tau_m, \Delta, \mathbf{r}) - \tau_{\zeta} f(\tau_{\zeta}, \Delta, \mathbf{r}) \right]\right\} g(\Delta) dV d\Delta \quad (2)$$

где: $\varepsilon(\tau_m, \Delta, \mathbf{r}) = C_D E_{0m}^2 \cos^2(\vec{k}\vec{r})$,

$f(\tau_m, \Delta, \mathbf{r}) = \Delta + \varepsilon(\tau_m, \Delta, \mathbf{r})$ — полные частотные сдвиги уровней резонансных атомов,

V — объем возбуждаемой части образца,

Δ — сдвиг отдельной монохроматы,

$g(\Delta)$ — Гауссова функция распределения частот, соответствующая ширине лазерного возбуждения неоднородно уширенной линии резонансного перехода $2k\sigma$,

C_D — постоянная динамического эффекта Штарка,

E_{0m} — амплитуда напряженности электрического поля m -го нерезонансного лазерного импульса.

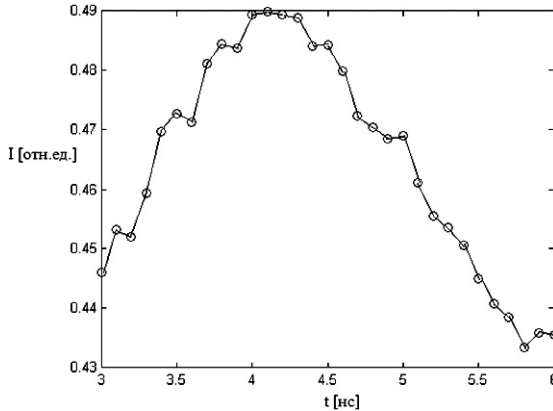


Рис. 2. Временная форма отклика при $\tau=10$ нс, $\alpha=0$, $\gamma=0$, $\beta=75^\circ$

При сравнении частотных сдвигов оптических центров на разных временных интервалах τ_η за счет взаимодействия с различно пространственно ориентированными стоячими волнами, удобно задать вектор \vec{k}_η в системе координат (x_η, y_η, z_η) , связанной с направлением распространения лазерного излучения:

$$\vec{k}_\eta = \vec{i}_\eta k_{x_\eta} + \vec{j}_\eta k_{y_\eta} + \vec{k}_\eta k_{z_\eta} \quad (3)$$

где: $(\vec{i}_\eta, \vec{j}_\eta, \vec{k}_\eta)$ — орты системы координат (x_η, y_η, z_η) . Тогда в лабораторной системе координат (x, y, z)

$$\begin{pmatrix} k_x \\ k_y \\ k_z \end{pmatrix} = A(\alpha_\eta, \beta_\eta, \gamma_\eta) \begin{pmatrix} k_{x_\eta} \\ k_{y_\eta} \\ k_{z_\eta} \end{pmatrix} \quad (4)$$

где A — матрица вращений. Из (4) следует, что

$$\begin{aligned}
k_x &= k_{x_\eta} (\cos \alpha_\eta \cos \beta_\eta \cos \gamma_\eta - \sin \alpha_\eta \sin \gamma_\eta) - \\
&k_{y_\eta} (\cos \alpha_\eta \cos \beta_\eta \sin \gamma_\eta + \sin \alpha_\eta \cos \gamma_\eta) + k_{z_\eta} \cos \alpha_\eta \sin \beta_\eta, \\
k_y &= k_{x_\eta} (\sin \alpha_\eta \cos \beta_\eta \cos \gamma_\eta + \cos \alpha_\eta \sin \gamma_\eta) + \\
&k_{y_\eta} (-\sin \alpha_\eta \cos \beta_\eta \sin \gamma_\eta + \cos \alpha_\eta \cos \gamma_\eta) + k_{z_\eta} \sin \alpha_\eta \sin \beta_\eta, \\
k_z &= -k_{x_\eta} \sin \beta_\eta \cos \gamma_\eta + k_{y_\eta} \sin \beta_\eta \sin \gamma_\eta + k_{z_\eta} \cos \beta_\eta.
\end{aligned}$$

Здесь α_η , β_η и γ_η — углы Эйлера, определяющие взаимную ориентацию систем координат (x, y, z) и (x_η, y_η, z_η) .

На рисунке 2 приведена форма отклика системы, которая возникает при определенных углах ориентации стоячих волн и значении $k=0,01$. Таким образом, наблюдается новый тип фотонного эха, формирование которого связано с пространственной структурой нерезонансных лазерных импульсов в качестве которых берутся стоячие волны. Такой тип откликов наблюдается только при определенных углах взаимной ориентации этих полей, что отличает его как от обычных сигналов фотонного эха, так и сигналов Штарковского эха.

Список литературы:

1. Нефедьев Л.А., Гарнаева Г.И., Хакимзянова Э.И. Особенности формирования штарковского эха при различных величинах градиентов внешних неоднородных электрических полей // Оптический журнал. 2011. Т. 78. № 6. С. 355—357
2. Нефедьев Л.А., Гарнаева (Хакимзянова) Г.И. Эффект «запирания» сигналов фотонного эха при многоканальной записи информации // Оптика и спектроскопия. 2008. Т. 105. № 6. С. 1007—1012

3.4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВОЙ СТРУКТУРЫ КАПЕЛЬНЫХ ЗАРОДЫШЕЙ ГРАДА

Хучунаев Бузигит Муссаевич

д-р физ.-мат. наук, зав. лаб. ФГБУ «ВГИ», г. Нальчик

E-mail: Vuzgigit@mail.ru

Хучунаева Светлана Бузигитовна

канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., ФГБУ «ВГИ», г. Нальчик

E-mail: Khuchunaeva@rambler.ru

Хучунаев Азамат Бузигитович

мл. науч сотр., ФГБУ «ВГИ», г. Нальчик

E-mail: lvtlongol@mail.ru

Большое значение для определения уровня образования капельных зародышей и для качественной интерпретации структуры градин имеет исследование пузырьковой структуры зародышей и слоев градин. Основной причиной образования воздушных включений в градинах является то, что растворимость воздуха в воде в 1000 раз больше растворимости во льду. Процессы формирования воздушных пузырьков в градинах происходят под действием различных механизмов, определяющие условия кристаллизации. Так, например, при кристаллизации капельных зародышей вначале замерзания вода пересыщается воздухом, когда пересыщение достигает 20—30 кратных значений, происходит образование пузырьков. Некоторая часть из них захватывается фронтом кристаллизации и включается в лед, другая часть с увеличением давления внутри жидкого ядра обратно растворяется в воде (закон Генри). Нарастание давления внутри жидкого ядра происходит до тех пор, пока механическая прочность, образовавшегося льда в состоянии удержать это давление. Дальнейшее увеличение давления приводит к образованию трещин, в результате чего сбрасывается давление, пересыщение воздухом воды доходит до больших значений, происходит интенсивное образование пузырьков воздуха. Некоторая часть из пузырьков воздуха захватывается движущимся фронтом

кристаллизации, другая часть - покидает каплю через трещины. Процесс образования трещин и их залечивание при кристаллизации капель происходит многократно. Авторы [13, 14] наблюдали 20 случаев образования трещин при кристаллизации одной капли.

Попытка математического моделирования образования воздушных включений в зародышах и слоях градин были предприняты в работе [2], однако практическое использование этих результатов не представляется возможным, так как рост пузырьков рассматривается изолировано друг от друга. При концентрациях пузырьков 10^3 см^3 такой подход вряд ли оправдан. По-видимому, наиболее плодотворным для описания механизма образования пузырьков в ледяных наслоениях градин будет использование метода, разработанного в работах [1, 3], который основан на рассмотрении уравнения конденсационного роста коллектива капель с учетом их взаимодействия.

В литературе имеется большое число работ, посвященных лабораторным исследованиям дисперсности воздушных включений в искусственных зародышах и слоях градин [4—12]. В этих работ показано, что характеристики воздушных включений в крупных зародышах и слоях градин зависит от многих параметров, таких, как водность, температура, давление, спектр капель и кристаллов, и это не позволило найти однозначную аналитическую связь между условиями образования и характеристиками пузырьков воздуха.

Для капельных зародышей, найден более или менее корректный метод, восстановление температурных уровней кристаллизации зародышевых капель по пузырьковой структуре. Авторы [6, 11] исследуя, в термокамере дисперсность воздушных включений в замерших каплях воды, нашли, что средний арифметический диаметр воздушных включений связан с температурой окружающей среды, при которой кристаллизуются крупные капли. Аналитическое выражение этой связи имеет вид:

$$d = -\frac{A}{t_{\infty} - 2}$$

где d — средний арифметический диаметр пузырьков, в мкм;

t — температура окружающей среды, при которой происходила кристаллизация капель, в °С;

A — постоянная величина, равная 400 по [11] и 493 по [6].

