

На правах рукописи



Шерстнёв Владислав Станиславович

**Распределённая геоинформационная система для
сбора и обработки производственной информации
в газодобывающей компании**

05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации
(по отрасли: информация и информационные системы)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск — 2005

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор **Н.Г. Марков**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **В.А. Силич**

кандидат технических наук **В.Н. Бурлаков**

Ведущая организация:

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Защита состоится « 21 » декабря 2005 г. в 15 ч. в ауд. 214 на заседании диссертационного совета Д 212.269.06 при Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, ул. Советская, 84, Институт «Кибернетический центр» ТПУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 53.

Автореферат разослан « 18 » ноября 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
к.т.н., доцент



М.А. Сонькин

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Одной из важнейших и практически значимых целей, стоящих сегодня перед каждым предприятием газодобывающей отрасли в России, является создание эффективной автоматизированной системы управления этим предприятием. В последнее время для реализации этой цели начали внедряться ERP–системы, предназначенные для управления всеми ресурсами предприятия. При этом первые успешные шаги сделаны в направлении автоматизации финансово–экономической деятельности предприятий, однако применить стандартные средства таких систем для автоматизации производственной деятельности газодобывающих компаний (ГДК) без кардинальных переработок подсистем управления производством не представляется возможным.

Поэтому в большинстве крупных ГДК наряду с ERP-системами в интересах производственных служб создаются корпоративные информационные системы (КИС) для сбора, обработки и анализа производственной информации. Основной проблемой при разработке таких КИС является проблема создания методов и программных средств поддержания в актуальном состоянии распределённых баз данных из-за значительной территориальной распределённости источников (различные АСУ ТП, пользователи и т.п.) и потребителей (специалисты производственных служб, топ–менеджеры и т.п.) производственной информации в современной вертикально–интегрированной ГДК.

Другой проблемой является проблема получения, передачи и эффективной обработки таких видов производственной информации, как пространственные данные (карты, планы), технологические схемы и мнемосхемы производственных объектов и процессов. Это означает, что в КИС должна быть геоинформационная компонента с развитым графическим редактором и т.п.

При решении этих проблем в настоящее время получены в основном теоретические результаты по разработке распределённых КИС, в том числе с геоинформационной подсистемой для обработки пространственных данных. Результаты получены коллективами отечественных и зарубежных ученых под руководством Юркевича Е.В., Царегородцева А.В., Мазура И.И., Дейта Дж. и др.

Однако практическая реализация предложенных ими идей, концепций и методов проектирования сложных КИС в полной мере пока отсутствует. На рынке России до сих пор нет полнофункциональных корпоративных распределённых геоинформационных систем для предприятий газодобывающей отрасли. Существующие зарубежные разработки программного обеспечения (ПО) КИС не локализованы и не могут быть легко адаптированы к российским условиям. На рынке ПО КИС в России имеется несколько отечественных и зарубежных систем, ориентированных на нефтедобывающую отрасль. Среди них полнофункциональные КИС «OilInfoSystem», «SliderOffice» и специализированные информационные системы «АСС», «Трубопроводы» и т.д. Однако эти КИС не учитывают специфику газодобывающей отрасли в должной мере и поэтому не могут полностью удовлетворить потребности производственных подразделений современных вертикально–интегрированных ГДК.

Всё вышеизложенное позволяет сказать, что разработка полнофункциональных распределённых КИС для сбора и обработки производственной информации в современных вертикально–интегрированных ГДК является актуальной и практически значимой проблемой.

Исследования и разработки по теме диссертационной работы проводились в соответствии с утвержденными планами НИР Института «Кибернетический центр» ТПУ в 1997-2005 гг., а также в рамках проекта Минпромнауки РФ по гранту №00-15-98478 поддержки ведущих научных школ России.

Цель работы и задачи диссертации. Целью диссертационной работы является создание корпоративной распределённой геоинформационной системы для сбора и обработки производственной информации в вертикально–интегрированной газодобывающей компании и её апробация на предприятиях газодобывающей отрасли.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи.

1. Разработать концепцию построения распределённой геоинформационной системы (РГИС) для сбора и обработки производственной информации в ГДК, включающую принципы построения и основные требования к системе, а также на этой основе разработать структуру РГИС.

2. Создать информационную модель РГИС. Задача предполагает разработку концептуальных и физических моделей баз данных РГИС, включая модели пространственных данных.

3. Разработать математическое обеспечение (методы и алгоритмы) РГИС.

4. Разработать ПО РГИС. Результатом решения данной задачи являются программные средства, реализующие предложенную структуру РГИС и алгоритмы её функционирования.

5. Апробировать разработанное информационное, алгоритмическое и программное обеспечение РГИС на предприятиях газодобывающей отрасли.

Методы исследований. В работе использовались методы проектирования информационного обеспечения систем, статистического анализа, имитационного моделирования, объектно-ориентированного анализа и проектирования систем, объектно-ориентированного программирования, пространственного анализа данных.

Научную новизну полученных в работе результатов определяют:

1. Модифицированный метод вложенных множеств и реализующие его алгоритмы добавления, удаления и реиндексации данных, повышающие эффективность обработки больших объемов иерархически упорядоченных производственных данных.

2. Многоэтапный подход к обработке пространственной информации, включающий в качестве основных этапов выбор пространственной информации из баз данных на основе метода независимых пространственных индексов и последующую генерализацию выбранных данных.

3. Алгоритмы обработки пространственных данных, реализуемые на серверах баз данных РГИС.

4. Результаты исследования эффективности предложенных алгоритмов обработки пространственных данных и реализованного в РГИС механизма репликации данных.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Практически значимыми являются предложенная концепция построения и структура РГИС; информационная модель производственных данных РГИС, включающая в том числе геореляционную модель для поддержки пространственной информации; методы, алгоритмы и реализующие их ПО РГИС. Практически ценным является также ПО для моделирования репликационных потоков производственных данных. Разработанное информационное, алгоритмическое и программное обеспечение РГИС позволяет решать задачи различных производственных служб современной ГДК и функционирует в рамках клиент-серверной архитектуры на клиентских компьютерах типа IBM PC под управлением ОС Windows NT/2000/XP/2003 и серверной платформе СУБД MS SQL Server 2000/2003. Объем исходного кода созданного ПО системы составляет более 40000 строк на языках C++, Object Pascal и T-SQL.