Необходимо отметить, что в работах, где получены эмпирические формулы связи характеристик воздушных включений с температурой кристаллизации не учитывается то, что скорость кристаллизации определяется не только температурой, но и скоростью воздушного потока. Для исследования влияния скорости обдува капли воздушным

потоком и температуры были проведены эксперименты. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе, которая помещалась в большую облачную камеру ВГИ (рис. 1). Капли размерами 2—4 мм шприцом наносились на нити из стекловолокна, которые были натянуты внутри аэродинамической трубы. Скорость воздушного потока регулировалась автоматически с пульта управления камерой. Температура и скорость воздушного потока измерялась термоанемометром. Срез каплей проводился на термостолике при помощи лезвий. Измерения концентрации и диаметра каплей проводились на цифровом микроскопе. Эксперименты проводились в температурном диапазоне -3 — -9°C . В каждой точке проводилось по 15 экспериментов. В таблице и на рис. 2 и 3 приводятся результаты проведенных экспериментов.

Как видно рис 2 и 3. при увеличении скорости воздушного потока уменьшается среднеарифметический диаметр воздушных включений и увеличивается их концентрация. Как видно из рисунков, определение температуры кристаллизации капельных зародышей по эмпирическим формулам без учета скорости обдува может привести к существенным ошибкам, так как характеристики воздушных включений зависят как от температуры, так и от скорости воздушных потоков.



**1 — пульт управления, 2 — генератор низких частот,
3 — тепловизор. 4 — окошко для доступа в камеру во время
проведения экспериментов; 5 — смотровое окно,
6 — система регулировки температуры.**

Рис. 1 Большая облачная камера

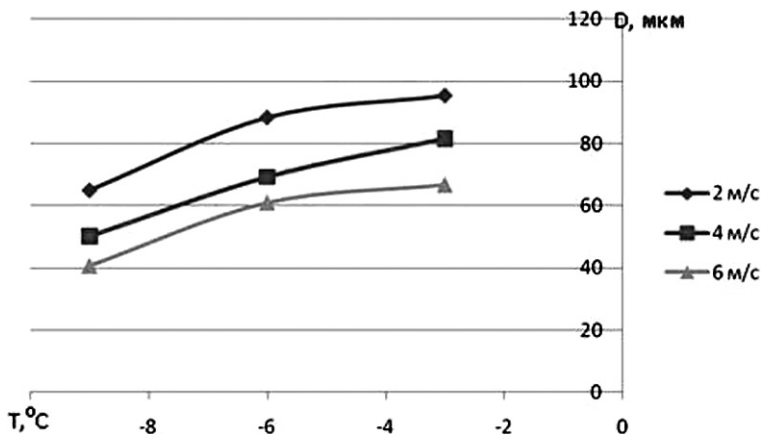


Рис 2. Изменение среднеарифметического диаметра воздушных включений в замерших каплях от температуры кристаллизации при различных скоростях воздушного потока

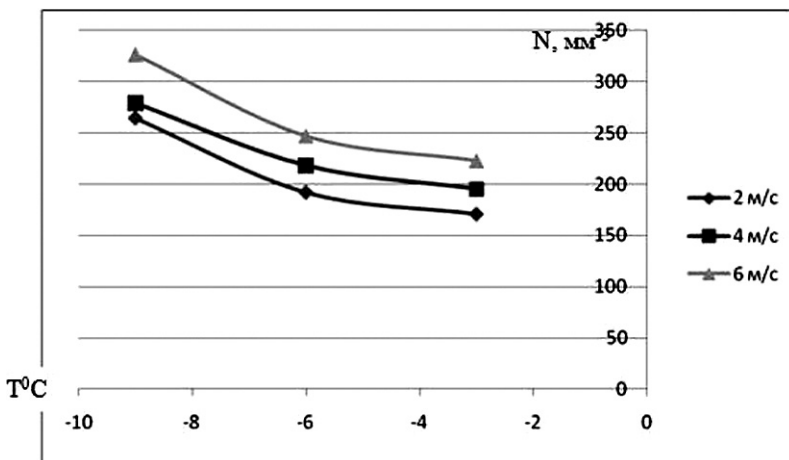


Рис 3. Изменение концентрации воздушных включений в замерших каплях от температуры кристаллизации при различных скоростях воздушного потока

Аналитический вид связи характеристик воздушных включений во льду от скорости воздушных потоков и температуры кристаллизации с учетом ранее полученных результатов и с учетом вида кривых на рис 2, 3 можно искать в виде

$$\begin{cases} d = \frac{A}{|t-2|} + \frac{A_1}{V} \\ N = 171 + B(/t + 3/) + B_1(V - 2) \end{cases}, \quad (2)$$

где d — среднеарифметический диаметр воздушных включений,
 t — температура кристаллизации капли, V — скорость
 воздушного потока,

N — концентрация воздушных включений,

A, A_1, B, B_1 — постоянные коэффициенты. $A=595$,

Система уравнений (2) позволяет по измеренным значениям
 среднеарифметического диаметра и концентрации воздушных
 включений в капельных зародышах градин определить скорость
 воздушных потоков и температуру, при котором образовались
 капельные зародыши града.

Проведенные эксперименты показали, что среднеарифметический
 диаметр воздушных включений в капельных зародышах градин зависит
 как от температуры, так и от скорости воздушного потоков, при
 увеличении скорости воздушного потока размер воздушных включений
 уменьшается.

Список литературы:

1. Борзилов В.А., Степанов А.С. К выводу уравнения конденсации для совокупности капель // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана — 1971 — т. 7. С. 164—172.
2. Жекамухов М. К. Некоторые проблемы формирования структуры градин // Л.: Гидрометеоздат, 1982. — 172 с.
3. Степанов А. С. Кинетическое уравнение диффузионного роста капель // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. — 1972. — т. 8, № 8. — С. 852—865.
4. Тлисов М. И. Результаты исследования воздушных включений в зародышах градин. // В кн. Сб. докладов Всесоюзной конференции молодых ученых Гидрометслужбы СССР. — М., Гидрометеоздат, — 1977. — С. 194—200.
5. Тлисов М. И., Эмба Я. А. Некоторые результаты исследований воздушных включений в градинах // Труды ВГИ. — 1977. — вып.34. — С. 32—38.
6. Тлисов М. И., Эмба Я. А., Хучунаев Б.М. Исследование воздушных включений в капельных зародышах градин // Труды ВГИ. — 1987 — вып. 59 — С. 11—20.
7. Brownscombe J. L., Hallett J. Experimental and field studies of precipitation particles formed by the freezing of supercooled water. — Quart. J. Roy. Met.Soc., 1967. — vol. 93, № 398. — p. 455—473.

8. Bl.List R., Agnew T.A. Air bubbles in artificial hailstones.//*J.Atm.Sci.*, 1973. vol. 30, № 5. — p. 1158—1165.
9. Carras J.M., Macklin W.S. Air bubbles in accreted ice. — *Quart. J. Roy. Met.Soc.*, 1975. —vol. 101, № 427. — p. 127—146.
10. Dye J.E., Hobbs P.V. The influence of environment analysis on the freezing and fragmentation of suspended waterdrops // — *J. Atm. Sci.*, 1968. — vol. 23. —p. 82—96.
11. List R., Murrey W.A., Dyck V. Air bubbles in hailstones.//*J. Atm. Sci.*, 1973. —vol. 29, № 5. — p. 916—920
12. Murrey W.A., List R. Freezing of waterdrops.//*J. Glac*, 1972. — vol. 11, № 63. — p. 415—429.
13. Visagie P.J. Pressures inside freezing waterdrops. — *J. Glac.*, 1969. — vol. 8, № 53. — p. 301—309.
14. Takahashi C., Vamaschita A. Deformation and fragmentation of freezing waterdrops in free fall. - *J. Met. Soc. Jap.*, 1969. — vol. 47. — p. 431—436.

3.5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В КАКОМ ЯЩИКЕ НАХОДЯТСЯ ОПЕРАЦИИ СИММЕТРИИ ПРОСТРАНСТВА МИНКОВСКОГО? ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ПЕРВОГО ТИПА

Бадретдинов Явит Сафтдинович

*доцент, канд. пед. наук, доцент кафедры общей физики, БирГСПА,
г. Бирск*

E-mail: jsbadr@rambler.ru

*«Важны не вещи, а принципы симметрии»
Стивен Вайнберг*

Введение

Принципы симметрии, куда непременно входят и операции симметрии в пространстве M , сыграли, как известно [2], решающую роль в построении теории электрослабого взаимодействия. Создание единой теории всех сил, в том числе и гравитации, как полагает ряд физиков [7, с. 201], также связано с операциями симметрии, но уже не четырехмерного, а одиннадцатимерного пространства. Таким образом, представления о симметрии пространства в комбинации с динамическими симметриями взаимодействующих частиц выступают на первый план в познании единой картины мира. В этой связи выявление всех свойств симметрии пространства, в том числе и пространства M , представляет собой актуальную физическую задачу. Поскольку свойства симметрии пространства M связаны с операциями симметрии, то возникает вопрос, существует ли теория, позволяющая вывести из одного закона, т.е. следуя M . Планку «из единственной формулы» [6, с. 23], известные операции симметрии, а также найти новые операции симметрии в пространстве M . В настоящее время в физике такой теории нет, ибо, как было отмечено В. Паули [5, с. 24] и Е. Вигнером [1, с. 10, 65], операции симметрии в пространстве M постулированы, т. е. они интуитивно угаданы. Сказанное верно как в отношении непрерывных операций симметрии в пространстве M (сдвиг и поворот), так и дискретных операций симметрии (зеркальное отражение или инверсия). Ввиду того, что дискретные операции симметрии в пространстве M связаны с дискретными

преобразованиями Лоренца, то нет ответа и на вопрос, сколько дискретных преобразований координат допускается в пространстве M .