Разработанные концепция, модели данных, алгоритмическое и программное обеспечение РГИС использовались при выполнении НИОКР №8-26/00 между Институтом «Кибернетический центр» Томского политехнического университета и ООО «Томсктрансгаз» ОАО «Газпром»; а также при выполнении НИОКР №8-32/02 и №8-21/03 между Институтом «Кибернетический центр» Томского политехнического университета и ОАО «Востокгазпром». Созданное информационное, алгоритмическое и программное обеспечение РГИС адаптировано и внедрено в ООО «Томсктрансгаз» ОАО «Газпром» и ОАО «Востокгазпром». Результаты внедрений подтверждены соответствующими актами.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Разработанные модели данных РГИС позволяют эффективно хранить и оперировать всеми видами производственной информации в современной вертикально–интегрированной ГДК.

2. Предложенный модифицированный метод вложенных множеств и реализующие его алгоритмы дают возможность пользователям РГИС эффективно обрабатывать иерархически упорядоченные производственные данные больших объемов.

3. Предложенные многоэтапный подход и реализующие его алгоритмы для обработки пространственной информации на сервере баз данных РГИС повышают скорость выполнения пространственных запросов и скорость визуализации данных на клиентских местах пользователей.

4. Результаты исследования репликационных потоков данных РГИС, полученные на разработанной имитационной модели, позволяют эффективно реализовать механизм репликационных процессов в РГИС.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на II, III, VIII и IX Korean-Russian International Symposium On Science and Technology KORUS-98, KORUS-99, KORUS-2004, KORUS-2005 (Томск, 1998; Новосибирск, 1999; Томск, 2004; Новосибирск, 2005); Региональной научно-практической конференции «Добыча, подготовка и транспорт нефти и га-

за» (Томск, 1999); 37 Международной научно-студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 1999); Международной научно-практической конференции «Геоинформатика-2000» (Томск, 2000); VI Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой и горных отраслях» (Тюмень, 2001); Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии ИСТ'2003» (Новосибирск, 2003); III Межрегиональной научно-практической конференции «Газораспределительные системы. АГНСК. АГЗС. Проектирование. Строительство. Эксплуатация» (Томск, 2003); I и II Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию ИММОД-2003, ИММОД-2005 (Санкт-Петербург, 2003, 2005); Научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области» (Томск, 2004); III Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование» (Анжеро-Судженск, 2004); Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт-Петербург, 2005).

По результатам диссертационных исследований опубликовано 18 работ, в том числе 8 статей.

Личный вклад:

1. Постановка задачи по разработке концепции построения РГИС для сбора и обработки производственной информации в ГДК выполнена автором совместно с Н.Г. Марковым

2. Информационное обеспечение РГИС разработано лично автором, в том числе предложен модифицированный метод вложенных множеств, разработаны модели данных производственной информации и модели метаданных для распределения прав доступа к производственной информации, организации иерархий производственных объектов, хранения пространственной информации.

3. Алгоритмическое обеспечение серверной части РГИС разработано лично автором, в том числе реализованы предложенные алгоритмы модифицированного метода вложенных множеств и обработки производственной пространственной информации.

4. Реализация программного обеспечения РГИС выполнена автором совместно с А.В.Кудиновым, Р.В. Ковиным, Е.А. Мирошниченко. При этом реализация ПО описанных выше алгоритмов серверной логики и подсистемы паспортизации выполнены лично автором.

5. Постановка задачи на исследование эффективности репликационных процессов в РГИС, разработка модели и алгоритмического обеспечения среды имитационного моделирования для этих целей и интерпретация результатов моделирования выполнены лично автором. Разработка ПО среды моделирования выполнена автором совместно с А.С. Анищенко.

6. Постановки задач исследования эффективности предложенных метода и алгоритмов выполнены автором совместно с Н.Г. Марковым. Результаты исследования получены лично автором.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 145 наименований и приложения. Объем основного текста диссертации составляет 127 страниц машинописного текста, иллюстрированного 73 рисунками и 10 таблицами.

Содержание работы

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цель и задачи исследования, а также приводится краткое содержание диссертационной работы.

Первая глава посвящена проблемам создания корпоративных информационных систем для предприятий газодобывающей отрасли.

Проведен анализ деятельности современной вертикально-интегрированной ГДК, состоящей из нескольких газодобывающих предприятий. При этом рассмотрена многоуровневая производственно-организационная структура такой ГДК и определены основные направления деятельности и отдельные классы производственных задач, решаемых в ГДК. Описаны особенности организации и функционирования ГДК, в том числе указаны задачи, решаемые на каждом уровне управления производственными службами ГДК.

С использованием CASE-средства объектно-ориентированного анализа и проектирования BPWin сформирована модель бизнес-процессов деятельности производственных подразделений ГДК в виде диаграмм стандарта IDEF0. Анализ полученной модели позволил выделить набор наиболее распространенных (базовых) бизнес-процессов, выполняемых производственными службами ГДК. На основании выделенного базового набора бизнес-процессов определены первостепенные направления автоматизации деятельности ГДК. Выявлена необходимость использования распределённых КИС ГДК, необходимость сбора и обработки всех типов производственной информации, включая и пространственные данные о производственных объектах ГДК.

Сформулированы требования, предъявляемые к КИС предприятий газодобывающей отрасли. Проведен аналитический обзор современных информационных систем, пригодных для решения производственных задач предприятий газодобывающей отрасли. На его основе установлено, что на сегодняшний день не существует КИС, полностью удовлетворяющих потребностям производственных подразделений современной многоуровневой (вертикально-интегрированной) территориально-распределённой ГДК, и показано, что проблема создания распределённой КИС для сбора и обработки производственной информации в ГДК является актуальной и практически значимой. Сформулированы цель и задачи исследований в рамках диссертационной работы.

Во **второй главе** описана концепция создания РГИС для сбора и обработки производственной информации в современной вертикально-интегрированной ГДК. Основу концепции составляют такие принципы, как принцип многоуровневости РГИС ГДК, принцип интеграции РГИС с существующими в компании системами управления ресурсами предприятия (ERP-системами) и системами управления технологическими процессами (АСУ ТП),

принцип открытости данных и использования готовых современных программных решений и т.д.

Анализ производственной деятельности ГДК позволил сформулировать ряд основных требований к разрабатываемой РГИС. С учетом принципов построения РГИС и основных требований, предъявляемых к ней, предложена обобщенная структура системы.

Структура РГИС учитывает, что у большинства современных ГДК три уровня производственной иерархии и производственные подразделения территориально разнесены, в том числе внутри одного уровня управления. РГИС позволяет на основе корпоративной вычислительной сети организовать единое информационное пространство компании путем подключения автоматизированных рабочих мест (АРМ) специалистов к серверам с хранимыми на них распределёнными базами данных (БД). Сервера БД РГИС обеспечивают синхронизацию производственной информации на всех уровнях ГДК. Клиентская часть РГИС представляет из себя совокупность АРМов различного типа (обычно для каждого производственного подразделения используется свой тип АРМ). Каждый тип АРМ создается добавлением соответствующих программных модулей к базовому АРМ, позволяющему реализовывать набор бизнес-процессов, присущих большинству производственных подразделений.