Ответы на поставленные выше, а также и другие вопросы применительно к пространству M можно получить путем постановки и решения обратных задач трех типов.

Обратная задача первого типа. Найти уравнения пространства M из требования инвариантности волнового уравнения электродинамики.

Уравнения пространства M мы будем рассматривать как физический закон, отражающий сущность пространства M в форме соответствующих дифференциальных уравнений, представляющих собой как бы «ящик», в который и «встроены» все операции симметрии пространства M .

Обратная задача второго типа. Найти один вариант непрерывных комплексно-сопряженных решений уравнений пространства M и вывести из них как следствия все непрерывные операции симметрии в действительном и комплексном пространствах M .

Обратная задача третьего типа. Найти все варианты дискретных комплексно-сопряженных решений уравнений пространства M и вывести из них как следствия все дискретные операции симметрии в действительном и комплексном пространствах M .

Таким образом, обратные задачи второго и третьего типа и методы их решения дают как бы ключ, с помощью которого «открываются» уравнения пространства M как «ящик», откуда и «вынимаются» все операции симметрии пространства M .

1. Обратная задача первого типа. Вывод уравнений пространства M из волнового уравнения электродинамики

Смысл вышеприведенных обратных задач становится более понятным, если мы знаем как формулируется прямая задача применительно к нашему случаю. Прямая задача была решена Лоренцом [8]. Он показал, что волновое уравнение электродинамики остается неизменным относительно найденных им преобразований, т. е. преобразований Лоренца. Обратная задача — найти преобразования Лоренца из условия инвариантности волнового уравнения электродинамики, по-видимому, не поставлена до настоящего времени. Эту задачу, как выше было показано, мы делим на три задачи: обратная задача первого, второго и третьего типа.

Обратная задача первого типа. Из требования инвариантности волнового уравнения электродинамики вывести в соответствии с принципом относительности уравнения пространства M . В качестве иллюстрации, подтверждающей функцию принципа инвариантности в установлении нового закона, можно привести закон сохранения

импульса. Если бы закон сохранения импульса не был известен, то его можно было бы вывести из условия инвариантности закона сохранения энергии относительно преобразований Галилея. В случае же уравнений пространства М ситуация аналогична. Уравнения пространства М как бы «вложены» в волновое уравнение электродинамики и их можно оттуда «вытащить», используя в соответствии с принципом относительности процедуру инвариантности, а точнее, следуя А.А. Логунову форминвариантности [4, с. 11, 20], в отношении волнового уравнения. Вышесказанное представляет собой частный случай утверждения, которое, следуя Е. Вигнеру, можно сформулировать так: в ряде случаев «удается найти новые законы природы на основе постулата о том, что законы должны обладать определенной инвариантностью» [1, с. 36]. Переходим к выводу уравнений пространства М. С целью простоты рассуждений рассмотрим двумерный случай.

В инерциальных системах отчета S и S' волновое уравнение в галилеевых координатах имеет вид:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 f'}{\partial x_0'^2} - \frac{\partial^2 f'}{\partial x_1'^2} = 0, \quad (2)$$

где: f и f' — скалярные функции в пространстве М, причем $f'(x'_0, x'_1) = f(x_0, x_1)$; $x_0 = ct, x'_0 = ct'$; t и t' , x_1 и x'_1 — время и декартовы координаты точки в системах отсчета S и S' ; c — электродинамическая постоянная. Искомые преобразования представим в виде

$$x_i = x_i(x'_0, x'_1), \quad i = 0, 1. \quad (3)$$

С учетом (3) находим первые и вторые производные от f по x_0 и x_1 :

$$\frac{\partial f}{\partial x_0} = \frac{\partial f}{\partial x'_0} \frac{\partial x'_0}{\partial x_0} + \frac{\partial f}{\partial x'_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x_0},$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = \frac{\partial f}{\partial x'_0} \frac{\partial x'_0}{\partial x_1} + \frac{\partial f}{\partial x'_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x_1},$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 f}{\partial x_0^2} &= \frac{\partial^2 f}{\partial x_0'^2} \left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \right)^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial x_0' \partial x_1'} \frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \frac{\partial x_1'}{\partial x_0} + \frac{\partial f}{\partial x_0'} \frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_0^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial x_0' \partial x_1'} \frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \frac{\partial x_1'}{\partial x_0} + \\ &+ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1'^2} \left(\frac{\partial x_1'}{\partial x_0} \right)^2 + \frac{\partial f}{\partial x_1'} \frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_0^2}, \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} &= \frac{\partial^2 f}{\partial x_0'^2} \left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \right)^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial x_0' \partial x_1'} \frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \frac{\partial x_1'}{\partial x_1} + \frac{\partial f}{\partial x_0'} \frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial x_0' \partial x_1'} \frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \frac{\partial x_1'}{\partial x_1} + \\ &+ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1'^2} \left(\frac{\partial x_1'}{\partial x_1} \right)^2 + \frac{\partial f}{\partial x_1'} \frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_1^2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

После подстановки (4) в (1) получим

$$\left. \begin{aligned} &\left[\left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \right)^2 \right] \frac{\partial^2 f}{\partial x_0'^2} - \left[\left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \right)^2 \right] \frac{\partial^2 f}{\partial x_1'^2} + \\ &+ 2 \left[\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \frac{\partial x_1'}{\partial x_0} - \frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \frac{\partial x_1'}{\partial x_1} \right] \frac{\partial^2 f}{\partial x_0' \partial x_1'} + \left[\frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_1^2} \right] \frac{\partial f}{\partial x_0'} + \left[\frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_1^2} \right] \frac{\partial f}{\partial x_1'} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Уравнение (5) в соответствии с требованием форминвариантности перейдет в уравнение (2) при выполнении следующих условий:

$$\left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \right)^2 = 1, \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial x_1'}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial x_1'}{\partial x_0} \right)^2 = 1, \quad (7)$$

$$\frac{\partial x_0'}{\partial x_0} \frac{\partial x_1'}{\partial x_0} - \frac{\partial x_0'}{\partial x_1} \frac{\partial x_1'}{\partial x_1} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 x_0'}{\partial x_1^2} = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 x_1'}{\partial x_1^2} = 0. \quad (10)$$

Систему уравнений ((6)-(10)) применительно к четырехмерному случаю обобщенно можно представить так:

$$\sum_{k=0}^3 e_k \frac{\partial x'_j}{\partial x_k} \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} = e_j \delta_{ji}, \quad j, i = 0, 1, 2, 3, \quad (11)$$

$$\sum_{k=0}^3 e_k \frac{\partial^2 x'_j}{\partial x_k^2} = 0, \quad j = 0, 1, 2, 3, \quad (12)$$

где: $e_0 = -e_1 = -e_2 - e_3 = 1$; $\delta = \begin{cases} 1, & i = j, \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$

Уравнения (11) и (12) соответствуют преобразованиям координат при переходе от системы отсчета S к S' . Столько же уравнений получим при обратном переходе, т.е. от S' к S

$$\sum_{k=0}^3 e_k \frac{\partial x_j}{\partial x'_k} \frac{\partial x_i}{\partial x'_k} = e_j \delta_{ji}, \quad (13)$$

$$\sum_{k=0}^3 e_k \frac{\partial^2 x_j}{\partial x_k'^2} = 0. \quad (14)$$

Полученные уравнения (11) и (12), или (13) и (14) назовем уравнениями пространства M .

2. Анализ уравнений пространства M

Закон о пространстве в форме дифференциальных уравнений

Уравнения ((11)-(12)), как выше было сказано, представляют собой уравнения пространства. Это означает, что эти уравнения как физический закон выражают сущность пространства M в форме дифференциальных уравнений, подобно тому как уравнения Максвелла в качестве физического закона выражают сущность электродинамики. Утверждение о том, что уравнения пространства представляют собой физический закон, доказывается с применением процедуры инвариантности в отношении уравнений пространства M . Предварительный ответ таков: уравнения пространства M удовлетворяют требованию инвариантности, тогда эти уравнения приобретают статус физического закона. Докажем этот результат. Подвергнем процедуру инвариантности только два уравнения (6) и (8).