Рассмотрены существующие промышленные СУБД. Показана возможность использования реляционной СУБД MS SQL Server 2000 в составе РГИС современной ГДК при решении всех задач по сбору, хранению и обработке производственной информации, включая пространственные данные.

Приведен анализ существующих архитектур клиент-серверного взаимодействия (двухзвенной и трехзвенной), в результате предложена двухзвенная интегрированная архитектура клиент-серверного взаимодействия. Предложенная архитектура интегрирует на платформе выбранной СУБД решение задач по обработке производственных данных и задач по их хранению. В других КИС эти задачи решались на различных платформах: на сервере приложений и в СУБД для трехзвенной архитектуры или на клиентском рабочем месте и в СУБД для двухзвенной архитектуры.

Обоснован выбор геоинформационной библиотеки MapX MapInfo в качестве геоинформационной компоненты для обработки пространственных данных на клиентских рабочих местах.

В **третьей главе** рассмотрены вопросы информационного обеспечения РГИС. Сформулированы принципы построения моделей данных РГИС и предложены способы их реализации. К основным принципам относятся принцип неограниченного добавления в модель новых сущностей и атрибутов без существенных изменений моделей данных, принцип соответствия правил обработки производственных данных правилам оперирования производственными объектами и т.д. Для реализации одного из принципов, учитывающего распределённость баз данных РГИС, предложено обновлять производственную информацию в таких БД с помощью механизма репликаций между серверами РГИС.

Проектирование информационного обеспечения РГИС на концептуальном и физическом уровнях производилось с учетом этих принципов в CASE-среде

Sybase Power Designer 9.0 с использованием распространенной графической нотации Information Engineering. Итогом концептуального проектирования являются информационные модели производственных данных РГИС в виде диаграмм «сущность – связь».

Для реализации возможности внесения в РГИС данных о новых классах производственных объектов и их параметров предложено использовать предметно–ориентированные метаданные, хранящие информацию о правилах интерпретации производственных данных, и получать доступ к производственным данным исключительно посредством этих метаданных. Для этого предложено в концептуальную модель метаданных внести сущности, описывающие зарегистрированные классы производственных объектов и их характеристики. Спроектированы концептуальные модели предметно–ориентированных метаданных. При проектировании предметно–ориентированных метаданных для разграничения прав доступа пользователей предложена модель, позволяющая производить вертикальную и горизонтальную сегментацию производственной информации.

С целью решения задачи эффективной обработки данных в случае отображения иерархий производственных объектов на реляционную БД, рассмотрены наиболее часто используемые методы организации иерархий объектов: метод «потомок-родитель» и метод вложенных множеств. Показаны преимущества метода вложенных множеств перед методом «потомок–родитель», описаны недостатки метода вложенных множеств, ощутимые при частых изменениях в иерархиях с большим количеством объектов. Специфика ГДК заключается в потребности хранить и оперировать большими объемами производственной информации (иерархии производственных объектов, состоящие из десятков тысяч узлов). Эти обстоятельства ограничивают применимость метода вложенных множеств в данной предметной области. Поэтому предложен модифицированный метод вложенных множеств, учитывающий большие объемы данных об объектах и частые изменения в иерархии производственных объектов в ГДК. Отличия предложенного метода от базового заключаются в использовании дополнительных дробных индексов для объектов иерархии и в отказе от проведения реиндексации объектов иерархии при каждом изменении структуры иерархии. Дополнительные левые и правые индексы добавляемых узлов рассчитываются по следующим рекурсивным формулам

$$L_n = L_p + \frac{(R_p - L_p)}{W} \times C_p + \xi; \quad R_n = L_p + \frac{(R_p - L_p)}{W} \times (C_p + 1) - \xi,$$

где L_n , R_n – соответственно левый и правый дополнительные индексы добавляемого дочернего узла; L_p , R_p – левый и правый дополнительные индексы родительского узла; W – предопределенная ширина иерархии; C_p – текущее число узлов–потомков с дробными индексами у родителя.

Наличие дополнительных индексов с дробными значениями позволяет добавлять дочерние объекты не обновляя все основные индексы иерархии, а лишь вычисляя дополнительные индексы единственного добавляемого узла. Это по-

звolyет реиндексировать объекты иерархии существенно реже, за счет чего повышается общая производительность при работе с иерархией объектов.

Для эффективного хранения и обработки пространственных данных на серверах РГИС спроектированы соответствующие модели предметно-ориентированных метаданных. Модель метаданных включает в себя сущности для хранения пространственных индексов, группировки пространственных данных по слоям и картам и т.д.

Для хранения именно производственных данных выполнено проектирование концептуальных и физических моделей данных. Получены модели паспортной, плановой, технологической информации и геореляционная модель пространственных данных. Полученные физические модели производственной информации снабжены соответствующей бизнес-логикой (триггеры, хранимые процедуры и функции, представления) для поддержки целостности данных.

Проведен анализ пригодности разработанных моделей данных для решения основных задач ГДК.

Четвертая глава посвящена созданию алгоритмического обеспечения РГИС.

Разработано алгоритмическое обеспечение для реализации предложенного и описанного в главе 3 модифицированного метода вложенных множеств: алгоритмы добавления, удаления и реиндексации объектов-узлов иерархии.

Для доказательства эффективности этого метода и реализующих его алгоритмов проведен ряд численных экспериментов над иерархиями объектов, построенными с использованием предложенного метода и других наиболее известных методов поддержки иерархий. В ходе экспериментов получены зависимости времени выполнения операций выборки, добавления и удаления данных об объектах (узлах) иерархии и зависимости числа обращений к носителю информации (диску) при выполнении этих операций от числа узлов в иерархиях. В качестве примера на рис. 1 приведены зависимости времени выполнения операций выбора и удаления узлов от числа узлов в иерархиях, построенных различными методами. При доверительной вероятности, равной 0,95, относительная ошибка результатов этих экспериментов не превышает 4%.