В случае перехода от системы отчета S'' к S' имеем

$$x'_0 = x'_0(x''_0, x''_1), \quad x'_1 = x'_1(x''_0, x''_1). \quad (15)$$

Уравнения (6) и (8) для этого случая имеют вид:

$$\left(\frac{\partial x'_0}{\partial x''_0}\right)^2 - \left(\frac{\partial x'_0}{\partial x''_1}\right)^2 = 1, \quad (16)$$

$$\frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_0} - \frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_1} = 0. \quad (17)$$

Здесь в соответствии с требованием инвариантности уравнения (6) и (8) в ходе преобразований (15) должны переходить в уравнения (16) и (17). Находим первые производные от x'_0 и x'_1 (см. (15)) по x_0, x_1 :

$$\frac{\partial x'_0}{\partial x_0} = \frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x''_0}{\partial x_0} + \frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_0}, \quad (18)$$

$$\frac{\partial x'_0}{\partial x_1} = \frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x''_0}{\partial x_1} + \frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_1}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial x'_1}{\partial x_0} = \frac{\partial x'_1}{\partial x''_0} \frac{\partial x''_0}{\partial x_0} + \frac{\partial x'_1}{\partial x''_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_0}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial x'_1}{\partial x_1} = \frac{\partial x'_1}{\partial x''_0} \frac{\partial x''_0}{\partial x_1} + \frac{\partial x'_1}{\partial x''_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_1}. \quad (21)$$

После подстановки (18) и (19) в (6) получим

$$\left. \left[\left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_1} \right)^2 \right] \left(\frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \right)^2 - \left[\left(\frac{\partial x''_1}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \right)^2 \right] \left(\frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \right)^2 + \right. \quad (22)$$

$$\left. + 2 \frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \left[\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \frac{\partial x''_1}{\partial x_0} - \frac{\partial x''_0}{\partial x_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_1} \right] = 1. \right.$$

После подстановки (20) и (21) в (8) имеем

$$\left. \left[\left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_1} \right)^2 \right] \frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_0} - \left[\left(\frac{\partial x''_1}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \right)^2 \right] \frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_1} + \right. \quad (23)$$

$$\left. + \left(\frac{\partial x''_0}{\partial x_0} \frac{\partial x''_1}{\partial x_0} - \frac{\partial x''_0}{\partial x_1} \frac{\partial x''_1}{\partial x_1} \right) \left(\frac{\partial x'_0}{\partial x''_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_0} - \frac{\partial x'_0}{\partial x''_0} \frac{\partial x'_1}{\partial x''_1} \right) = 0. \right.$$

В соответствии с требованием инвариантности уравнение (22) переходит в уравнение (16), а уравнение (23) в уравнение (17) при выполнении следующих условий:

$$\left(\frac{\partial x_0''}{\partial x_0}\right)^2 - \left(\frac{\partial x_0''}{\partial x_1}\right)^2 = 1, \quad (24)$$

$$\left(\frac{\partial x_1''}{\partial x_1}\right)^2 - \left(\frac{\partial x_1''}{\partial x_0}\right)^2 = 1, \quad (25)$$

$$\frac{\partial x_0''}{\partial x_0} \frac{\partial x_1''}{\partial x_1} - \frac{\partial x_0''}{\partial x_1} \frac{\partial x_1''}{\partial x_0} = 0. \quad (26)$$

Уравнения ((24)-(26)) представляют собой уравнения пространства М, соответствующие переходу от системы отчета S к S'' , т. е. $x_0'' = x_0''(x_0, x_1)$, $x_1'' = x_1''(x_0, x_1)$. Таким образом, уравнения пространства ((6)—(10)) удовлетворяют требованию инвариантности, следовательно, эти уравнения ((6)—(10)) приобретают статус физического закона. Кроме того, отметим еще один важный результат: применение процедуры инвариантности к каждому уравнению пространства генерирует уравнения пространства ((24)—(26)). Другими словами, каждое уравнение пространства М потенциально содержит сущность пространства подобно тому, как любой осколок голограммы содержит всю информацию об объекте.

3. Доказательство линейности преобразований координат

$x_i = x_i(x'_0, x'_1)$ в пространстве М

В геометрической теории пространства линейность преобразований галилеевых координат не доказывается, а чаще всего постулируется, или для объяснения линейности $x_i = x_i(x'_0, x'_1)$ используется вывод из другой физической теории, а именно из механики: равномерное и прямолинейное движение в системе отчета S должно быть таким же и в S' [5, с. 24]. Мы же исходим из того, что теория пространства должна дать ответы на все вопросы, относящиеся к пространству, в том числе и на вопрос, какими должны быть преобразования $x_i = x_i(x'_0, x'_1)$.

Выпишем для двумерного случая уравнения пространства М первого типа (см. (6)—(8))

$$\left(\frac{\partial x'_0}{\partial x_0}\right)^2 - \left(\frac{\partial x'_0}{\partial x_1}\right)^2 = 1, \quad (27)$$

$$\left(\frac{\partial x'_1}{\partial x_1}\right)^2 - \left(\frac{\partial x'_1}{\partial x_0}\right)^2 = 1, \quad (28)$$

$$\frac{\partial x'_0}{\partial x_0} \frac{\partial x'_1}{\partial x_1} - \frac{\partial x'_0}{\partial x_1} \frac{\partial x'_1}{\partial x_0} = 0, \quad (29)$$

Решения уравнений (27) и (28) будем искать в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial x'_0}{\partial x_0} &= \pm ch\alpha, \\ \frac{\partial x'_0}{\partial x_1} &= \pm sh\alpha, \\ \frac{\partial x'_1}{\partial x_1} &= \pm ch\beta, \\ \frac{\partial x'_1}{\partial x_0} &= \pm sh\beta. \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Возьмем один вариант искомым решений (30) со знаком "+" и подставим в (29), что дает

$$sh\beta ch\alpha - sh\alpha ch\beta = 0,$$

или

$$sh(\beta - \alpha) = 0,$$

или

$$\beta = \alpha. \quad (31)$$

Уравнения (30) (с учетом (31)) пока не сможем интегрировать, так как $\alpha = \alpha(x_0, x_1)$ представляет собой неизвестную функцию. Явный вид $\alpha = \alpha(x_0, x_1)$ найдем из условия интегрируемости функций $x'_0 = x'_0(x_0, x_1)$ и $x'_1 = x'_1(x_0, x_1)$:

$$\frac{\partial^2 x'_0}{\partial x_1 \partial x_0} = \frac{\partial^2 x'_0}{\partial x_0 \partial x_1}, \quad (32)$$

$$\frac{\partial^2 x'_1}{\partial x_1 \partial x_0} = \frac{\partial^2 x'_1}{\partial x_0 \partial x_1}. \quad (33)$$

Подстановка (30) (со знаком "+" в правой части и с учетом (31)) в (32) и (33) дает

$$sh\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x_0} - ch\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x_1} = 0, \quad (34)$$

$$ch\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x_0} - sh\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x_1} = 0. \quad (35)$$

Уравнения (34) и (35) представляют собой систему двух однородных линейных уравнений относительно $\frac{\partial \alpha}{\partial x_0}$ и $\frac{\partial \alpha}{\partial x_1}$ с определителем, отличным от нуля и равным единице, т.е.

$$\Delta = ch^2\alpha - sh^2\alpha = 1.$$

Это значит, что уравнения (75) и (76) имеют только тривиальные решения [3, с. 47]:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x_0} = 0, \quad \frac{\partial \alpha}{\partial x_1} = 0,$$

откуда

$$\alpha = const. \quad (36)$$

Тогда решения уравнений (30) для одного варианта (в правой части берется знак "+") имеет следующий вид:

$$x'_0 = ch\alpha x_0 + sh\alpha x_1 + C_1,$$

$$x'_1 = sh\alpha x_0 + ch\alpha x_1 + C_2.$$

Следовательно, решения уравнений пространства М ((27)—(29)), взятых в декартовых координатах, представляют собой линейные преобразования, т.е. x'_0 и x'_1 линейно зависят от x_0 и x_1 . Верно и обратное утверждение. Кроме того, результат (36) позволяет сформулировать ещё один вывод: уравнения пространства М ((27)—(29)) относительно $\frac{\partial x'_i}{\partial x_k}$ представляют собой систему алгебраических уравнений.

Список литературы:

1. Вигнер Е. Этюды о симметрии: Пер. с англ. / Под ред. Я. А. Смородинского. — М.: Мир, 1971. — 318 с.
2. Глэшоу Ш., Салам А., Вайнберг С. Нобелевские лекции по физике // УФН, — 1980. т. 132, вып. 2.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. — 831 с.
4. Логунов А. А. Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 272 с.
5. Паули В. Теория относительности: Пер. с нем. и англ. — 3-е изд. испр. / Под ред. В. Л. Гинзбурга и В. П. Фролова. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. (Б-ка теор. физики). — 328 с. — ISBN 5-02-014346-4.
6. Планк М. Единство физической картины мира. — М.: Наука, 1966. — 288 с.
7. Салам А. Унификация сил // Фундаментальная структура материи/ Пер. с англ.: под ред. и с предел. А. Д. Суханова. — М.: Мир, 1984. С. 173—203.
8. Lorentz H.A. Electromagnetic Phenomena in a System Moving with any Velocity Smaller than that of Light // Amst. Proc. — V. 6. — P. 809; 1904. V. 12. — P. 986.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНИНЫ ПОМОЛА ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ФАКЕЛА

Бекетаева Меруерт Турганбеккызы
магистр естественных наук, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: Mika.1986_86@mail.ru

Аскарова Алия Сандыбаевна
д-р физ.-мат. наук, профессор КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: aliya.askarova@kaznu.kz

Болегенова Сымбат Алихановна
PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: symbat.80@mail.ru

Максимов Валерий Юрьевич
магистр, PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: maximov.v@mail.ru

Габитова Зарина Хамитовна
магистрант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
E-mail: gabitova.zarina@mail.ru

При рассмотрении макрокинетики горения пылеугольного факела используют в основном две основные закономерности: закономерности горения одиночной угольной частицы и закон распределения частиц горения реального полидисперсного пылеугольного факела по размерам. Некоторые исследователи предполагали возможность замены рассмотрения полидисперсной угольной пыли эквивалентной монодисперсной, размер частиц которой равен среднему размеру частиц полидисперсной пыли. Однако, если принять в качестве закона распределения пылеугольных частиц по размерам закон Розина-Раммлера, то средний размер частиц

определяется из соотношения:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\delta_{\text{max}}}{n} \frac{\tilde{A}(1/n)}{a^{1/n}}, \quad (1)$$

где: $\Gamma(1/n)$ — гамма-функция от $1/n$;

a — показатель тонкости помола;

n — показатель равномерности помола (полидисперсности).

Величина среднего размера частиц обуславливается двумя факторами и может быть одинаковой при бесконечном множестве сочетаний тонкости и равномерности помола. В качестве примера сопоставим монодисперсную пыль с размером частиц 40 мкм с эквивалентными полидисперсными. Тот же средний размер частиц 40 мкм, например, имеет угольная пыль трех совершенно разных реально возможных помолов:

№ 1 $R_{90}=12,4\%$ $R_{200}=4,2\%$

№ 2 $R_{90}=10,0\%$ $R_{200}=0,5\%$

№ 3 $R_{90}=2,2\%$ $R_{200}=0\%$

Очевидно, что при одинаковых условиях сжигания ко времени, когда полностью сгорят все частицы размером менее 90μ (с целью сравнения, для оценки порядка недожога, пренебрегаем частичным выгоранием более крупных фракций), у пыли № 1 механический недожог составит $q_4=12,4\%$; № 2 — $q_4=10,0\%$; № 3 — $q_4=2,2\%$; ко времени, когда полностью сгорят все частицы менее 200μ , соответственно имеем: для пыли № 1 — $4,2\%$; № 2 — $0,5\%$; № 3 — 0% . Таким образом, при одинаковой $\delta_{cp}=40\mu$ приведенные три вида пыли горят совершенно по-разному, что свидетельствует о недостаточности учета одного среднего размера частиц для гранулометрической характеристики пылеугольного факела. Поскольку в (1) средний размер частиц определяется двумя факторами, то для достаточной характеристики угольной пыли необходимо знать оба показателя: a и n , т.е. закон распределения пылеугольных частиц по размерам. В работе [3] было проведено специальное сравнение выгорания моно- и полидисперсного угольного факела. Исследовалась пыль трех углей: ленгерского бурого ($V_z = 41\%$), экибастузского ($V_z = 26,5\%$) и кузнецкого ($V_z = 14\%$) каменных. Наряду с полидисперсной угольной пылью $R_{90} = 30\%$, $R_{200} = 0,5\%$ ($\delta_{cp} \approx 71\mu$) и $R_{90} = 40\%$, $R_{200} = 0,5\%$ ($\delta_{cp} \approx 82\mu$) исследовались две наиболее близкие к ним квазимонодисперсные фракции $60-75\mu$ (в среднем 68μ) и $75-100\mu$ (в среднем 88μ). Исследования проводились при одинаковых расходах топлива, коэффициентах избытка воздуха ($\alpha = 1,2$) и температурах подогрева последнего (200°C). Результаты экспериментального сопоставления выгорания моно- и полидисперсной угольной пыли представлены на рисунке 1.

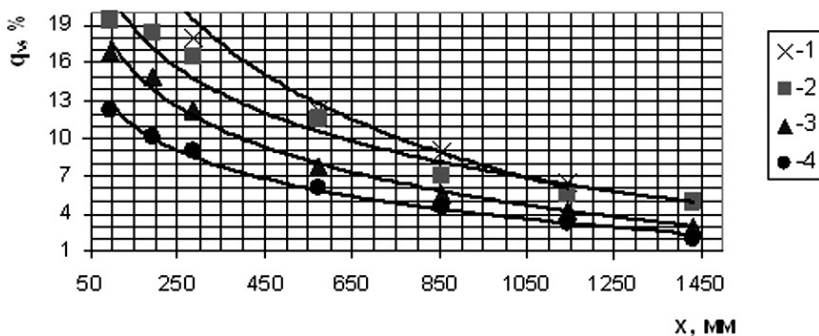


Рисунок 1. Сравнение выгорания моно- и полидисперсного факела экибастузского угля [3]

- 1 — полидисперсная пыль $R_{90}=40\%$ ($d_{cp}\approx 82$ мкм);
- 2 — полидисперсная пыль $R_{90}=30\%$ ($d_{cp}\approx 71$ мкм);
- 3 — квазимонодисперсная пыль 75—100 мкм ($d_{cp}\approx 88$ мкм);
- 4 — квазимонодисперсная пыль 60—75 мкм ($d_{cp}\approx 68$ мкм).

Как видно из рисунка, монодисперсная и полидисперсная пыли действительно выгорают совершенно различно. При этом характерно, что на рассматриваемом участке процесса горения (в пределах механического недожога $23 > q_4 > 1-2\%$) монодисперсная угольная пыль выгорает значительно быстрее полидисперсной. Исходя из теоретических соображений, до момента, пока полностью выгорят все более мелкие, чем эквивалентная монодисперсная, фракции полидисперсной пыли, последняя будет выгорать быстрее за счет более быстрого выгорания мелких фракций. С этого же момента, наоборот, полидисперсная пыль будет выгорать медленнее за счет более медленного выгорания крупных фракций (более крупных, чем монодисперсная пыль). Таким образом, экспериментальное сопоставление проводилось после того, когда все мелкие фракции полидисперсной пыли уже выгорели. Минимальный размер частиц реальной угольной пыли всегда больше нуля и имеет хотя и весьма малое, но какое-то конечное значение. Для топочных процессов вполне приемлемо обычно принимаемое минимальное значение размера частиц $\delta_{\min} \approx 0,1\mu$. То же самое можно сказать и о максимальном размере, который всегда меньше бесконечности и имеет сравнительно небольшое конечное значение. Для практических целей можно в качестве максимального принять размер частиц, соответствующий остатку на сите $R_2 = 0,1\%$. При условии принятия

таких пределах интегрирования ($\delta_{\min} = 0,1\mu$ и δ_{\max} , соответствующего $R_2 = 0,1\%$) основная характеристика помола — полная поверхность пыли — может быть определена численным интегрированием известного уравнения:

$$S' = \frac{6 \cdot 10^6}{\gamma_y} \int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} \frac{dR_\delta}{\delta} = \frac{6 \cdot 10^6}{\gamma_y} na \int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} \delta^{n-2} e^{-a\delta^n} d\delta,$$

где γ_y — удельный вес угля, кг/м³.

Если $n > 1$ полная поверхность пыли определяется из выражения (в результате интегрирования в теоретических пределах от $\delta_{\min} = 0$ до $\delta_{\max} = \infty$):

$$S' = \frac{6 \cdot 10^6}{\gamma_y} a^{\frac{1}{n}} \frac{\pi}{\sin \frac{\pi}{n} \Gamma(\frac{1}{n})}$$

Вообще же для реальных пределов размеров частиц В.П. Ромадин [3] дает следующее приближенное выражение:

$$S' \approx \frac{6 \cdot 10^6}{\gamma_y} a^{\frac{1}{n}} \ln(10\delta_{\max}) = \frac{6 \cdot 10^6}{\gamma_y} \frac{\sqrt[n]{6,9 \ln(10\delta_{\max})}}{\delta_{\max}} \quad (2)$$

Между входящими в это уравнение двумя равнозначными показателями тонкости помола a и δ_{\max} существует следующая

связь:
$$\delta_{\max} = \frac{\sqrt[n]{6,9}}{a^{\frac{1}{n}}}.$$

Выражение (2) действительно только для идеализированной пыли: с частицами сферической или кубической формы, при постоянстве удельного веса и показателя полидисперсности пыли (n) для всех её фракций.