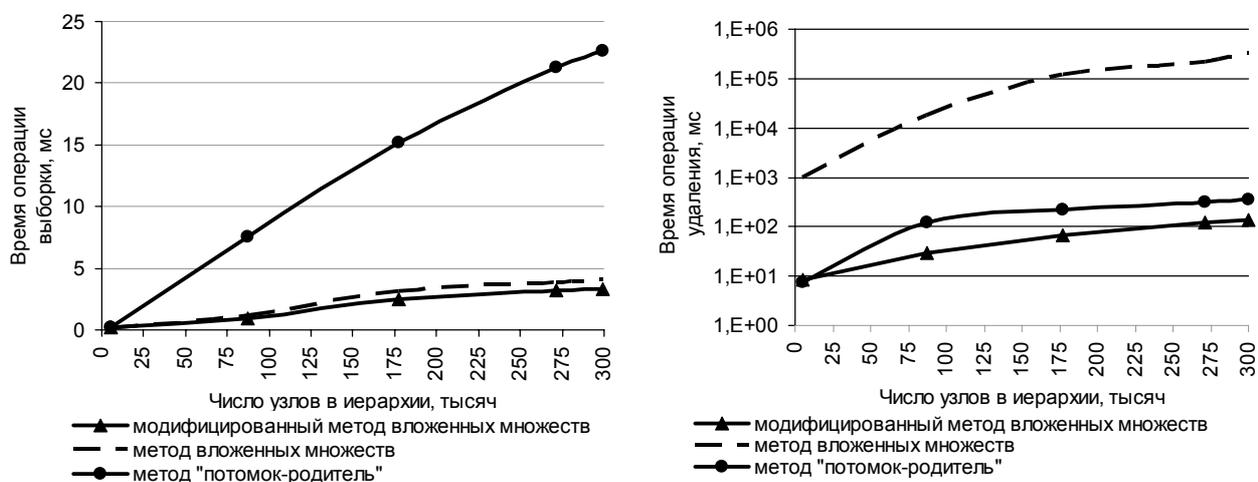


Рис. 1. Зависимости времени выполнения операций выборки и удаления узлов от числа узлов в иерархиях

Для определения эффективности исследуемых методов поддержки иерархий использован метод взвешенной суммы оценок по критериям. В качестве критериев использованы операции выбора, добавления и удаления узлов иерархии, причем оценка проводилась по параметрам «время выполнения операции» и «число обращений к диску». Полученные общие взвешенные оценки по каждому из параметров показали превосходство модифицированного метода вложенных множеств над другими методами (меньшее время операции выборки узла, меньшее число обращений к диску). При этом модифицированный метод вложенных множеств эффективней ближайшего конкурента (метода «потомок–родитель») почти в 4 раза по времени выполнения операций и более чем в 7 раз по числу обращений к диску.

Предложен многоэтапный подход к обработке пространственной информации. Основными из его этапов являются проверка корректности формулировки запроса и прав доступа пользователя к запрашиваемым данным, выбор пространственных объектов с использованием метода независимых пространственных индексов, генерализация выбранной пространственной информации. Ниже кратко описан алгоритм, реализующий этот подход.

Шаг 1. Получить параметры пространственного запроса (название карты, перечень слоев, координаты «окна» запроса, требуемый уровень генерализации, идентификатор пользовательского окна).

Шаг 2. Преобразовать перечень слоев из строчного вида в табличный, проверить принадлежность слоя карте, проверить права доступа к объектам слоя.

Шаг 3. Выбрать пространственные индексы объектов, принадлежащих запрошенным слоям и удовлетворяющим «окну» запроса по одному или нескольким условиям (условия 1, 2, 3 и 4).

Шаг 4. Генерализовать точки выбранных пространственных объектов, учитывая заданный уровень генерализации и визуализированные ранее точки.

Шаг 5. Назначить прошедшим генерализацию точкам корректные порядковые номера и сохранить идентификаторы точек в кеш-таблице сервера БД.

На рис. 2 схематично представлены используемые при выполнении шага 3 условия 1, 2, 3 и 4 пространственного выбора объектов.

Для реализации шага 4 предложено маркировать точки объекта уровнем генерализации при внесении описания пространственного объекта на сервер БД или при изменении топологии объекта. Пусть пространственный объект представлен последовательностью его точек. Первая и последняя точки объекта всегда маркируются первым уровнем генерализации. Особенностью алгоритма маркировки является наличие двух вложенных циклов: первый (внешний) цикл инкрементирует текущий уровень генерализации, а второй (внутренний) – инкрементирует номер текущей точки в последовательности точек, представляющих полигональный или полилинейный объект.

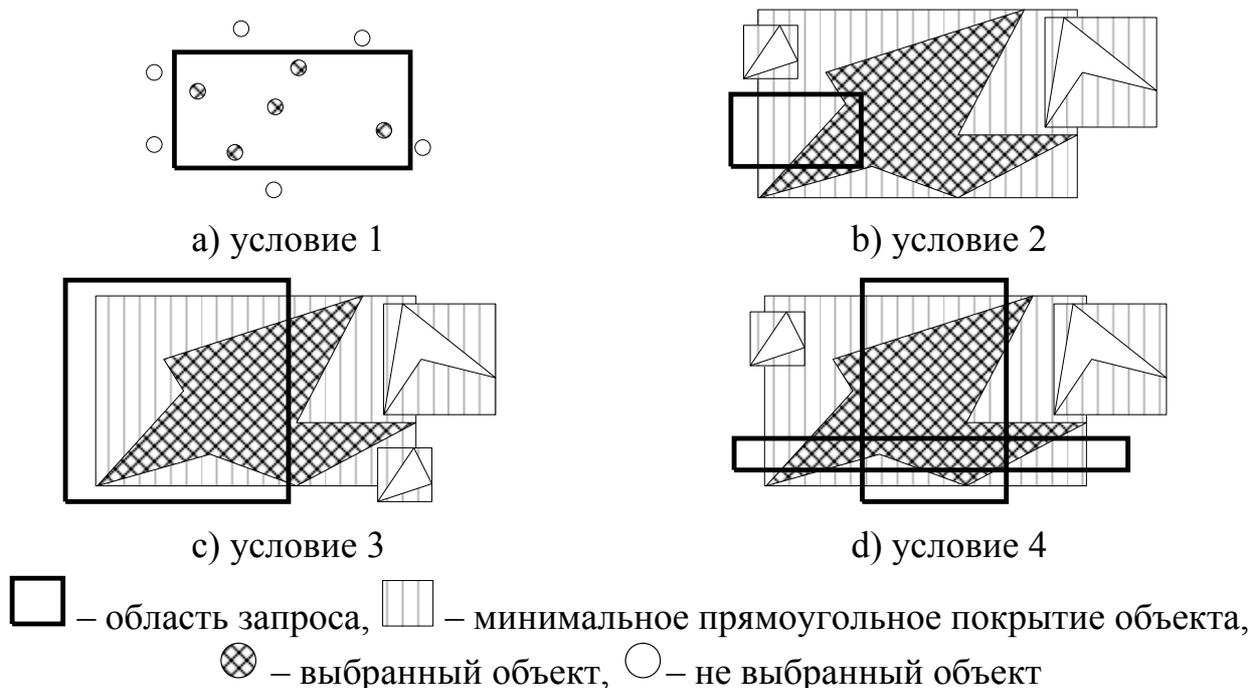


Рис. 2. Схематичное представление условий выбора пространственных объектов

Маркировка текущей точки уровнем генерализации производится, если выполняется условие

$$\sqrt{(x_p - x_n)^2 + (y_p - y_n)^2} \geq \text{Max} - \frac{(\text{Max} - \text{Min})}{C_g} \times G,$$

где (x_p, y_p) и (x_n, y_n) – координаты предыдущей и текущей точки объекта соответственно, Max – максимальное расстояние между точками карты, Min – минимальное расстояния между точками объекта, C_g – количество уровней генерализации на карте, G – текущий уровень генерализации.