С другой стороны, угрубление помола имеет и негативные последствия. В частности, при этом возможно снижение устойчивости горения факела, так как уменьшается поверхность контакта топлива с окислителем. Из-за смещения ядра факела возможно возрастание потерь тепла с механическим недожогом. Повышается золовой износ конвективных поверхностей нагрева. Таким образом, из краткого

рассмотрения влияния тонины помола на надежность и экономичность работы котлов видно, что она является одним из основных параметров, определяющих топочный процесс.

Эксперименты по изучению влияния тонкости помола угольной пыли на горение пылеугольного факела экибастузского угля проводились на факельном стенде КазНИИЭ и на натурном котле ПК-39 Аксуйской ГРЭС. При этом в огневых опытах на стендах сжигалась угольная пыль с тониной помола $R_{90}=10, 15, 27, 31$ и 38% , а на натурном котле — с $R_{90}=10, 15$ и 27% . На рисунке 2 показано изменение температуры факела по его длине для различных значений тонины помола. Причем в начальных сечениях до стабилизации процесса горения за температуру факела принималась температура топливно-воздушной смеси, как наиболее характерная для процесса воспламенения. После процесса стабилизации температура газов в поперечном сечении усреднялась.

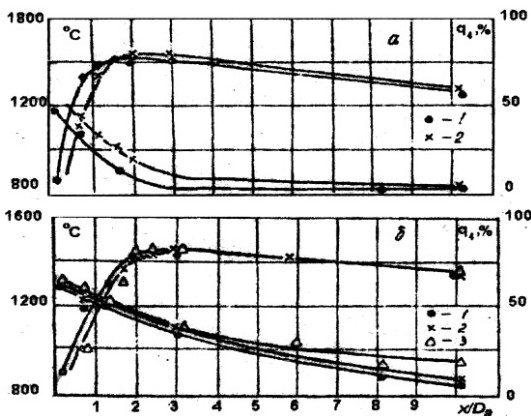


Рисунок 2. Изменение температуры и выгорания топлива для тонкой (а) и грубой (б) пыли: а-1, 2-соответственно $R_{90}=10$ и 15% ; б—1, 2, 3-соответственно $R_{90}=27, 31$ и 38%

Как видно из рисунка 2, при угрублении помола смещается местоположение ядра факела. Для пыли $R_{90}=10\%$ оно находится на расстоянии $x/D_a=1.6$ от устья горелки, для $R_{90}=38\%$ возрастает до 2,4 калибра. Кроме того, увеличивается протяженность зоны максимальных температур. Из этих данных легко заметить снижение интенсивности горения при угрублении помола топлива. В частности, возрастание температуры факела при сжигании более грубой пыли происходит медленнее. Например, разность температур факела тонкой и грубой пыли в сечении $x/D_a=0.8$ составляет 300°C . Затягивание воспламенения,

смещение и растянутость ядра факела при угрублении помола приводят к увеличению температуры в конце факела, причем разница в температуре газов на выходе из модельной камеры сгорания составляет 50—80°C. Разница в степени выгорания тонкой ($R_{90}=10\%$) и грубой ($R_{90}=38\%$) пыли в сечении $x/D_a=0,8$ может достигать 30%. В дальнейшем (даже в пределах начального участка) она уменьшается. В топочных камерах при сжигании экибастузского угля обычной зольности в большей степени используется пыль с тониной помола $R_{90}=14\div 16\%$. Однако увеличение зольности заметно затягивает воспламенение и снижает устойчивость зажигания факела. Переход на сжигание более тонкой угольной пыли в определенной мере позволяет компенсировать это нежелательное явление, так как при этом заметно возрастает поверхность контакта топлива с окислителем и улучшается воспламенение факела [1]. Поэтому при проведении опытов с сжиганием углей повышенной зольности помол был утонен до $R_{90}=10\%$.

Из сравнения поперечных профилей температуры для двух значений тонины помола (рис. 3) видно, что на начальном участке факела в сечении $\bar{X}=0,2$ для тонкой пыли температура в зоне ввода аэросмеси почти на 200⁰C выше. Температуры также выше и в периферийной зоне, хотя в приосевых обратных токах они совпадают. В сечении $\bar{X}=0,8$ разница в температурах газов на периферии факела уменьшается, но в то же время появляется разница температур в зоне обратных токов, что обусловлено более ранним воспламенением пыли с тониной помола $R_{90}=10\%$. В дальнейшем эта разница уменьшается и почти полностью исчезает на расстоянии $\bar{X}=1,6$. Однако, температура в конце камеры сгорания несколько выше. Эти результаты совпадают с данными, полученными при сжигании углей обычной зольности с различной тониной помола.

Распределение температуры по длине факела для угля с обычной зольностью тониной помола $R_{90}=14\div 16\%$ и высокозольного с $R_{90}=10\%$ (рис. 4) показывает, что на расстоянии $\bar{X}=0,2$ значения минимальных температур почти совпадают, т.е. по устойчивости воспламенения они практически равноценны. Однако, начиная с сечения $\bar{X}=1,2$, температура газов для углей обычной зольности превышает на 50÷100⁰C её значения для случая сжигания угля повышенной зольности при утонении помола до $R_{90}=10\%$, что приводит к более быстрому выгоранию топлива. В сечении $\bar{X}=2,0$ уголь обычной

зольности выгорает на 10 % больше, чем в случае сжигания угля повышенной зольности. Тем не менее, величина потерь тепла с механическим недожогом для обоих случаев различается незначительно.

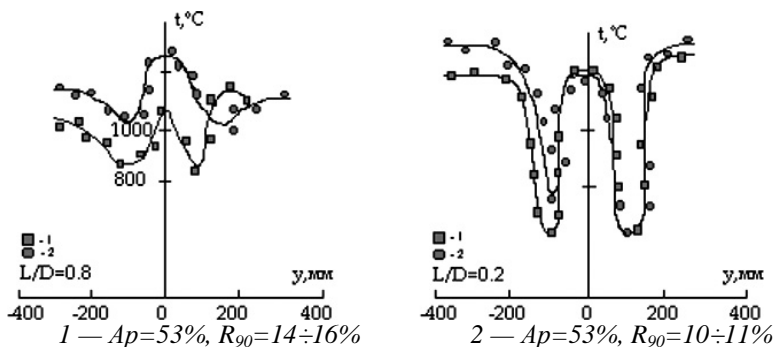


Рисунок 3. Совмещенные поперечные профили температур в начальных сечениях факела

Это подтверждает, что выгорание высокозольного угля идет с достаточной интенсивностью и возрастание зольности главным образом влияет на условия зажигания факела [2]. Таким образом, можно сделать вывод о том, что форсирование распределением частиц по размерам в пылеугольном факеле позволяет довести устойчивость воспламенения высокозольного экибастузского угля до уровня, характерного для пылевого факела угля обычной зольности. Однако, экспериментально решить эту задачу очень трудно, поскольку такое решение требует огромных материальных затрат. В этом случае численное моделирование является одним из наиболее приемлемых способов.

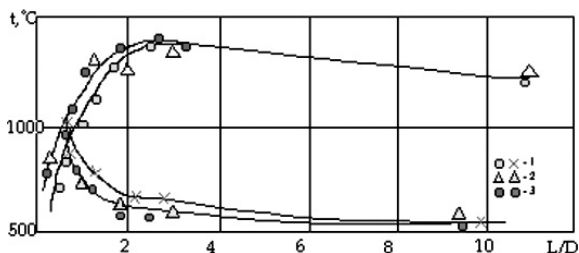


Рисунок 4. Изменение температуры и выгорание топлива по длине факела

1 — $Ar=53\%$, $R_{90}=10\div11\%$; 2 — $Ar=53\%$, $R_{90}=14\div16\%$; 3 — $Ar=44\%$, $R_{90}=14\div16\%$

Таблица 1**Значения основных характеристик процесса горения моно- и полидисперсного пылеугольного факела в сравнении с экспериментальными данными**

№	Величина	Единица измерения	Эксперимент	МОНОДИСПЕРСНЫЙ ФАКЕЛ	Полидисперсный факел
1	T	°C	1180	1219	1202
2	O ₂	Kg/kg	3.5*10 ⁻²	3.18*10 ⁻²	3.45*10 ⁻²
3	CO	Kg/kg	1.80*10 ⁻⁴	2.01*10 ⁻⁴	1.97*10 ⁻⁴
4	CO ₂	Kg/kg	0.17	0.20	0.19

Полученные результаты позволяют оценить влияние диаметров угольных частиц, а также монодисперсности и полидисперсности топливно-воздушного реагирующего потока на воспламенение, местоположение ядра факела, интенсивность горения пылеугольного факела и на образование вредных пылегазовых выбросов в атмосферу.

Список литературы:

1. Алияров Б.К., Устименко Б.П., Бухман М.А. Разработка и внедрение вихревых трехканальных горелок на котлах ПК—39—2 Ермаковской ГРЭС: отчет // КазНИИЭ. — № Г.Р. 01910010550. — Алма-Ата, 1991. — 59 с.
2. Киселев Н.А. Котельные установки.- М.: Высшая школа, 1979. — 270 с.
3. Резняков А.Б., Басина И.П., Бухман С.В., Вдовенко М.И., Устименко Б.П. Горение натурального твердого топлива.- Наука, 1968. - 405 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ УГЛЕРОД — ИНЕРТНЫЙ МАТЕРИАЛ ПРИ ПОСЛОЙНОЙ ЗАГРУЗКЕ

Вагнер Сергей Александрович

инженер, ИПХФ РАН, Черноголовка

E-mail: yagnerserge@gmail.com

Салганский Евгений Александрович

канд. физ.- мат. наук, ст. науч. сотр., ИПХФ РАН, Черноголовка

E-mail: sea@icp.ac.ru

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК 14.740.11.1093

Под фильтрационным горением (ФГ) понимается распространение волн экзотермического превращения в пористой среде при фильтрации газа. Механизм распространения зоны реакции в таких системах обычно включает прогрев исходных веществ перед фронтом и локальное химическое взаимодействие реагентов с выделением большого количества тепла [1—3]. ФГ представляет собой особый вид процессов горения, активно использующийся в различных технологических процессах.

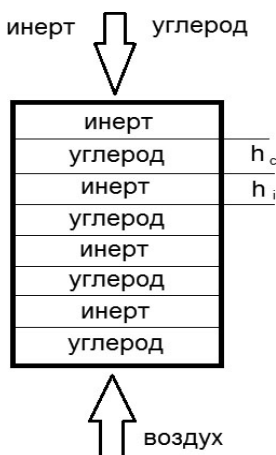


Рис.1. Принципиальная схема.

При ФГ твердых топлив может наблюдаться неустойчивость фронта горения. Для борьбы с неустойчивостью горения, например, с искривлением фронта волны горения, может применяться послойная загрузка шихты. Целью исследования являлось изучение влияния организации процесса при послойной загрузке шихты на характеристики горения.

Математическая постановка задачи. Рассматривается воздушная газификация смеси частиц углерода с инертным материалом при спутном распространении волны горения и вынужденной фильтрации воздуха в вертикальном неадиабатическом реакторе. Загрузка шихты происходит послойно: слой углерода — слой инертного материала. Принципиальная схема показана на рис. 1. Для формулировки математической модели примем допущения: рассматриваем процесс в одномерном приближении в рамках однотемпературной модели; реактор неадиабатический; перепад давления мал и давление по всему реактору принимаем равным 1 атм; химическая реакция происходит с образованием единственного продукта $C+O_2=CO_2$; скорость химической реакции записываем в аррениусовском виде с первым порядком по концентрации каждого реагента; используется уравнение состояния идеального газа. С учетом сделанных предположений процесс описывается следующими уравнениями:

Закон сохранения энергии:

$$(\theta_s \rho_g c_g + (1 - \theta_s) c_s \rho_s) \frac{\partial T}{\partial t} = (\lambda_g \theta_s + \lambda_s (1 - \theta_s)) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \theta_s \rho_g c_g v \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{2\alpha}{r} (T - T_0) - \frac{2\varepsilon\delta}{r} (T^4 - T_0^4) + QW \quad (1)$$

где $c_s \rho_s = \begin{cases} c_c \rho_c, & \text{для углерода} \\ c_i \rho_i, & \text{для слоя инерта} \end{cases}$, $\lambda_g = \begin{cases} \lambda_c, & \text{для слоя углерода} \\ \lambda_i, & \text{для слоя инерта} \end{cases}$;

Закон сохранения массы углерода:

$$\frac{\partial(\theta_s \rho_c)}{\partial t} = W \Rightarrow \frac{\partial \theta_s}{\partial t} = \frac{W}{\rho_c} \quad (2)$$

Закон сохранения массы кислорода:

$$\frac{\partial \rho_x}{\partial t} = - \frac{\partial(\rho_x v)}{\partial z} - W \quad (3)$$

Уравнение состояния идеального газа:

$$P = \rho_g R_y T \quad (4)$$

Выражение для расхода газа:

$$G_0 = \rho_g v \quad (5)$$

Выражение для скорости химической реакции:

$$W = k_0 \rho_c (1 - \theta_c) \rho_x \exp(-E / RT) \quad (6)$$

Краевые условия:

$$T = \begin{cases} T_z, & 0 \leq z \leq 0.005 \\ T_0, & 0.005 < z \leq L \end{cases}, \rho_s = \begin{cases} \rho_c, & \text{для слоя углерода} \\ \rho_i, & \text{для слоя инерта} \end{cases}, \rho_x = 0 \quad (7)$$

$$z=0: T=T_0, \rho_x = \rho_x^0 = 0,2\rho_v; \quad (8)$$

$$z=L: \frac{\partial T}{\partial z} = 0, \frac{\partial \rho_x}{\partial z} = 0; \quad (9)$$

где T — температура,

t — время,

θ_s — пористость,

ρ_g — плотность газа,

ρ_c — плотность углерода,

ρ_v — плотность воздуха,

c — теплоемкость газа,

λ_g — коэффициент теплопроводности газа,

v — скорость газа,

α — коэффициент теплоотдачи из закона Ньютона, r — радиус реактора,

Q — тепловой эффект химической реакции,

W — скорость химической реакции,

ε — степень черноты,

δ — постоянная из закона Стефана—Больцмана,

P — давление,

R — универсальная газовая постоянная,

G_0 — расход газа,

E — энергия активации,

R_y — удельная газовая постоянная,

E — энергия активации,

k_0 — предэкспонент,

z — пространственная координата по реактору,

L — длина реактора.

Индексы: s — твердая фаза; g — газ; x — кислород, c — углерод;
 i — инертный компонент, θ — начальное значение.

Система уравнений решалась по явной разностной схеме, где конвективные слагаемые аппроксимируются разностями против потока [4]. Шаг по времени выбирался из условий устойчивости, которые возникают в связи с явностью схемы и типа уравнений:

Выражение для скорости химической реакции:

$$r \leq \frac{\theta_s \rho_g c_g + (1 - \theta_s) c_s \rho_s}{2(\lambda_g \theta_s + \lambda_s (1 - \theta_s))} u \Delta t \leq \frac{h}{\max(v)} \quad (10)$$

где: $r = \Delta \tau / h^2$ — число Куранта.

Результаты расчета. Задача решалась в размерных переменных

со следующими значениями характеристик процесса:

$$C_g = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), C_i = 1300 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), C_c = 1500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}),$$

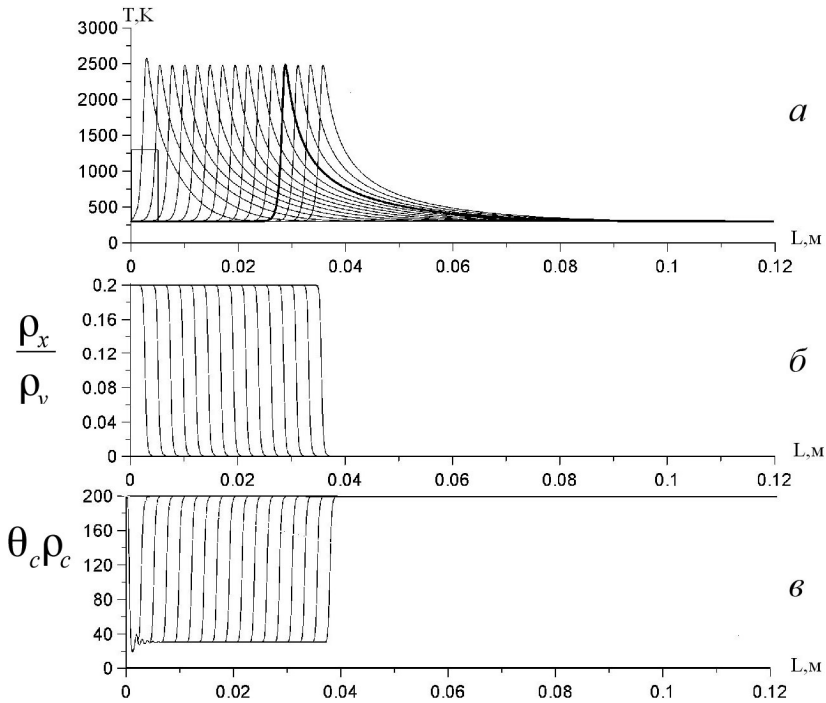
$$\lambda_g = 0.022 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}, \lambda_c = 1 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}, \lambda_i = 1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}, \theta_i = 0.5, \theta_c^0 = 0.5,$$

$$\rho_c^0 = 400 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_i = 900 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_v = 1.19 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_x^0 = 0.2 \rho_v,$$

$$E = 75000.0 \text{ Дж}/\text{моль}, Q = 30000000 \text{ Дж}/\text{кг}, k_0 = 1500 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с},$$

$$\alpha = 10 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}, \varepsilon = 0.7, \delta = 5.6704 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}/\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4, \tau = 0.001.$$

Сначала проводился расчет волны ФГ в чистом углероде по модели (1)–(9) с исходными данными, описанными выше. На рис.2 представлены распределения температуры, концентрации кислорода и насыпной плотности углерода по реактору в последовательные моменты времени через 10 секунд.