В качестве примера на рис.3 представлены различные виды пространственного объекта, получаемые в результате генерализации.

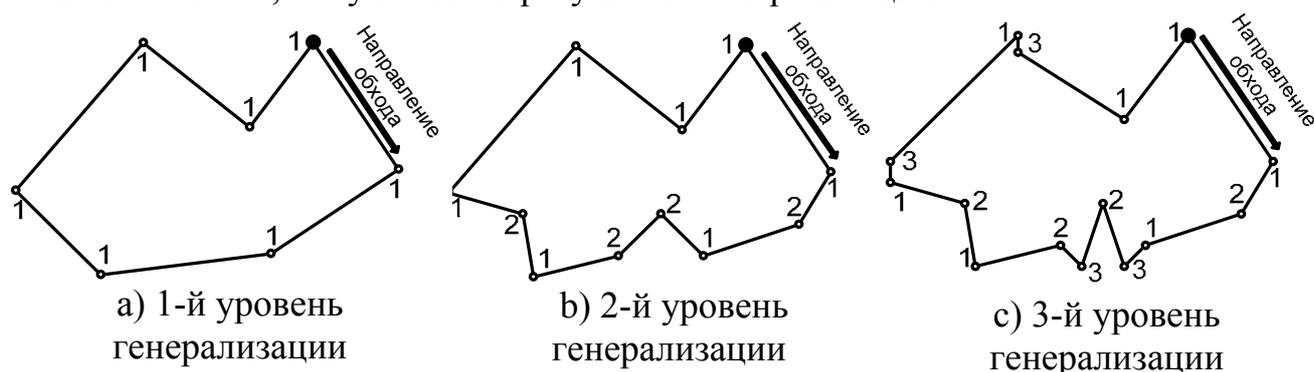


Рис. 3. Внешний вид полигонального пространственного объекта при генерализации

Результатом исполнения шага 4 (генерализации точек) является формирование набора точек объекта, уровень генерализации которых меньше заданного.

Для исследования эффективности предложенного многоэтапного подхода и реализующих его алгоритмов использовались цифровые топографические карты Томской области (масштаба 1:200 000) и производственные карты одной из ГДК. Исследовалась зависимость времени отклика (равного сумме времени

выполнения запросов на сервере БД и времени визуализации пространственных данных на стороне клиента) и объемов принимаемых клиентом пространственных данных от размеров области пространственных запросов. При доверительной вероятности, равной 0,95, относительная ошибка полученных результатов не превышает 5%. Результаты исследований показали, что использование предложенного подхода существенно снижает объем сетевого трафика (передаются только необходимые пользователю данные) и обеспечивает малое время отклика (в пределах 0,6 сек.).

Для исследования репликационных процессов в РГИС сформирована имитационная модель РГИС как системы массового обслуживания. Схема такой модели в случае трехуровневой РГИС представлена в общем виде на рис. 4.

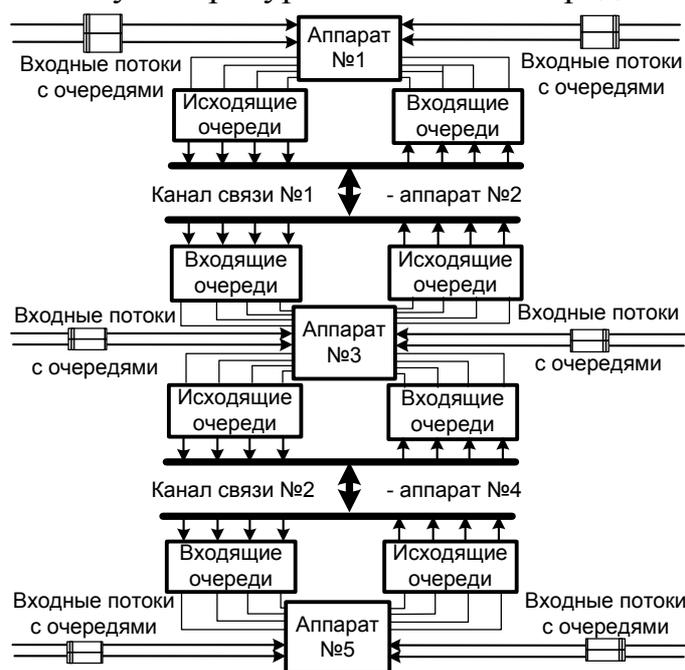


Рис.4. Схема имитационной модели трехуровневой РГИС

К примеру A – множество начальных параметров $T_b, K_{ud}, K_{id}, K_{od}, U_{max}, F_{qsel}$, где T_b – базовая длительность обработки (или передачи) одного байта заявки, K_{ud} – коэффициент сложности обработки данных, поступивших от пользователей или от АСУ ТП; K_{id} – коэффициент сложности обработки исходящих данных; K_{od} – коэффициент сложности обработки входящих данных; U_{max} – максимально допустимая утилизация аппарата обслуживания; F_{qsel} – дисциплина обслуживания очередей аппаратами обслуживания. Всего в модели учтены 5 экземпляров \bar{A} , 12 экземпляров \bar{S} и 36 экземпляров \bar{Q} .

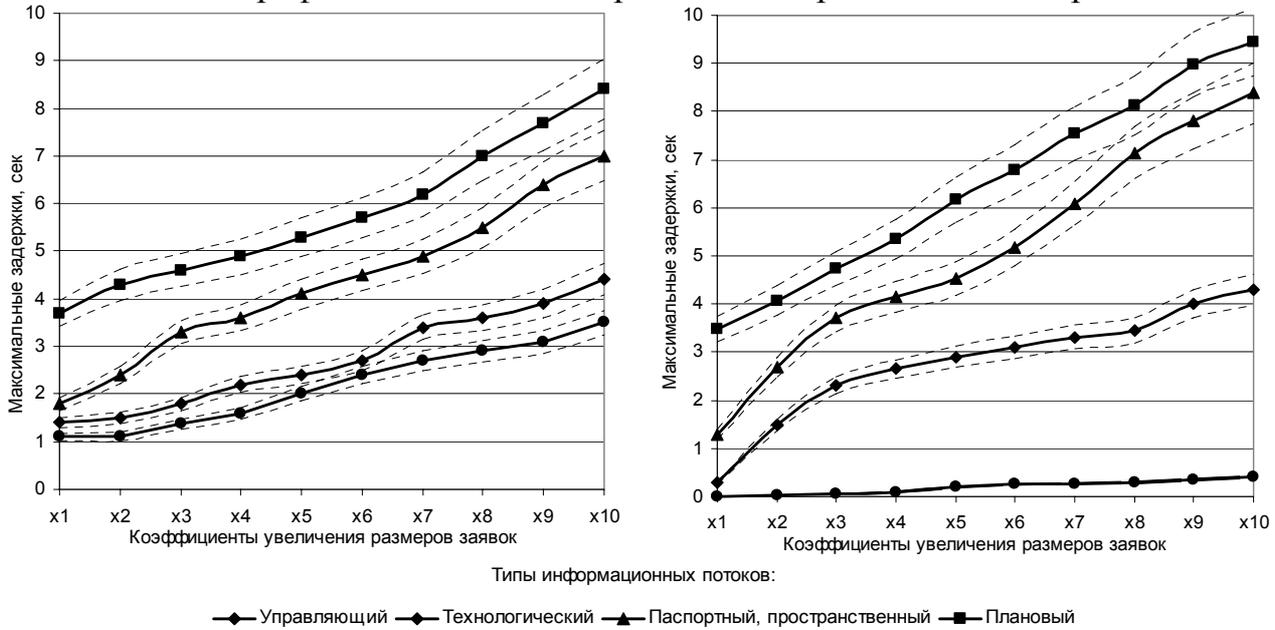
В среде Borland C++ Builder 6.0 разработано ПО для описания модели и для проведения экспериментов по имитационному моделированию (далее «среда моделирования»). Для обеспечения удобства при внесении в модель тех или иных изменений предложен язык описания имитационной модели.

С использованием разработанных имитационной модели и ПО поставлены численные эксперименты, позволяющие оценить зависимости задержек заявок

Имитационная модель РГИС описывается множеством $M(A, S, Q, T)$, где A описывает аппараты обслуживания, имитирующие работу серверов РГИС на всех уровнях ГДК и каналы связи между ними; S – входные потоки заявок (информационные потоки от пользователей РГИС и различных АСУ ТП); Q – очереди заявок; T – заявки (транзакты), представляющие пакетов пользовательских данных или данных от АСУ ТП. Каждый из объектов модели $M(A, S, Q, T)$ также обладает рядом варьируемых параметров.

в очередях и уровней утилизации аппаратов обслуживания (процессоров серверов) от размеров заявок и частоты их поступления в модель. Эксперименты проводились при использовании дисциплины обслуживания, основанной на методе FIFO, и приоритетной дисциплины обслуживания.

В качестве примера полученных результатов на рис 5. приведены зависимости максимального времени задержек заявок в очередях модели от увеличения размеров заявок для используемых дисциплин обслуживания. Пунктирными линиями на графиках обозначены границы доверительных интервалов.



а) Дисциплина обслуживания FIFO

б) Приоритетная дисциплина обслуживания

Рис.5. Зависимости задержек заявок в очередях модели от увеличения размеров заявок при разных дисциплинах обслуживания

Анализ результатов моделирования позволил сформулировать рекомендации по настройке репликационных процессов в РГИС, такие как, например, необходимость снижения размеров репликационных пакетов до возможного минимума и увеличения частоты выполнения репликационных заданий на серверах РГИС.

В пятой главе описано созданное ПО РГИС и его апробация на предприятиях газодобывающей отрасли.

На основе предложенной ранее концепции создания РГИС, а также с учетом предложенной двухзвенной интегрированной клиент–серверной архитектуры, разработана структура ПО РГИС (рис.6).

Проектирование ПО РГИС велось с помощью CASE–средств Rational Rose и Sybase Power Designer 9.0. ПО клиентской и административной частей РГИС реализовано в среде Borland Delphi 7.0 на языке Object Pascal. ПО серверной части реализовано на диалекте T-SQL стандарта ANSI SQL-92 в виде хранимых процедур, функций, триггеров и представлений, и включено в слой бизнес–логики каждой копии СУБД MS SQL Server 2000, используемой для построения РГИС на каждом уровне управления ГДК. Число копий СУБД определяется количеством серверов РГИС.

Модульный принцип построения ПО позволяет менять набор предоставляемых пользователю РГИС функций путем внесения в систему (или удаления из неё) программных модулей. Базовые подсистемы (каждая из них – набор модулей) клиентской части РГИС образуют базовый АРМ. Добавляя в этот АРМ специализированные модули или убирая ту или иную подсистему, можно создавать АРМы для специалистов различных производственных подразделений.