**Рис. 2 а — распределения температуры,
 б — распределения концентрации кислорода,
 в — распределения насыпной плотности углерода**

Нагретый газ, состоящий из газообразных продуктов реакции и инертных составляющих воздуха, прогревает слои вещества перед фронтом волны горения. А твердые продукты реакции разогревают газ после фронта волны горения. Кислород расходуется полностью, для углерода в рамках данной модели имеет место не полное выгорание. Волна горения довольно растянутая, так как существенен конвективный теплообмен.

При расчете определялись время и координата по реактору при которых волна достигает стационарного состояния по всем параметрам. Дольше всего стационарного состояния достигает ширина волны. На рис. 3 представлена зависимость ширины волны (H) от времени. Под шириной волны будем понимать расстояние по реактору, где температура выше 400 К. Из графика видно, что ширина волны принимает постоянное значение равное 3.75 см приблизительно

через 4 мин. На рис. 2 а красным выделен температурный профиль в момент достижения стационарного состояния.

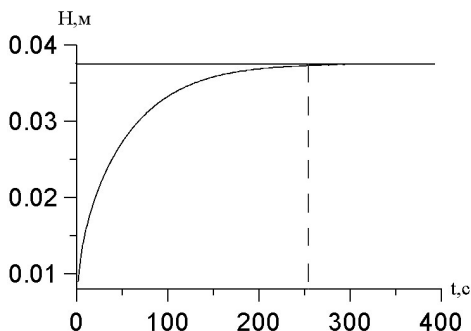


Рис.3. Зависимость ширины волны ФГ от времени.

Далее рассматривалась волна ФГ при послышной загрузке шихты: инертный материал — углерод. Выяснялись особенности процесса горения в зависимости от величины равной отношению ширины слоя инертного материала к ширине слоя углерода ($\beta=h_c/h_i$). Величина β варьировалась в диапазоне 0.4—1.0. На рис.4 представлены принципиальная схема реактора, распределения температуры, концентрации кислорода, насыпной плотности углерода и скорости фронта волны по реактору в последовательные моменты времени через 6 секунд, при $\beta=0.5$. Красными линиями выделены слои инертного материала. Из графиков хорошо виден характер горения при послышной загрузке.

Когда фронт горения доходит до слоя инертного вещества, волна погасает, но за счет интенсивного теплообмена, за слоем начинает развиваться новая волна горения, т. е. воспламеняется следующий слой углерода. Причем в процессе формирования волны горения, возникает «всплеск» температуры. При расчете скорости за координату фронта горения принимали точку с максимальной температурой. Было получено следующее значение скорости в чистом углероде — 0.24 мм/с. «Всплески» температуры можно объяснить следующим образом: фронт волны горения очень быстро проскакивает инертный слой, что можно увидеть из рис. 4 д для скорости фронта, при этом инертный слой остается прогретым. Таким образом, образовавшаяся волна горения сразу за инертным слоем, некоторое время получает дополнительное тепло в зону реакции вместе с газом, разогретым от инертного слоя, что способствует образованию более высокой температуры и более полному выгоранию углерода.

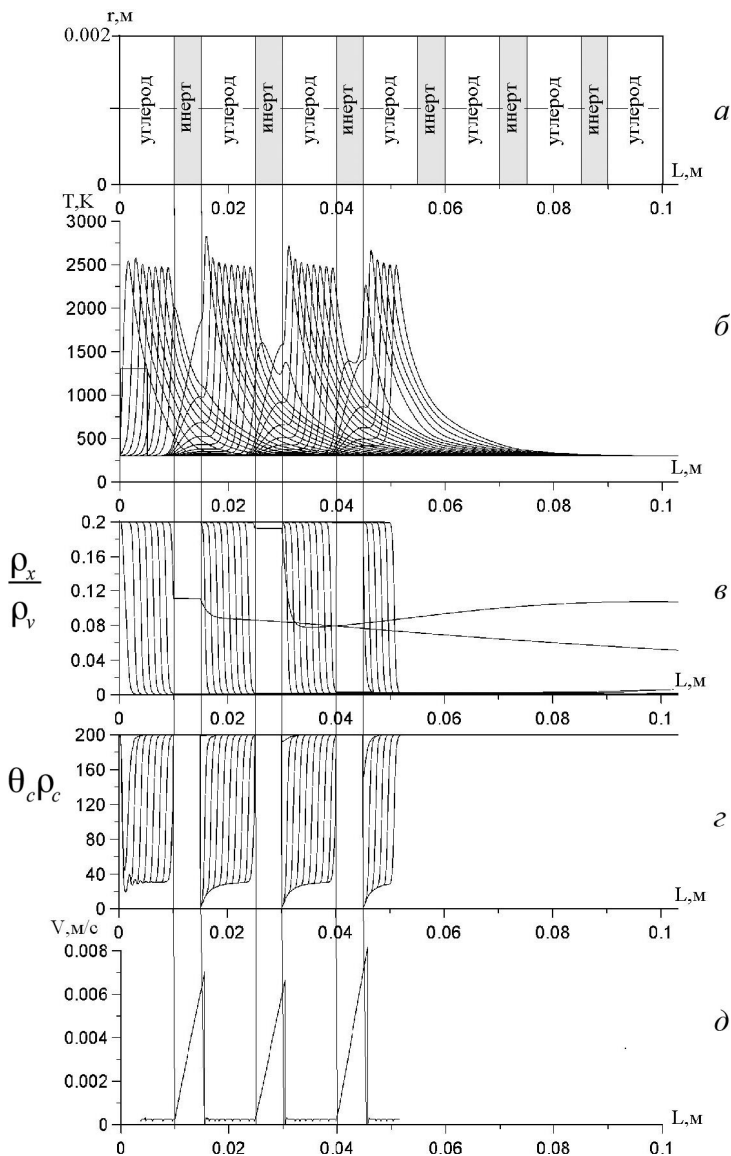


Рис. 4. а — принципиальная схема реактора, б — распределения температуры, в — распределения концентрации кислорода, г — распределения насыщенной плотности углерода, д — распределения скорости фронта волны ФГ.

В дальнейших расчетах величина β увеличивалась и при $\beta_{кр}=0.9$ волна горения за инертным слоем не развивается, так как температура не достаточно высокая для воспламенения. Данное соотношение ширин слоев можно считать критическим в рамках данной модели. На рис. 5 представлено распределение температуры по реактору в последовательные моменты времени через 6 сек для $\beta_{кр}$. Красными линиями выделен инертный слой.

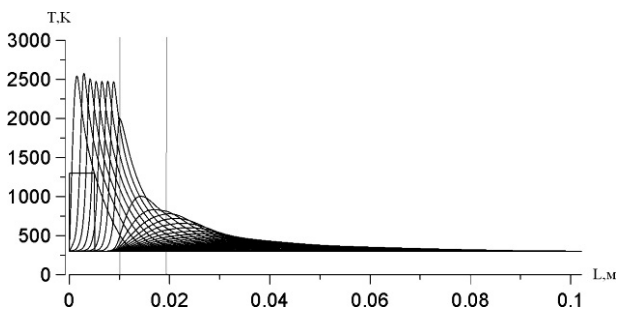


Рис. 5. Распределения температуры при критическом соотношении β

Из работы можно сделать вывод, что послойная организация процесса приводит к локальному подъему температуры горения, при прохождении фронта горения через инертный слой. Также существует критическое соотношение ширины слоев, больше которого распространение волны горения по шихте невозможно.

Список литературы:

1. Алдушин А. П., Мержанов А. Г. Теория фильтрационного горения: общие представления и состояния исследования / в сб. Распространение тепловых волн в гетерогенных средах, под ред. Ю.Ш. Матроса, М: Наука, Новосибирск, 1988, С. 9—49
2. Салганский Е. А., Фурсов В. П., Глазов С. В., Салганская М. В., Манелис Г. Б. Модель воздушной газификации твердого горючего в фильтрационном режиме // Физика горения и взрыва, 2003, Т. 39, № 1, С. 44—50.
3. Салганский Е. А., Кислов В. М., Глазов С. В., Жолудев А. Ф., Манелис Г. Б. Фильтрационное горение смеси углерод — инертный материал в режиме со сверхадиабатическим разогревом // Физика горения и взрыва, 2008, Т. 44, № 3, С. 30—38.
4. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решений сеточных уравнений. М.: Наука. 1978. 592 с.

«ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ»

Материалы международной заочной научно-практической
конференции

11 июня 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 18.06.11. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,375. Тираж 550 экз.

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

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