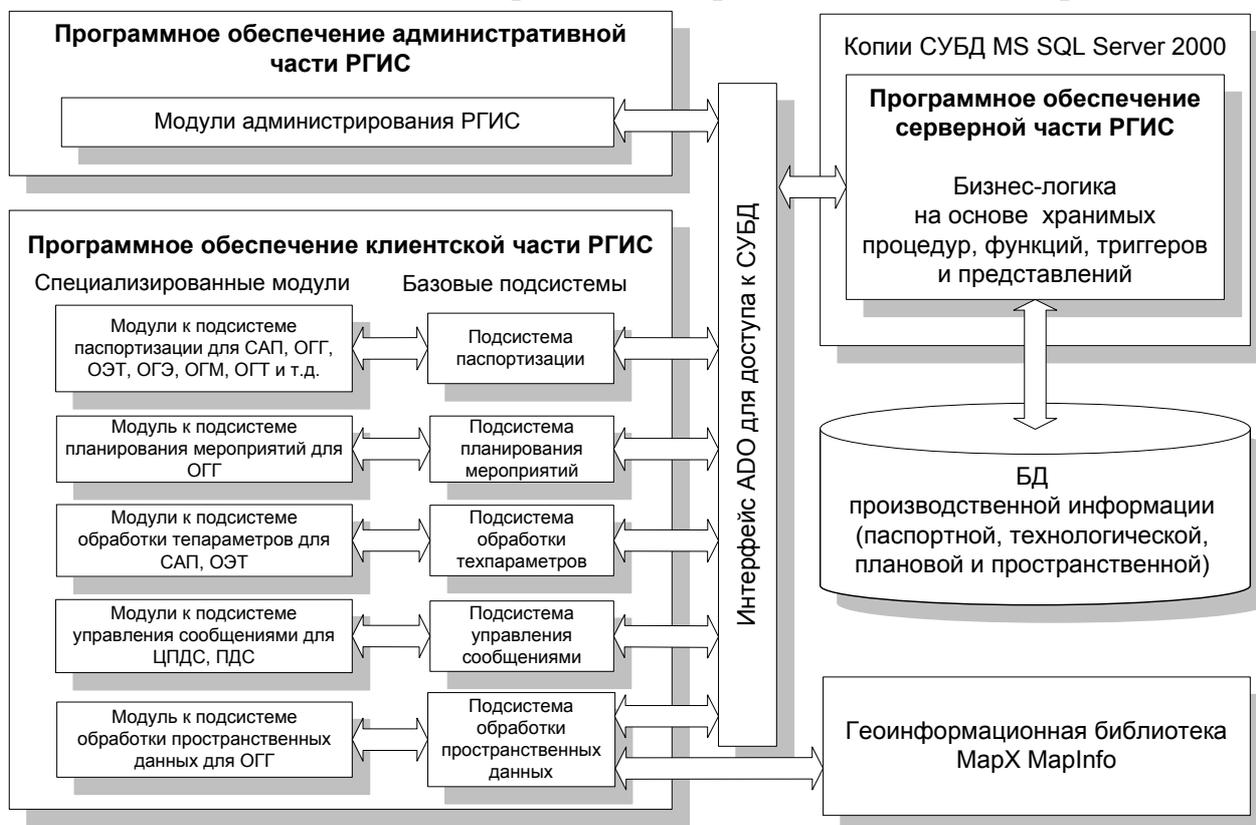


Рис.6. Обобщенная структура ПО РГИС ГДК

Имеется возможность настройки, в том числе пользовательских интерфейсов подсистем и ряда модулей, под конкретных пользователей РГИС. На рис. 7 представлены пользовательские интерфейсы некоторых подсистем.

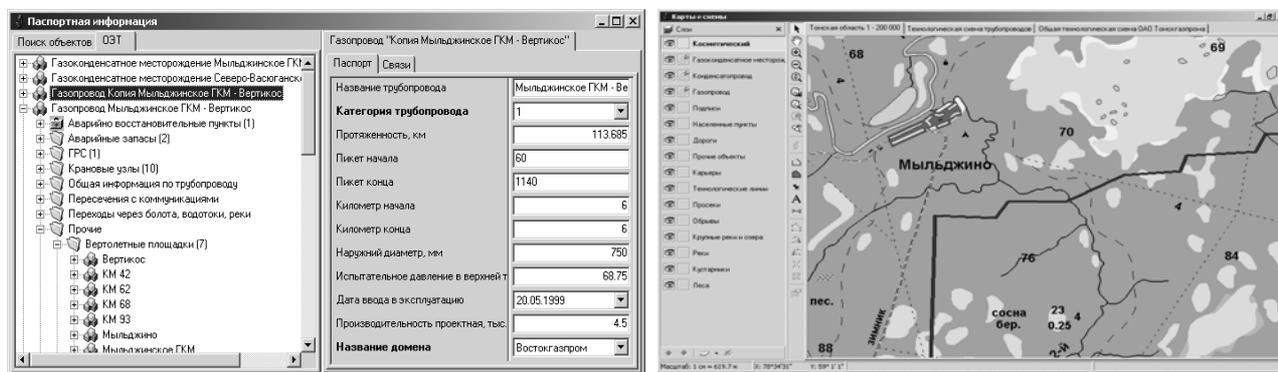


Рис. 7. Примеры пользовательских интерфейсов РГИС

Разработанная РГИС апробирована в ОАО «Востокгазпром» и в ООО «Томсктрансгаз» ОАО «Газпром». Апробация подтвердила достоверность результатов проведенных исследований предложенных метода, подходов и алго-

ритмов, а также показала работоспособность и эффективность созданной РГИС. Разработанное информационное, алгоритмическое и программное обеспечение РГИС внедрено на этих же предприятиях.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационной работы.

В приложении представлены акты о внедрении разработанных средств РГИС.

Основные результаты и выводы

В ходе выполнения диссертационной работы были получены следующие основные научные и практические результаты.

1. Проведены анализ функциональных потребностей современной вертикально–интегрированной ГДК и анализ существующих КИС применительно к решению задач сбора и обработки производственной информации в ГДК. Показано, что рассмотренные КИС не удовлетворяют в полном объеме требованиям, предъявляемым к КИС современной ГДК. В результате такого анализа сделан вывод об актуальности создания на основе современных принципов распределённой геоинформационной системы (РГИС) для сбора и обработки производственной информации в вертикально–интегрированной ГДК.

2. Предложена концепция построения РГИС для сбора и обработки производственной информации в современной вертикально–интегрированной ГДК. Её основу составляют ряд принципов и функциональных требований, выявленных на основе анализа производственных задач решаемых в ГДК.

3. С учетом положений концепции построения РГИС разработаны модели данных для хранения в виде баз данных различных типов производственной информации.

4. Предложен модифицированный метод вложенных множеств и разработаны реализующие его алгоритмы, позволяющие хранить и эффективно обрабатывать иерархически упорядоченные производственные данные больших объемов. Проведены исследования эффективности этого метода и реализующих его алгоритмов. По результатам численных экспериментов сделан вывод о более высокой эффективности данного метода по сравнению с широко распространенными методами «потомок–родитель» и вложенных множеств.

5. Разработан многоэтапный подход и реализующие его алгоритмы обработки пространственной информации, проведены исследования их эффективности.

6. Для исследования репликационных процессов в РГИС построена её имитационная модель, и разработана специализированная среда для проведения моделирования. На их основе получены результаты исследования зависимости величин задержек заявок и утилизации процессоров серверов РГИС от размеров заявок и частот их появления в модели РГИС. Сделан вывод о более высокой эффективности приоритетной дисциплины обслуживания очередей серверами РГИС по сравнению с широко распространенной дисциплиной обслуживания, основанной на методе FIFO. Выработаны рекомендации для повышения

эффективности схемы репликации «сведением данных» с учетом возможностей СУБД MS SQL Server 2000.

7. Разработана структура программного обеспечения РГИС ГДК, и в соответствии с ней на основе предложенных метода и алгоритмов создано программное обеспечение РГИС. Общий объем исходного кода программного обеспечения РГИС и программного обеспечения вспомогательного характера составляет более 40 000 строк на языках C++, Object Pascal и T-SQL.

8. Разработанная РГИС апробирована в ООО «Томсктрансгаз» ОАО «Газпром» и в ОАО «Востокгазпром». Апробация подтвердила достоверность результатов проведенных исследований эффективности предложенных метода, подходов и алгоритмов, а также показала работоспособность и эффективность созданной РГИС. Разработанное информационное, математическое и программное обеспечение РГИС внедрено в ООО «Томсктрансгаз» ОАО «Газпром» и в ОАО «Востокгазпром», что подтверждено соответствующими актами.

Основные публикации по теме диссертации

1. Шерстнёв В.С., Анищенко А.С. Имитационное моделирование репликационных потоков информационной системы газодобывающего предприятия. // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2005, Т 2. Санкт-Петербург: Изд-во ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения». — 2005. — С. 23-27.

2. Шерстнёв В.С. Проектирование информационных моделей газодобывающего предприятия. // Труды IX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ. — 2005. — С. 288—292.

3. Sherstnyov V.S. Hierarchical structures implementation methods on large databases. // Proceedings of IX Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-2005. Novosibirsk: NSTU. — 2005. — pp.696-700.

Шерстнёв В.С. Методы реализации иерархических структур в крупных базах данных. // Труды IX Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии KORUS-2005. Новосибирск: Изд-во НГТУ. — 2005. — С. 696-700.

4. Шерстнёв В.С. Разработка среды моделирования репликационных процессов распределённых баз данных. // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование». — Анжеро-Судженск: Изд-во КемГУ. — 2004. — С.44-45.

5. Шерстнёв В.С., Кудинов А.В., Мирошниченко Е.А. и др. Корпоративная система управления производством нефтегазодобывающих предприятий. // Сборник материалов научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области». — Томск: Изд-во ФГУП «СНИИГГиМС» — 2004. — С.55-61.

6. Sherstnyov V.S. Approaches to creation of equipment registration/ certification corporate system of the gas-production enterprise. // Proceedings of VIII Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-2004. — Tomsk: 2004. — pp.149-151.

Шерстнёв В.С. Подходы к созданию корпоративной системы учета оборудования газодобывающего предприятия. // Труды VIII Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии КОПУС-2004. — Томск: Изд-во ТПУ. — 2004. — С.149-151.

7. Sherstnyov V.S., Oslin B.G. Development of software on simulation modeling of multi-level information system. // Proceedings of VIII Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-2004. — Tomsk: TPU. — 2004. — pp.130-132.

Шерстнёв В.С., Ослин Б.Г. Разработка программного обеспечения имитационного моделирования многоуровневой информационной системы. // Труды VIII Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии КОПУС-2004. — Томск: Изд-во ТПУ. — 2004. — С.130-132.

8. Sherstnyov V.S., Kovin R.V., Markov N.G. etc. Designing production Management systems of oil-and-Gas holding companies. // Proceedings of VIII Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-2004. — Tomsk: TPU. — 2004. — pp.91-95.

Шерстнёв В.С., Ковин Р.В., Марков Н.Г. и др. Разработка системы управления производством нефтегазового холдинга. // Труды VIII Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии КОПУС-2004. — Томск: Изд-во ТПУ. — 2004. — С.91-95.

9. Шерстнёв В.С. Моделирование информационных потоков корпоративной распределённой геоинформационной системы. // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2003, Т 2. Санкт-Петербург: Изд-во ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения». — 2003. — С. 137-141.

10. Шерстнёв В.С., Ковин Р.В., Кудинов А.В. и др. Корпоративная геоинформационная система для управления производством ОАО «Востокгазпром». // Материалы Межрегиональной конференции «Газораспределительные системы. АГНСК. АГЗС. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». — Томск: Изд-во ОАО «Востокгазпром». — 2003. — С. 112-119.

11. Шерстнёв В.С. Программное обеспечение генерации SQL-скриптов данных как средство сопровождения корпоративных ГИС. // Материалы Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии ICT'2003», Том.3. — Новосибирск: Изд-во НГТУ. — 2003. — С. 71-74.

12. Шерстнёв В.С., Кудинов А.В., Марков Н.Г. и др. Геоинформационная система «Магистраль» для паспортизации технологических объектов магистральных газопроводов. // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой и горных отраслях», — Тюмень. — 2001. — С. 30–34.

13. Шерстнёв В.С., Марков Н.Г., Кудинов А.В. ГИС «Магистраль» для управления сетями магистральных газопроводов. // Труды Международной научно-практической конференции «Геоинформатика-2000». — Томск: Изд-во ТГУ. — 2000. — С. 163-167.

14. Шерстнёв В.С. Геоинформационные технологии в информационных системах магистральных газопроводов. // Материалы научно-практической конференции «Добыча, подготовка и транспорт нефти и газа». — Томск: Изд-во ТНЦ СО РАН. — 1999. — С. 82.

15. Sherstnyov V.S., Markov N.G. Geoinformation client-server technologies for storing spatial data in corporate network. // Proceedings of III Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-99. — Novosibirsk: NSTU. — 1998. — pp. 274.

Шерстнёв В.С., Марков Н.Г. Геоинформационные клиент-серверные технологии для хранения пространственных данных в корпоративных вычислительных сетях. // Труды III Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии KORUS-99. — Новосибирск: Изд-во НГТУ. — 1999. — С. 274.

16. Шерстнёв В.С. Геоинформационная клиент-серверная технология для решения задач паспортизации объектов магистрального газопровода. // В Материалах 37 Международной научной конференции студентов и молодых специалистов «Студент и научно-технический прогресс». — Новосибирск: Изд-во НГУ. — 1999. — С.41-42.

17. Sherstnyov V.S., Markov N.G., Kudinov A.V. Geoinformation technology for solving problems of trunk pipelines management. // Proceedings of II Russian-Korean international symposium on science and technology KORUS-98. — Tomsk: TPU. — 1998. — pp. 225-228.

Шерстнёв В.С., Марков Н.Г., Кудинов А.В. Геоинформационные технологии для решения проблем управления магистральными газопроводами. // Труды II Российско-Корейского международного симпозиума по науке и технологии KORUS-98. — Томск: Изд-во ТПУ. — 1998. — С. 225-228.

18. Шерстнёв В.С., Ковин Р.В., Кудинов А.В. Система сбора и хранения данных о состоянии магистрального газопровода. // Тезисы докладов II региональной научно-технической конференции студентов и молодых специалистов «Радиотехнические и информационные системы и устройства». — Томск: Изд-во ТУСУР. — 1997. — С.107-108.